

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

15584

ERNST GERHARDT

---

# BAUSTOFFKUNDE

OTTO SPANER, LEIPZIG

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301479





# BAUSTOFFKUNDE

EIN HANDBUCH  
FÜR STUDIUM UND PRAXIS

VON

ERNST GERHARDT

LANDBAUINSPEKTOR A. D.

MIT 193 ABBILDUNGEN

*F. Nr. 29 847*



LEIPZIG  
VERLAG VON OTTO SPAMER  
1912

*X*  
*2621*

Copyright 1912 by Otto Spamer, Leipzig

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III 15584

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig

Akc. Nr. 2721/49

# Vorwort

Das vorliegende Buch soll sowohl ein Handbuch für den praktischen Gebrauch als auch ein Nachschlagebuch für das theoretische Studium der Baustoffe sein. Es gibt daher nicht nur über ihre Eigenschaften und die Art ihrer Verwendung Auskunft, sondern behandelt auch die Entstehung der Baustoffe aus ihren organischen bzw. anorganischen Bestandteilen. Besondere Sorgfalt ist den neueren Baustoffen, von denen jedes Jahr wieder eine neue Anzahl bringt, zugewandt.

Bei der Einteilung des umfangreichen Stoffgebiets ist im Gegensatz zu den bisher vorhandenen älteren Werken die Reihenfolge der Bauarbeiten im Kostenanschlag zugrunde gelegt, da diese bei der Entstehung des Baues die naturgemäße Folge angibt und somit das Nachschlagen erleichtert. Besonders bei den im Ausbau zur Verwendung kommenden Baustoffen — Wand und Fußbodenbelägen usw. — hat sich diese Einteilung als zweckmäßig erwiesen.

Allen denen, die mir bei der Sammlung und Sichtung des Stoffes mit Rat und Tat behilflich gewesen sind, sei an dieser Stelle nochmals herzlich gedankt.

Weihnachten 1911

Ernst Gerhardt



# Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
<b>I. Maurerarbeiten.</b>			
A. Gebrannte Tonsteine . . . . .	1	3. Zubereitung des Mörtels . . . . .	80
1. Entstehung und Art der Tonlager . . .	1	Zusammenstellung des Bedarfs an Stei-	
2. Gewinnung und Verarbeitung des Tons	4	nen und Mörtel für Maurer- und Dach-	
3. Formen . . . . .	13	deckerarbeiten . . . . .	82
4. Trocknen . . . . .	20	<b>II. Asphaltarbeiten.</b>	
5. Brennen . . . . .	22	A. Entstehung, Vorkommen und Gewinnung	
6. Die einzelnen Steinarten . . . . .	30	des natürlichen Asphalts . . . . .	83
a) Hintermauerungs- und Hartbrand-		B. Eigenschaften und Verwendung . . . . .	84
steine . . . . .	30	1. Gußasphalt . . . . .	85
b) Klinker . . . . .	35	2. Gudron . . . . .	86
c) Verblender und Formsteine . . . . .	35	C. Künstliche Asphalte . . . . .	86
d) Terrakotten . . . . .	38	D. Isolierpappen und Filze . . . . .	86
e) Poröse Steine . . . . .	39	<b>III. Steinmetzarbeiten.</b>	
f) Feuerfeste Steine . . . . .	40	A. Allgemeines . . . . .	87
g) Tonrohre . . . . .	42	B. Entstehung, Einteilung und Lagerung der	
B. Ungebrannte Steine . . . . .	43	Gesteine . . . . .	88
1. Lehmsteine . . . . .	43	C. Zusammensetzung und Gefüge . . . . .	91
2. Gipssteine . . . . .	43	D. Eigenschaften . . . . .	94
3. Zementkunststeine . . . . .	44	E. Gewinnung und Bearbeitung . . . . .	100
4. Kalksandsteine . . . . .	46	F. Die einzelnen Arten . . . . .	111
5. Schwemmsteine . . . . .	48	1. Eruptivgesteine . . . . .	112
6. Kunsttuffsteine . . . . .	49	a) Plutonische oder Tiefengesteine . . . . .	112
7. Schlackensteine . . . . .	49	I. Granit S. 112, II. Syenit S. 114,	
8. Magnesiakunststeine . . . . .	50	III. Diorit S. 115, IV. Diabas S. 115,	
9. Korksteine . . . . .	50	V. Gabbro S. 115, VI. Olivin- und	
10. Glassteine . . . . .	51	Augitgesteine S. 116.	
11. Asbeststeine . . . . .	52	b) Vulkanische oder Oberflächen-	
12. Torfsteine . . . . .	53	gesteine . . . . .	116
13. Filzplatten . . . . .	53	I. Porphyr S. 116, II. Granit- und	
C. Mörtel . . . . .	53	Syenitporphyr S. 117, III. Porphyr	
1. Allgemeines . . . . .	53	S. 118, IV. Melaphyr S. 118, V. Lipa-	
2. Grundstoffe . . . . .	54	rit und Rhyolith S. 118, VI. Trachyt	
a) Bindemittel . . . . .	54	und Andesit S. 119, VII. Basalt und	
I. Luftmörtel: 1. Lehmörtel S. 54,		Dolerit S. 119, VIII. Phonolith S. 119,	
2. Gipsmörtel S. 55, 3. Magnesia-		IX. Lava S. 120.	
mörtel S. 55, 4. Kalkmörtel S. 55,		2. Sedimentgesteine . . . . .	120
5. Schamottmörtel S. 61.		a) Trümmersedimente . . . . .	121
II. Wassermörtel: 1. Puzzolane S. 62,		a) Lose Trümmergesteine . . . . .	121
2. Natürliche hydraulische Kalke		β) Verkittete Trümmergesteine . . . . .	121
S. 63, 3. Portlandzement S. 64.		I. Konglomerate und Breccien	
Normen für einheitliche Lieferung und Prü-		S. 121, II. Tuffe S. 122, III. Ton-	
fung von Portlandzement (Dezember 1909)	73	schiefer S. 123, IV. Grauwacke	
Normen für einheitliche Lieferung und Prü-		S. 123, V. Sandstein S. 123.	
fung von Eisenportlandzement . . . . .	79	b) Ausscheidungssedimente . . . . .	126
b) Sand und Kies . . . . .	79		
c) Wasser . . . . .	80		

	Seite		Seite
I. Gips, Anhydrit, Steinsalz	126,	4. Zinn . . . . .	183
II. Eisen- und Schwefelerze	S. 126,	5. Legierungen:	
III. Quarzit- und Kieselgesteine	S. 127,	a) Messing . . . . .	183
IV. Kalkstein und Marmor	S. 127,	b) Bronze . . . . .	183
V. Dolomit	S. 131.	C. Verbindung der Metalle . . . . .	184
3. Kristallinische Schiefer . . . . .	132	<b>VII. Dachdeckerarbeiten.</b>	
I. Gneis S. 133, II. Glimmerschiefer		A. Allgemeines . . . . .	184
S. 133, III. Chlorit und Talkschiefer		B. Die einzelnen Arten . . . . .	185
S. 133, IV. Hornblendeschiefer S. 133,		1. Stroh- und Rohrdach . . . . .	185
V. Eklogit S. 134, VI. Serpentin S. 134.		2. Holzschindeldach . . . . .	185
<b>IV. Zimmerarbeiten.</b>		3. Pappdach . . . . .	186
1. Allgemeines . . . . .	134	4. Holzzementdach . . . . .	189
2. Eigenschaften des Holzes . . . . .	136	5. Ziegeldach . . . . .	190
3. Fehler und Krankheiten, Wurmfraß, Ver-		a) Tonziegel . . . . .	190
brennbarkeit . . . . .	139	b) Kalksandziegel . . . . .	198
4. Gewinnung und Verarbeitung zu Bauholz	145	c) Zementziegel . . . . .	199
5. Handelsformen . . . . .	148	6. Schieferdach . . . . .	199
6. Die einzelnen Arten . . . . .	149	7. Asbestzementschiefer	204
a) Nadelholz . . . . .	149	Zusammenstellung . . . . .	203
I. Kiefer S. 149, II. Tanne S. 150,		<b>VIII. Tischlerarbeiten.</b>	
III. Fichte S. 150, IV. Lärche S. 150.		A. Allgemeines . . . . .	204
b) Laubholz: Eiche . . . . .	150	B. Bearbeitung der Hölzer . . . . .	205
c) Ausländische Hölzer . . . . .	150	C. Die einzelnen Arten . . . . .	209
I. Pechkiefer S. 150, II. Australisches		I. Einheimische Laubhölzer:	
Hartholz S. 151 (Karri und Jarrah),		a) Buche S. 209, b) Erle S. 209,	
III. Teakholz S. 151, IV. Hickoryholz		c) Ulme S. 209, d) Pappel S. 209,	
S. 151, V. Vacapou S. 151.		e) Esche S. 210, f) Ahorn S. 210,	
<b>V. Schmiede- und Eisenarbeiten.</b>		g) Linde S. 210, h) Birke S. 210,	
A. Rohstoffe; ihre Gewinnung und Verarbei-		i) Weißbuche S. 210, k) Kastanie S. 210,	
tung zu Roheisen . . . . .	151	l) Akazie S. 210, m) Nußbaum S. 210,	
B. Eigenschaften und Arten des Eisens . . . . .	154	n) Kirschbaum S. 210, o) Pflaumen-	
C. Herstellung schmiedbaren Eisens . . . . .	156	baum S. 210, p) Birnbaum S. 210,	
1. Puddelverfahren . . . . .	156	q) Apfelbaum S. 210.	
2. Besemerverfahren . . . . .	157	II. Ausländische Hölzer:	
3. Martin-Siemens-Verfahren . . . . .	159	a) Mahagoni S. 211, b) Jakaranda	
4. Schmiedbarer Guß (Temperguß) . . . . .	160	S. 211, c) Ebenholz S. 211, d) Ameri-	
5. Herstellung von Stahl . . . . .	160	kanische Pappel S. 211.	
a) Kohlen und Desoxydieren . . . . .	160	<b>IX. Glaserarbeiten.</b>	
b) Zementieren . . . . .	161	A. Rohstoffe . . . . .	211
c) Verbesserungsarbeiten . . . . .	161	B. Herstellung des Glases . . . . .	213
d) Härtung . . . . .	162	C. Eigenschaften . . . . .	215
D. Formgebung des Eisens . . . . .	162	D. Die einzelnen Arten . . . . .	216
1. Schmelz- und Gießarbeit . . . . .	162	1. Geblasenes Glas . . . . .	216
a) Gußwaren . . . . .	162	2. Gegossenes Glas:	
I. Herdguß S. 163, II. Kastenguß		a) Rohglas . . . . .	217
S. 163, III. Masseformen S. 163,		b) Antik-, Cathedral- und Opaleszent-	
IV. Hartguß S. 163.		glas . . . . .	217
b) Flußwaren . . . . .	164	c) Ornamentglas . . . . .	217
1. Gießen . . . . .	164	d) Drahtglas . . . . .	217
2. Schmieden, Walzen, Pressen . . . . .	164	e) Spiegelglas . . . . .	217
E. Rost- und Feuerschutz des Eisens . . . . .	167	f) Prismenglas . . . . .	218
F. Prüfung . . . . .	168	3. Hartglas . . . . .	219
G. Deutsche Normalprofile für Walzeisen . . . . .	174	4. Farbige und geätztes Glas . . . . .	219
<b>VI. Klempner- und Metallarbeiten.</b>		E. Der Kitt . . . . .	220
A. Allgemeines . . . . .	180	<b>X. Anstreicherarbeiten.</b>	
B. Die einzelnen Metalle . . . . .	180	A. Zweck und Art der Farben . . . . .	220
1. Zink . . . . .	180	1. Leimfarben . . . . .	220
2. Blei . . . . .	181	2. Ölfarben . . . . .	221
3. Kupfer . . . . .	182		

	Seite		Seite
3. Emaillfarben . . . . .	221	5. Steinholzfußböden . . . . .	233
4. Wachsfarben . . . . .	221	D. Linoleumbelag . . . . .	234
5. Mineral- und Silikatfarben . . . . .	221	<b>XII. Wandbekleidungen.</b>	
6. Kaseinfarben . . . . .	221	A. Putz . . . . .	236
7. Bronzen . . . . .	221	B. Tapeten und Stoffe . . . . .	237
8. Feuerfeste Farben . . . . .	221	C. Holzpaneel . . . . .	238
B. Bindemittel . . . . .	221	D. Steinplatten . . . . .	239
1. Leim . . . . .	221	1. Künstliche Platten . . . . .	239
2. Öle . . . . .	222	a) Tonfliesen . . . . .	239
3. Wasserglas . . . . .	222	b) Glasfliesen . . . . .	239
4. Kasein . . . . .	222	2. Natürliche Platten . . . . .	239
C. Die Farbstoffe . . . . .	222	<b>XIII. Stuckarbeiten.</b>	
1. Natürliche Erdfarben:		A. Vorkommen und Eigenschaften des Ge-	
a) Weiß S. 222, b) Gelb S. 222, c) Rot		steins . . . . .	240
S. 222, d) Blau S. 222, e) Grün S. 223,		B. Gewinnung und Brennen des Rohgipses . . . . .	241
f) Braun S. 223, g) Schwarz S. 223.		1. Stuckgips . . . . .	242
2. Chemische Farben:		2. Estrichgips . . . . .	243
a) Weiß S. 223, b) Gelb S. 223, c) Rot		C. Verwendung des Gipses . . . . .	245
S. 223, d) Blau S. 223, e) Grün S. 224,		1. Gipszement . . . . .	245
f) Braun S. 224, g) Schwarz S. 224.		2. Gipsmarmor:	
D. Die Lacke . . . . .	224	a) Stuckolustro . . . . .	245
1. Öllacke . . . . .	224	b) Stuckmarmor . . . . .	245
2. Spirituslacke . . . . .	225	<b>XIV. Heizungsanlagen.</b>	
E. Abbeizmittel . . . . .	225	A. Örtliche Heizung . . . . .	246
<b>XI. Fußbodenbeläge.</b>		B. Sammelheizung . . . . .	247
A. Holzfußböden . . . . .	225	<b>XV. Gas- und Wasserleitungen.</b>	
1. Dielenfußboden . . . . .	226	A. Allgemeines . . . . .	248
2. Stabfußboden . . . . .	226	B. Die einzelnen Arten . . . . .	248
3. Parkettfußboden . . . . .	227	1. Schmiedeeisernes Gewinderohr . . . . .	248
4. Scheuerleisten . . . . .	227	2. Gußeisernes Muffenrohr:	
B. Plattenbeläge . . . . .	228	a) Druckrohr . . . . .	249
1. Gebrannte Platten . . . . .	228	b) Abflußrohr . . . . .	249
2. Zementplatten . . . . .	229	3. Bleiröhren:	
3. Natürliche Steinplatten . . . . .	230	a) Druckröhren aus Weichblei . . . . .	257
4. Asphaltplatten . . . . .	230	b) Bleiabflußröhren . . . . .	257
5. Steinholzplatten . . . . .	230	4. Tonröhren . . . . .	258
C. Estriche . . . . .	231	Bestimmungen über die bei Hochbauten an-	
1. Lehmestrich . . . . .	231	zunehmenden Belastungen und die Bean-	
2. Asphaltestrich . . . . .	231	spruchung der Baustoffe. . . . .	258
3. Gipsestrich . . . . .	232	Alphabetisches Sachregister . . . . .	279
4. Zementestrich . . . . .	232		



# I. Maurerarbeiten.

## A. Gebrannte Tonsteine.

### 1. Entstehung und Art der Tonlager.

Die in der gesamten Ziegel- und Tonwarenindustrie verarbeiteten Rohstoffe, die Tone, sind kein ursprüngliches Bildungserzeugnis unserer Erdrinde; sie sind entstanden und entstehen noch durch Verwitterung und Zersetzung der feldspathaltigen Urgesteine, z. B. des Granits, Gneises, Syenits und Porphyrs. Die unendlich langsam aber stetig sich vollziehende Verwitterung der Gesteine wird durch den ewigen Wechsel von Kälte und Hitze, Trockenheit und Nässe eingeleitet, die das Gefüge des Steins zerstören und ihn in kleinste Teile auflösen, wobei mechanische Kräfte, Abstürzen und Abschleifen von Gesteinsmassen aneinander, Ausarbeiten durch fließendes Wasser, Abschleifungen durch die vom heftigen Wind angewehten Sandwolken u. a. mithelfen. Der Vorgang der begonnenen Verwitterung wird auf chemischem Wege vervollständigt, indem das Wasser und die in ihm enthaltene, der Luft entnommene Kohlensäure die Alkalien des Feldspats in lösliche kohlensaure Salze überführen und diese sowie einen Teil der Kieselsäure auswaschen. Die sich so ausscheidende kieselsaure Tonerde —  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 + 2 \text{H}_2\text{O}$  — ist der wesentlichste Bestandteil der Tonlager, der Tonstoff.

Die Verschiedenheit der Muttergesteine sowie die große Zahl der bei der Entstehung der Tonlager mitwirkenden Umstände bewirken eine große Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung und den Eigenschaften der Tone. Sind die Verwitterungstoffe auf ihrer ursprünglichen Bildungsstätte im Urgebirge verblieben (primäre Lager), so sind sie fast ganz frei von Verunreinigungen oder fremden Beimengungen, d. h. sie bestehen aus fast reiner kieselsaurer Tonerde. Diese Lager, Kaoline oder Porzellanerden genannt, bilden den wertvollen Rohstoff zur Herstellung des Porzellans; einige bedeutende Porzellanfabriken — Meißen, Karlsbad, Sèvres (Limoges) — stellen derartige Fundorte dar.

Die bei weitem größere Anzahl aller Tonlager sind jedoch aus dem ursprünglichen Gebiet ihrer Entstehung fortgeschwemmt und an anderer Stelle abgesetzt (sekundäre Lager). Bei dieser Wanderung findet eine Aufnahme von Fremdkörpern und Beimischungen teils mechanischer, teils chemischer Art statt, z. B. Mineraltrümmer jeglicher Größe, Quarzsand, Tier- und Pflanzenreste, Kalk, Schwefelkies, Eisenoxyd, Gips u. a. Die schwereren Geröllstücke haben meist Gelegenheit, sich wieder an anderer Stelle abzulagern, so daß der sich absetzende Ton von ziemlicher Reinheit und Feinheit des Kornes ist. Derartige meist auch chemisch ziemlich reine Tonlager finden sich in mächtigen Ablagerungen zwischen, über oder unter den Braun- und

Steinkohlenlagern, erstere in wasserhaltigem Zustande, letztere ziemlich trocken und fest. Sie bilden die wertvollen Rohstoffe der feuerfesten Tonwaren (siehe S. 40).

Am häufigsten finden sich die mit Quarzsand jeglicher Menge und Feinheit des Korns vermischten Tonlager vor. Sie bilden die Hauptmasse der in der norddeutschen Tiefebene vorhandenen Lager und geben den Stoff zur Herstellung der gewöhnlichen Ziegelwaren, wie Mauersteine, Dachsteine, Verblender u. dgl.

Bei aller Verschiedenheit der einzelnen Tonlager ist es eine Reihe von teils natürlichen, teils durch geeignete Bearbeitung erzielten Eigenschaften, die allen gemeinsam ist und den Grund zu ihrer so ausgedehnten Verarbeitung bildet. Außer der Häufigkeit ihres Vorkommens und der leichten Gewinnung sind dies ihre Unlöslichkeit im Wasser, ihre leichte Formbarkeit, ihre Brennbarkeit und ihre Schwerschmelzbarkeit; dagegen ist ihr Schwinden beim Trocknen und Brennen eine Eigenschaft, die durch richtige Behandlung auf das geringste Maß eingeschränkt oder ganz aufgehoben werden muß. Alle diese Eigenschaften sind mehr oder weniger abhängig von dem Gehalt des Tons an Sand oder ähnlichen festen Stoffen, die geeignet sind, die reine „fette“ Tonerde „magerer“ zu machen, und daher Magerungsmittel genannt werden (Sägespäne, Kohlenklein, Ziegelmehl u. a.). Der Sandgehalt des Tons schwankt zwischen 40 und 80%; Tone, die weniger als 40% enthalten, trocknen zu stark zusammen, werden krumm und reißen beim Brennen; bei einem Gehalt von über 80% Sand erreichen sie beim Brennen nicht die nötige Festigkeit; diese meist durch Eisen gelbgefärbten Lehme (siehe diese) finden anderweitige Verwendung. Wichtig für die Verarbeitung eines Tonlagers ist es daher, das Schwindemaß desselben festzustellen. Dies geschieht durch Vornahme einer Reihe von sorgfältigen Versuchen, indem man Platten von bestimmter Größe formt, und die Veränderung derselben nach dem Trocknen und nach dem Brennen durch Messen feststellt. Das Schwinden beträgt etwa 6 bis 12%. Während die meisten Tonlager einen für die Herstellung von gewöhnlichem Ziegelgut entsprechenden Sandgehalt besitzen, ist man zur Herstellung besserer Waren oft gezwungen, diesen zu erhöhen oder herabzusetzen. Ersteres geschieht durch Zusatz eines der obenerwähnten Magerungsmittel, letzteres durch Schlämmen. Über die Art des Verfahrens dabei siehe S. 7.

Die Bildsamkeit der Tone beruht darauf, daß sie leicht Wasser aufnehmen und in feuchtem Zustand in eine beliebige Form gebracht werden können, die sie, abgesehen vom Schwindemaß, beim Trocknen und Brennen beibehalten. Sie ist desto größer, je reiner der Ton und je feiner er im Korn ist, und scheint im unmittelbaren Verhältnis zu der Dichtigkeit, die der Ton nach dem Trocknen erreicht, zu stehen.

Die wichtigste Eigenschaft des Tons ist seine Brennbarkeit, d. h. die Beibehaltung der gegebenen Form nach dem Brennen bei hohen Wärmegraden; die Kenntnis seines Verhaltens beim Brennen ist daher für die Herstellung von Tonwaren von hoher Bedeutung. Im Zusammenhang damit steht seine Schmelzbarkeit. Die Vorgänge beim Trocknen und Brennen sind so zu denken, daß bei der geformten Ware, die etwa beim Formen 15 bis 30% an Gewichtsteilen Wasser enthält, durch die Abgabe des Wassers beim Trocknen die einzelnen Tonteilchen sich einander mehr nähern, wodurch die Schwindung des Ganzen eintritt. Diese Schwindung des lufttrocknen Tonkörpers wird beim Brennen durch die Austreibung der letzten Wasserteilchen noch gesteigert. Bei weiterer Erhitzung auf höhere Grade erfolgt eine noch stärkere Verdichtung der Masse, die bei dem Sinterungspunkt ihren höchsten Grad erreicht. Bei weiterer Steige-

rung der Hitze über diesen hinaus beginnt die Masse zu schmelzen, weich zu werden und damit ihre Form zu verlieren. Die Höhe des Schmelzpunktes ist daher für die Verwendung des Tons von größter Bedeutung; sie steigt im allgemeinen mit dem Gehalt an reinem Tonstoff, der schwer schmelzbar ist. Daher eignen sich zur Herstellung feuerfester Waren nur sehr reine Tone (Kaoline, Braunkohlen- und Schiefer-ton). Zusätze von Stoffen mit niedrigerem Schmelzpunkt, wie feinzerteilter Glimmer, Feldspat, Mergel, kohlensaurer Kalk, Magnesia u. a., setzen den Schmelzpunkt des Tons herab und werden daher Flußmittel genannt. Kieselsäure, in fein verteilter Zustand als sog. Schluffsand, wirkt ebenfalls als Flußmittel bis zu einem gewissen Grade; übersteigt der Gehalt an Kieselsäure diesen, so nimmt die Feuerfestigkeit wieder zu, da reine Kieselsäure sehr schwer schmelzbar ist.

Die Bestimmung des Schmelzpunktes eines Tonlagers geschieht ebenso wie die des Schwindmaßes durch eine Reihe von Versuchen, zu denen man beliebige Öfen, die die Erzielung hoher Hitzegrade gestatten, benutzen kann. Die Bestimmung des Hitzegrades erfolgt jetzt fast allgemein durch Benutzung der Segerkegel<sup>1)</sup>, das sind kleine spitze Tonkegel von dreieckiger Grundform, die sorgfältig aus bestimmten Tonmischungen, deren Schmelzpunkte genau bekannt sind, hergestellt werden. Man stellt eine fortlaufende Reihe von ihnen mit dem Brenngut zugleich in den Ofen ein; die Kegel, deren Schmelzpunkt tiefer liegt, als der im Ofen erzielte Hitzegrad beträgt, schmelzen und gestatten so eine annähernd genaue Bestimmung des erreichten Hitzegrades. Sie beginnen mit Nr. 022 und einem Schmelzpunkt von 590° C und steigen in 58 Nummern in Absätzen von 30 bzw. 20° C bis zur Nr. 36 mit dem höchsten Schmelzpunkt von 1850° (reines Kaolin).

Ist die natürliche Zusammensetzung eines Tonlagers derartig, daß sie ohne weiteres die Verarbeitung zu Brennwaren gestattet, so werden doch häufig Verunreinigungen und Beimengungen schädlicher Art enthalten sein, deren Entfernung vor der Verarbeitung erforderlich ist. Diese können organischer, anorganischer, mechanischer oder chemischer Natur sein.

An organischen Beimengungen finden sich häufig Reste von Tier- oder Pflanzenteilen, Wurzeln, Muscheln u. dgl., die, wenn sie in die Brennware gelangen, im Feuer verbrennen und entsprechende Hohlräume in der Ware zurücklassen. An Mineralien finden sich häufig mehr oder weniger große Trümmerstücke von Gesteinen, welche zu Beschädigungen der Arbeitsmaschinen führen, und wenn sie trotzdem in die Brennware gelangten, die Gleichmäßigkeit derselben stark beeinträchtigen würden. Bestehen diese Gesteinstrümmer aus kohlensaurem Kalk, so treten zu den mechanischen Wirkungen noch chemische hinzu, welche eine Zerstörung der Brennware einleiten können. Da die Kalkstücke beim Brennen in gebranntem Kalk übergehen, welcher als solcher begierig Wasser aufsaugt und, indem er sich in Ätzkalk verwandelt, seinen Rauminhalt stark vergrößert, so würden derartige Einsprengungen zum Aufreißen und Platzen der betreffenden Brennware führen.

Eine ähnliche, wenn auch nicht ganz so schädliche Wirkung üben Beimengungen von dem häufig vorkommenden Schwefelkies aus, einer Verbindung von Schwefel und Eisen, welche sich beim Brennen zersetzt und Eisenoxyd in der Brennware bildet, während die schweflige Säure in gasförmigem Zustand entweicht. Ist die Zersetzung nicht vollständig geschehen, so bleibt ein schwefelhaltiges Eisenoxyd zurück, welches

<sup>1)</sup> Nach Prof. Dr. *Hermann Seger*, ihrem Erfinder, benannt.

ebenfalls in feuchter Luft die Veranlassung zu Absprengungen bildet, während das reine Eisenoxyd schwarze Flecke auf der Ware bildet und die Feuerfestigkeit derselben herabsetzt.

Außer den bisher genannten, im Wasser unlöslichen Beimengungen finden sich häufig noch einige im Wasser lösliche Salze im Ton vor, unter ihnen am häufigsten schwefelsaurer wasserhaltiger Kalk (Gips). Ihre Schädlichkeit besteht einmal darin, daß sie bei der Verarbeitung der Tonmassen sich im Wasser lösen, an der Oberfläche der naß geformten Ware sich absetzen und beim Brennen häßliche Flecken erzeugen, dann aber auch darin, daß sie bei der Verarbeitung der fertigen Ware Wasser aufnehmen und treiben.

So haben sich im Laufe der Zeit mit der zunehmenden Kenntnis der Eigenschaften der Tonlager und der Beseitigung ihrer schädlichen Bestandteile eine Reihe von Maßnahmen herausgebildet, die den Zweck haben, den vorgefundenen Ton zu reinigen und möglichst gleichmäßig zu gestalten, bevor er zur Verarbeitung gelangt, für bessere Waren ihn zu schlämmen und mit mancherlei anderen Zusätzen zu durchmischen. Die früher gebräuchlichen Arten der Bearbeitung durch Menschenkräfte und durch die Länge der Lagerzeit selbst sind allmählich meist der energischeren, billigeren und kürzere Zeit dauernden Bearbeitung durch Maschinen gewichen, nicht immer zum Vorteil der erzeugten Ware. Indessen könnten die Anforderungen an Leistungsfähigkeit der Ziegeleien, die unsere enorme industrielle Entwicklung gebracht hat, durch Handbetrieb allein auch nicht mehr befriedigt werden, und dieser Fortschritt der Industrie bringt es von selbst wieder mit sich, daß auch die Ziegelfabrikation bei stetig zunehmendem Umfang der Leistungen auch an Güte der Ware nicht zurückbleibt.

## 2. Gewinnung und Verarbeitung des Tons.

Die Tonlager liegen, ihrer Entstehung entsprechend, nur selten ganz frei zutage, sondern sind von mehr oder weniger starken Schichten andern Bodens, sog. „Abraums“ bedeckt. Ihr Abbau geschieht nach Beseitigung des Abraums im Tagebau, entweder durch Abgraben oder durch Maschinenbetrieb. Stärkere Lager werden terrassenweise vorgetrieben, um ein Rutschen der Schichten und eine Gefährdung der Arbeiter zu vermeiden. Der abgegrabene Ton wird meist in eiserne Kippwagen verladen, welche auf Geleisen entweder zu 2 oder 3 Stück mit Pferden oder in größeren Zügen mittels Dampfkraft auf schiefer Ebene zur Ziegelei hinauf befördert werden.

Liegen die Tonlager unter Wasser, so ist ein günstiger Abbau nur durch Maschinenbetrieb möglich, ebenso wie sich derselbe auch für trockenliegende Tongruben immer mehr einbürgert. Man unterscheidet zwei Arten von Baggermaschinen: die Kettenbagger oder Eimerbagger und die Greifbagger. Eine der neuesten Konstruktionen eines Eimerbaggers, wie sie jetzt die Lübecker Maschinenbaugesellschaft baut, stellt Abb. 1 dar. Der Bagger besteht aus der Eimerleiter, welche die aus Stahlblech hergestellten Eimer trägt, und dem auf Rädern montierten Untergestell, welches den Dampfkessel, die Dampfmaschine, den Wasserbehälter, die Transmission usw. trägt. Der ganze Apparat ist so eingerichtet, daß ein Mann in der Lage ist, sämtliche Stellhebel zu bedienen. Zum Schutz gegen die Witterung ist er mit einem Gehäuse von Wellblech umgeben. Der Bagger steht auf einem genügend langen Geleise, welches,

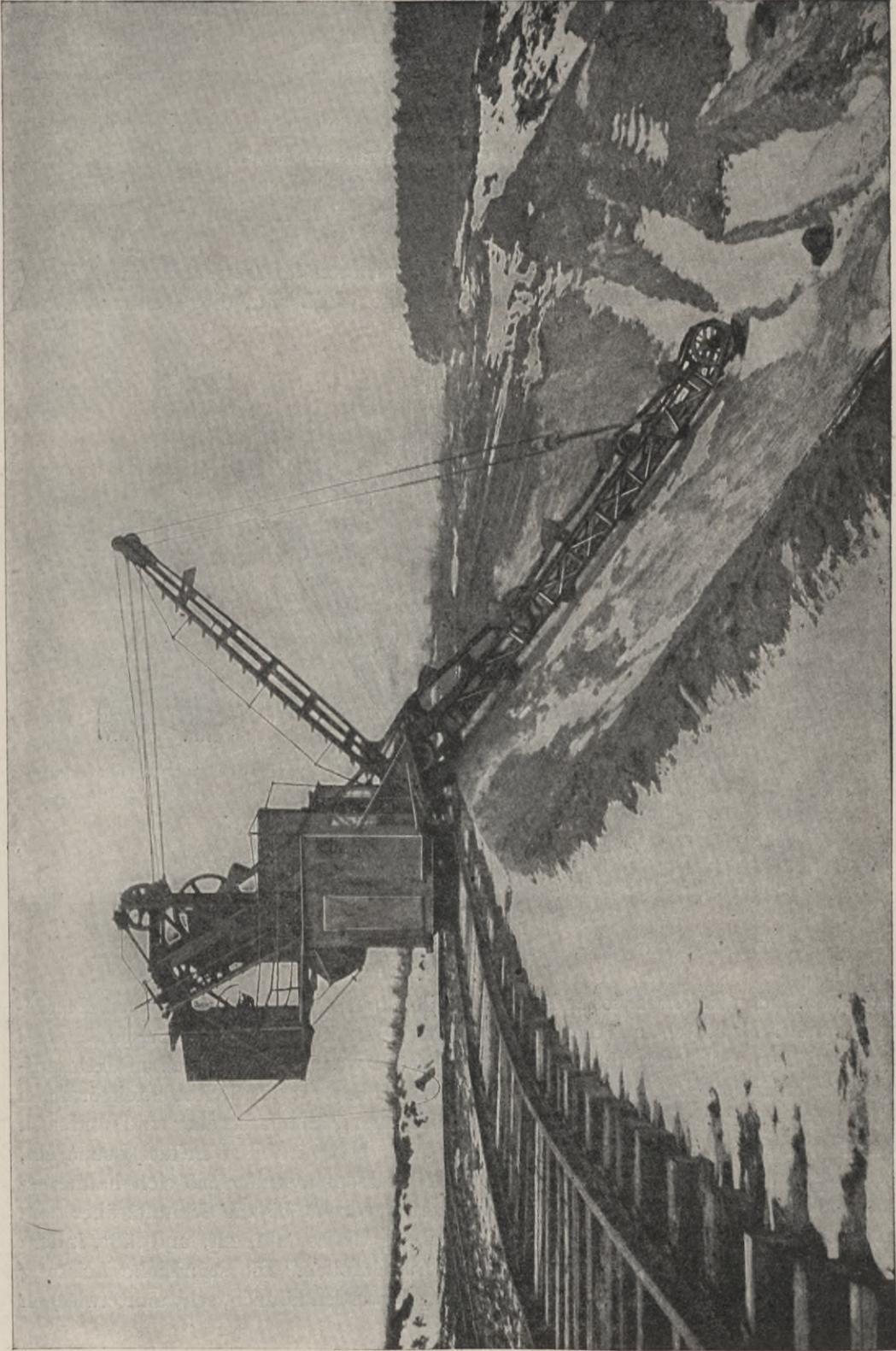


Abb. 1. Eimerbagger. (Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft in Lübeck.)

wenn die Erde nach einmaligem Entlangfahren abgebaggert ist, um ein der Leistung des Baggers entsprechendes Stück in der Schnittrichtung vorgerückt wird. Neben diesem Geleise liegt dasjenige für die Förderwagen, welche unter den Bagger herunterfahren und durch Umkippen der Eimer gefüllt werden. Diese Trockenbagger, die mit Leitern bis zu 12 m Länge hergestellt werden, eignen sich unter anderm besonders für Tongruben, in denen fettes und mageres Material schichtweise übereinanderliegen, da jeder Eimer in fast gleichem Verhältnis von jeder Schicht abnimmt. Ihre Leistung beträgt je nach der Größe und der Art des abzugrabenden Lagers 12 bis 160 cbm in der Stunde.

Die andere Art der Baggermaschinen, welche sich nur für Tongruben unter Wasser eignen und in der Anschaffung wesentlich billiger sind, sind die Greifbagger, von

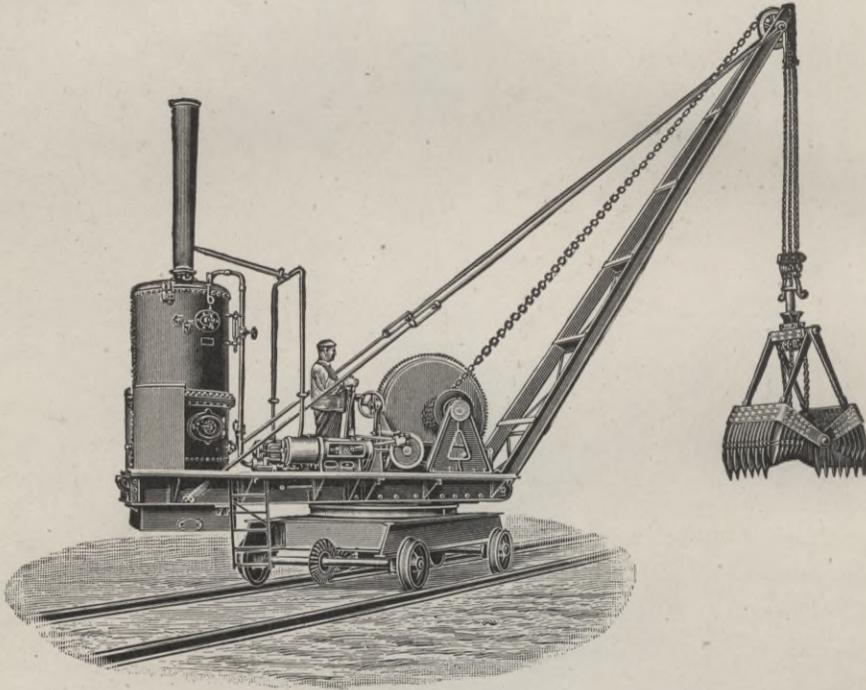


Abb. 2. Einkettiger Greifbagger. (Baumaschinenfabrik Bünge, Akt.-Ges., Düsseldorf 103.)

denen Abb. 2 den *Priestmanschen* Bagger aus der Fabrik von *Bünge & Leyrer*-Düsseldorf darstellt. Er besteht aus dem Kran, an welchem mittels Kette die Baggerschaufel hängt und dem drehbaren Untergestell, welches im wesentlichen dieselben Teile aufzunehmen hat, wie beim Eimerbagger. Die Schaufel besteht aus 2 viertelkreisförmigen Hälften aus starkem Stahlblech, die mit stählernen Zähnen besetzt sind und sich beim Herunterlassen öffnen (siehe Abbildung). Sie bohren sich so in den Boden ein, und heben beim Heraufgehen das gefaßte Stück Boden, indem sie sich halbkreisförmig zusammenschließen. Der Kran wird herumgedreht, bis die Schaufel über dem zu füllenden Wagen steht, wobei das mitgehobene Wasser abfließt, und läßt, indem sie geöffnet wird, den Boden in den Wagen hineinfallen. Die stündliche Leistung dieser Bagger, die für jede beliebige Tiefe verwandt werden können, schwankt zwischen 8 und 50 cbm.

Den so gewonnenen Ton läßt man zweckmäßig erst im Freien wochen- oder monatelang lagern, um ihn den Einwirkungen der Wärme und Kälte, der Luft und Feuchtigkeit auszusetzen, ihn „aufzuschließen“. Dieses „Aussummern bzw. Auswintern“ bezweckt, den Ton in allen Teilen gehörig aufzuschließen, wofür besonders der Frost sehr fördernd wirkt, und etwaige in ihm enthaltene Salze durch den Regen auswaschen zu lassen. Wenn die Tonerde Schwefelkies enthält, darf das Auswintern nur kurze Zeit dauern oder unterbleibt besser ganz, da dieser sich dann mit dem meist ebenfalls vorhandenen kohlen-sauren Kalk zu schwefelsaurem Kalk (Gips) verbindet, der, wenn er nicht wieder durch Schlämmen entfernt wird, Aussehen und Güte der Brennware sehr verschlechtert. Der aufgelockerte Ton wird dann vielfach, um fettere und magere Schichten durcheinanderzumischen, harte Tonknollen aufzuweichen und grobe steinige Beimengungen zu entfernen, „ingesumpft“, d. h. lagenweise unter Wasserzusatz in große gemauerte Gruben — Sumpfe — gebracht und dort einige Tage darin gelassen, ehe er weiter verarbeitet wird. Die Sumpfe fassen etwa 6 bis 8 cbm Erde und liegen zur Erleichterung des Betriebes in der Nähe des Tonschneiders, meist 4 bis 8 an der Zahl, um einen ununterbrochenen Betrieb zu ermöglichen. Für Herstellung feinerer Brennwaren genügt das Sumpfen noch nicht, besonders wenn der Ton zu mager ist, um ihn unmittelbar zu verarbeiten; er wird dann noch geschlämmt. Dies geschieht ebenfalls in wasserdichten, meist kreisförmigen Gruben, in denen ein um eine senkrechte Achse drehbares Rührwerk enthalten ist, welches mittels Pferde- oder Dampfkraft bewegt wird. Die Tonerde wird hierbei unter Zusatz von reichlichem Wasser zu einem dickflüssigen Brei aufgerührt, aus welchem alle schwereren Bestandteile sich unten am Boden der Grube absetzen. Durch eine in der Seitenwand befindliche, mit einem Sieb versehene Öffnung fließt der Brei in die flachen Schlämmgruben ab, in denen das Wasser teils versickert, teils abgelassen wird. Damit gehen gleichzeitig die im Wasser gelösten Salze mit ab. Die sich in der Schlämmgrube ansammelnden festen Rückstände, Steine u. dgl. werden von Zeit zu Zeit entfernt. Das Schlämmverfahren wird, weil ziemlich kostspielig, nur für Anfertigung besserer Waren verwandt.

Nach diesen vorbereitenden Maßnahmen beginnt die eigentliche Bearbeitung des Tons, die ihn zu einer durchaus gleichmäßigen, gut durchgekneteten Masse machen soll. Die Apparate, deren man sich heute überall dazu bedient, sind die Tonschneider. Sie bestehen aus meist zylindrischen Gefäßen, in deren Mittelachse eine drehbare, mit Schaufeln und Messern besetzte Welle eingebaut ist. Der Ton wird in diese Gefäße am einen Ende eingebracht, von den Messern zerschnitten, geknetet, vorwärts geschoben und kommt durch eine am andern Ende befindliche Öffnung wieder heraus. Man unterscheidet zwei Hauptarten von Tonschneidern, stehende und liegende. Der stehende, früher meist verwandte Tonschneider hat den Vorteil, daß der Ton durch sein eigenes Gewicht vorwärts, d. h. abwärts bewegt wird und daher, da die Messer eine entgegengesetzte Bewegung herbeiführen, sehr gut durchgemischt und gepreßt wird. Nachteilig bei ihnen ist, daß das ganze Ziegelgut auf die Höhe der oberen Einwurfsöffnung gehoben werden muß, und daß man, um diese Arbeit nicht zu sehr zu erschweren, geneigt war, die Länge des Tonschneiders möglichst kurz zu halten, was natürlich nachteilig für die Gründlichkeit der Mischarbeit war. Das erforderliche Vorgelege verengt die Einwurfsöffnung und wird infolgedessen von dem eingebrachten Ton stark verunreinigt. Man ging deshalb zu den liegenden Tonschneidern über,

bei welchen zwar die Messer noch die Arbeit des Vorwärtsschiebens der Masse übernehmen mußten, die man dafür aber auch in größerer Länge anordnen konnte, ohne eine Mehrarbeit der Materialbeförderung zu schaffen. Der Mantel ist entweder bis auf die Einwurfsöffnung ganz geschlossen oder an der Oberseite geöffnet. Während man die stehenden Tonschneider meist noch in kleineren Ziegeleien mit Handbetrieb vorfindet, beherrscht der liegende Tonschneider heute den Großbetrieb in der Ziegelei; man vereinigte ihn mit dem Walzwerk, welches harte Tonknollen vor dem Einfallen in den Tonschneider zerdrückt, bildete die Austrittsöffnung zum formenden Mundstück aus und erhielt so eine Maschine, welche bei ihrer Anpassungsfähigkeit an die verschiedene Beschaffenheit des Rohtons und an die Anforderungen des Ziegelgutes Hervorragendes leistet und daher heute in den meisten großen Dampfziegeleien zu finden ist. Die Entwicklung dieser Maschine soll in nachstehendem durch Darstellung ihrer einzelnen Formen geschildert werden.

Die einfachste Form des Tonschneiders, die heute noch auf kleineren Ziegeleien

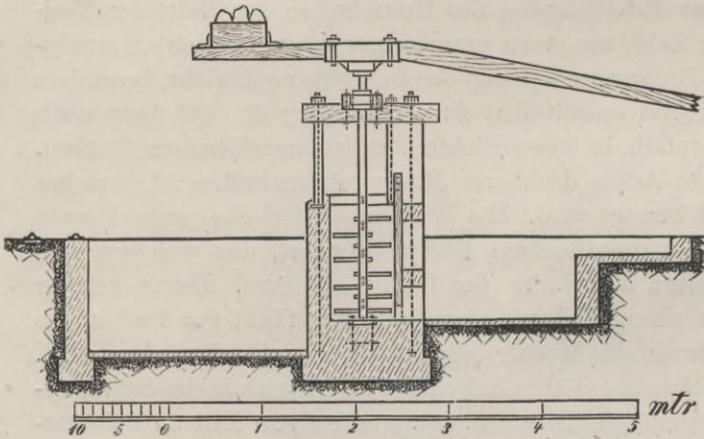


Abb. 3. Stehender Tonschneider.

zu finden ist, ist für Betrieb mittels Göpelwerk eingerichtet und besteht aus einem gemauerten, etwa 1,5 bis 2 m hohen viereckigen oder eisenen kreisrunden Behälter, in dessen Mitte stehend die Welle mit den Schaufeln angeordnet ist. Der Behälter selbst steht in einer gemauerten kreisförmigen Grube von etwa 6 bis 7 m Durchmesser, welche zwei Sümpfe und einen Raum zur Aufnahme des aus der darüber befindlichen Öff-

nung quellenden fertigen Tons enthält (siehe Abb. 3). Der gemauerte Behälter wird durch Ankerbolzen mit den Lagerhölzern für die Welle verbunden; er erhält zwei Öffnungen, eine obere zum Reinigen der Welle und eine untere für den Austritt des Tons. Diese kann durch ein verstellbares Brett vergrößert oder verkleinert werden; man ist damit in der Lage, da bei kleinerer Öffnung die Masse länger im Tonschneider bleibt und somit gründlicher durchmischt wird, die Art der Bearbeitung nach Bedarf zu regeln.

Die Leistungsfähigkeit dieser Tonschneider ist naturgemäß eine geringe und erfordert außerdem noch Arbeitskräfte zum Heben und Fortschaffen des fertigen Tons. Man baute infolgedessen bald größere Tonschneider und stellte sie so hoch, daß man mit den Streichtischen zum Beladen darunter fahren konnte. Sie wurden mittels Dampf getrieben; der Ton wurde mittels eines Becherwerks hinaufbefördert.

Mehr als diese stehenden sind jetzt wegen ihrer mannigfachen Vorzüge die liegenden Tonschneider in Gebrauch, nicht nur auf Dampfziegeleien, bei denen sie mit Walzwerken, Mundstücken und Abschneidemaschinen zu vollständigen Ziegelmaschinen verbunden sind, sondern auch auf Handstrichziegeleien, auf denen sie die Ware für die Streichtische zu liefern haben. Sie bestehen aus einem geschlossenen eisernen

zylindrischen Gefäß, in dessen Mittelachse die Welle mit den Messern liegt, haben am einen Ende die trichterförmig erweiterte Einwurfsöffnung, an der gleichzeitig ein Wasserrohr zum Annässen des Tons liegt und am andern Ende die mittels Kurbelrad und Klappe verschließbare Austrittsöffnung für den Ton. Wichtig ist die gute Abdichtung der Lager der Welle gegen Eindringen des Tons, der dauernd mit starkem Druck besonders gegen das vordere Lager gepreßt wird. Der Betrieb geschieht vermittels starkem Vorgelege und doppelter Riemenscheibe durch Dampf.

Die Anordnung ist meist so getroffen, daß der Tonschneider in einem eigenen Gebäude, welches gleichzeitig die Lokomobile enthält, so hoch eingebaut wird, daß die Streichtische unter ihn fahren und laden können. Der Rohton wird mittels Dampfwinden in Loren auf einer schiefen Ebene hinaufgezogen und in den Tonschneider

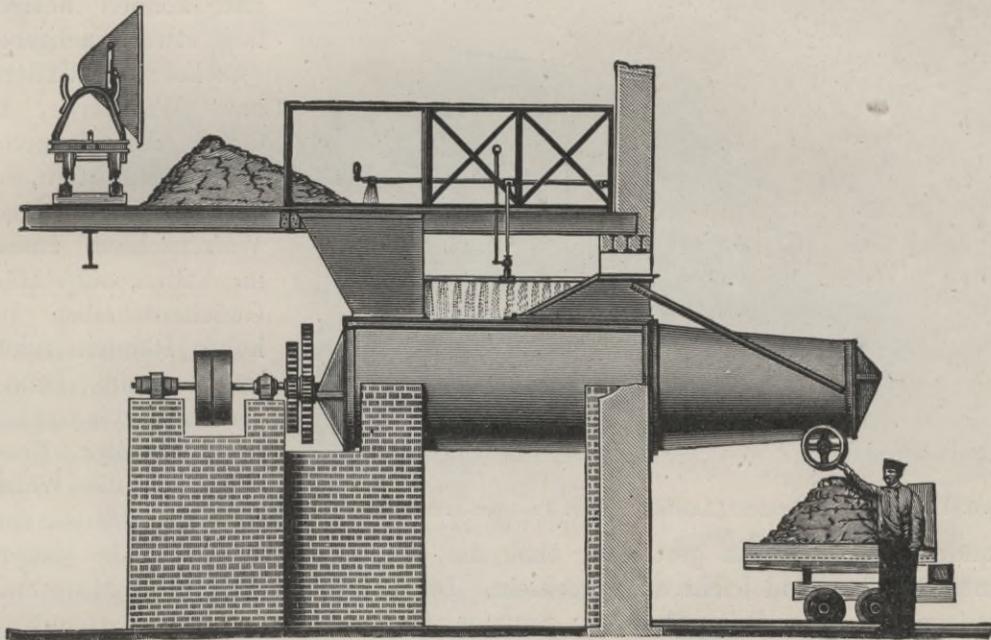


Abb. 4. Liegender Tonschneider [Anordnung]. (Gebr. Wiemann-Brandenburg a. H.)

eingekippt. Abb. 4 und 5 stellen diese Anordnung eines bzw. mehrerer Tonschneider aus der Fabrik *Gebr. Wiemann-Brandenburg a. H.* vor, wie man sie auf zahlreichen Ziegeleien der Mark Brandenburg findet. Ihre Leistungsfähigkeit beträgt 40- bis 50 000 Steine pro Tag bei einem Inhalt von etwa 6 cbm Ton.

Ist der Ton mit mäßig hartem Gestein durchsetzt oder enthält er viele harte und trockene Tonknollen, so bedarf er der Bearbeitung in Zerkleinerungsmaschinen. Von den vielen hiervon bestehenden Arten kommen für die Ziegelfabrikation meist nur das Walzwerk in verschiedenster Form, sowie der Kollergang in Betracht. Ersteres besteht in der Hauptsache aus einem auf einem starken eisernen Gestell befestigten Paar gußeiserner Walzen, welche mit einem geringen, meist verstellbaren Zwischenraum zueinander angebracht sind, sich gegeneinander drehen und den aufgeschütteten Ton zwischen sich hindurchquetschen. Die Walzen haben verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeit, um den Ton nicht nur zu zerdrücken, sondern in sich noch zu zerreißen. Ihr Durchmesser beträgt vorteilhaft nicht weniger als 50 cm, da zu kleine

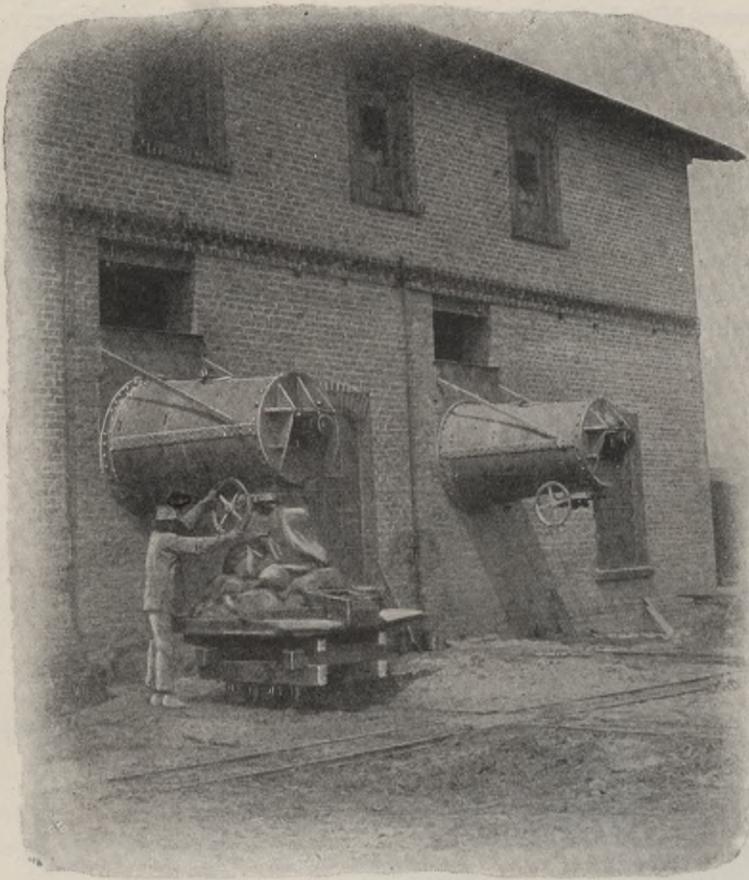


Abb. 5. Liegender Tonschneider [Ansicht]. (Gebr. Wiemann-Brandenburg a. H.)

einandergangenen derselben gestatten, ohne die Walzen zu zerstören. Die zerbrochenen Scheiben sind leicht auszuwechseln. Da die Walzen sich in der Mitte mehr abnutzen, als an den Seiten, hat man, um nicht die ganze Walze erneuern zu müssen,

diese aus einem Kern und einem Hartgußmantel gebaut, welcher nach Bedarf ausgewechselt wird. Die Walzen sind, je nach dem vorliegenden Material zylindrisch glatt, konisch glatt, mit Riffeln, Stacheln oder Zacken versehen.

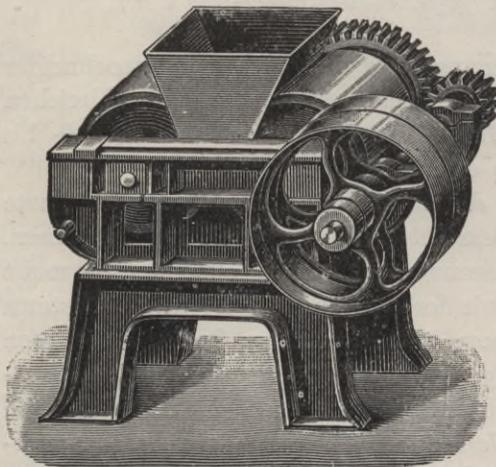


Abb. 6. Einfaches Walzwerk.  
(L. Schmelzer-Magdeburg.)

Abb. 6 stellt ein einfaches Walzwerk der Maschinenfabrik *L. Schmelzer*-Magdeburg dar; Abb. 7 ein konisches der *Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen*. Betriebskraft bei beiden ist Dampf. Die Übertragung geschieht mittels Vorgelege und Riemenscheibe, die Walzen sind unter sich durch Zahnräder verbunden. Zur Erzielung größerer Geschwindigkeit und gleichmäßigerer Kraft-

Walzen wegen des stumpferen Winkels, den sie miteinander bilden, die Tonmasse nicht genügend hineinziehen würden. Um ein Brechen der Lager bei vorkommenden großen und harten Stein-  
stücken zu verhüten, sind die Walzen auf Gummi gelagert, und können nötigenfalls etwas nachgeben.

*Schlickeysen-Rixdorf* baut Walzwerke, bei denen die doppelten Schraubenmutter, welche die Lager zweier Walzenachsen zusammenhalten, auf starken Gußeisenscheiben mit hohen Rändern ruhen, welche beim Hineingeraten harter Gesteine oder etwaiger Eisenstücke in die Walzen brechen, und so ein Aus-

entwicklung baut *Schmelzer-Magdeburg* Walzwerke, bei denen jede Walze ihren eigenen Riemenantrieb hat; sie eignen sich ganz besonders zum Zermahlen von Ton bis zur größten erreichbaren Feinheit.

Denselben Zweck haben die Doppelwalzwerke, bei denen zwei Walzenpaare übereinander angebracht sind. Auch diesen gibt man verschiedene Geschwindigkeiten der

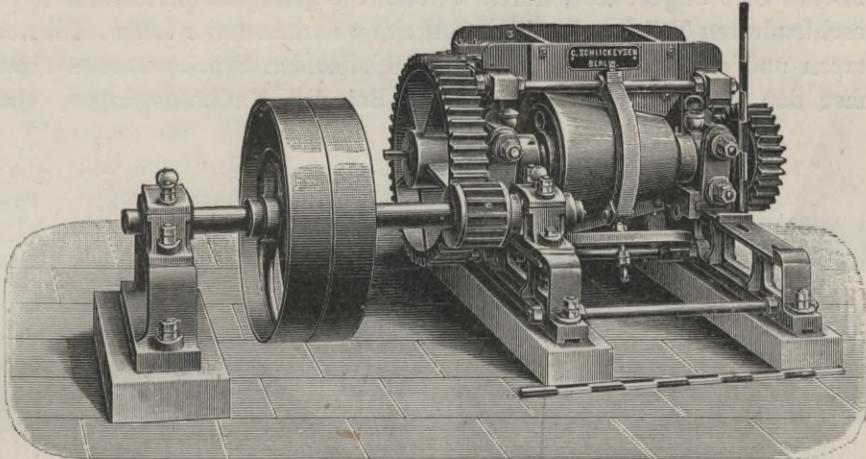


Abb. 7. Konisches Walzwerk. (*Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen.*)

Walzen; meist ist der Abstand des unteren Walzenpaares voneinander kleiner wie der des oberen, um die von den oberen Walzen vorgearbeitete Masse vollends zu zerkleinern.

Die Walzwerke stehen in der Regel an oder über den Tonschneidern, um die Ware vorzubereiten, und haben dann noch den weiteren Vorzug, daß sie diese dem Tonschneider in ganz gleichmäßiger Weise zuführen.

Statt des Walzwerks bedient man sich vielfach einer andern Maschine zur Zerkleinerung harten und steinigen Materials, des Kollerganges. Ihr Prinzip beruht darauf, daß ein oder zwei Koller — schwere zylindrische Scheiben — an einer senkrechten Achse auf einer kreisförmigen Bahn herumbewegt werden und das auf diese Bahn gebrachte Mahlgut zerdrücken (siehe Abb. 8). Die Kollergänge sind schon seit alten Zeiten in der Industrie bekannt und wurden ursprünglich in einfachster Weise durch Menschen oder Tiere bewegt. Seit Nutzbarmachung des Dampfes hat man sie erheblich verbessert und in ihrer Leistungsfähigkeit gesteigert. Die ursprüngliche Anordnung, daß die Platte fest und die Koller beweglich waren, erwies sich bald als nicht vorteilhaft, da man den schweren Kollern nur eine beschränkte Geschwindigkeit bei genügender Sicherheit der Konstruktion zu geben imstande war, und da das Einbringen und Herausnehmen des Mahlgutes mit Schwierigkeiten verknüpft war und ein Stillstehen der Koller verlangte. Man ging deshalb dazu über, die aus

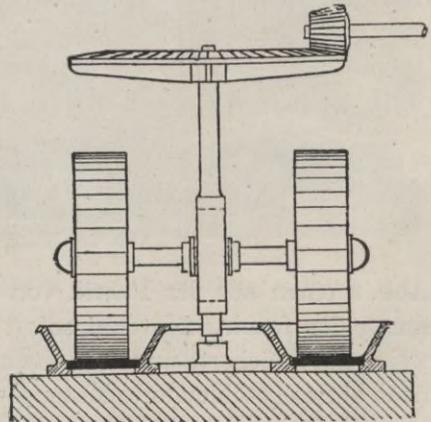


Abb. 8. Kollergang.  
(*L. Schmelzer-Magdeburg.*)

Hartguß bestehenden Koller selbst auf je einer festen, nur nach oben verschiebbaren wagerechten Achse anzuordnen und die Platte darunter zu drehen. Die Anordnung hatte den weiteren Vorteil, daß das Material dauernd in Bewegung blieb und so besser durchgearbeitet wurde. Je nach der Art des zu mahlenden Stoffes unterscheidet man Trocken- und Naßkoller. Bei jenen ist um die drehbare Bodenplatte herum ein konzentrisches Sieb angeordnet, durch welches die genügend zerkleinerten und nach außen geschleuderten Teilchen hindurch auf einen Sammelsteller fallen. Die noch nicht zerkleinerten und daher auf dem Sieb liegenbleibenden Stücke werden durch einen Abstreicher den Kollern wieder zugeführt. Bei den Naßkollergängen, von denen

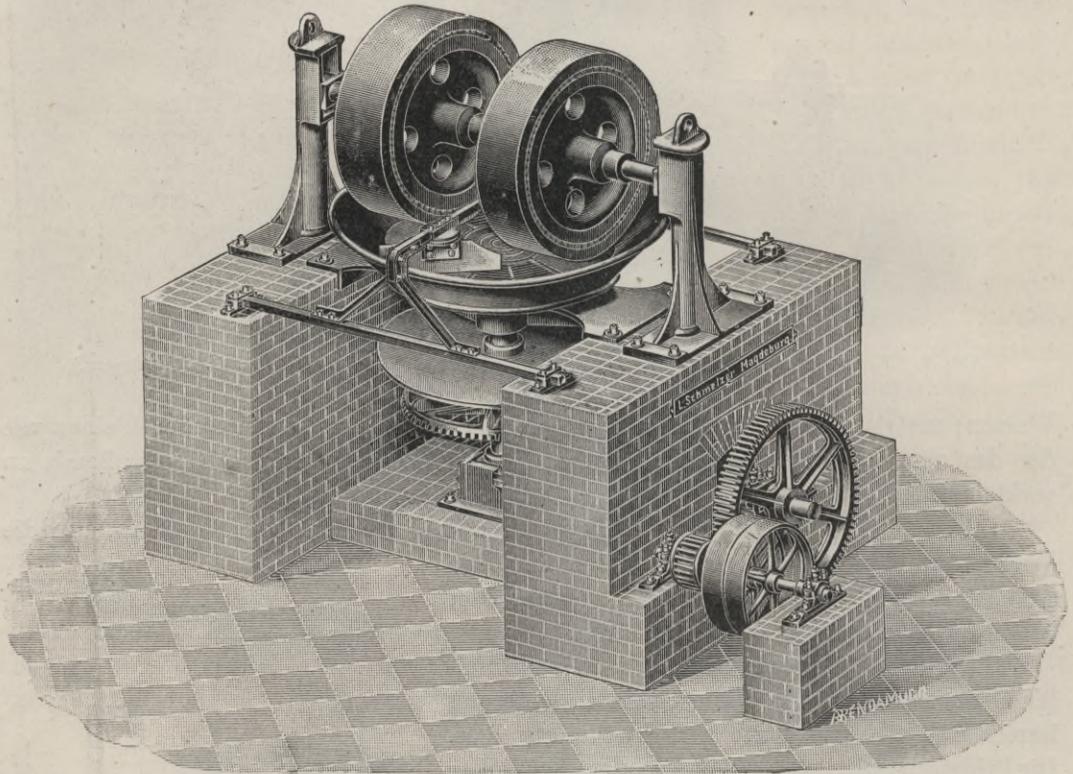


Abb. 9. Naßkollergang. (L. Schmelzer-Magdeburg.)

Abb. 9 einen aus der Fabrik von L. Schmelzer-Magdeburg vorstellt, ist, da ein Sieb durch das feuchte Material sofort verstopft würde, die Bodenplatte ganz oder teilweise durchlöchert, und mit einem schrägen hochstehenden Rand versehen, der das nach außen geschleuderte Material wieder unter die Koller gleiten läßt; ein Abstreicher sorgt dafür, daß es bis an die Innenseite geschoben wird. Der Ton wird nun nicht nur unter den Kollern zerdrückt, sondern, da die Geschwindigkeit der äußeren Teilchen größer ist als die der inneren, auch zerrissen. Das genügend zerkleinerte Material fällt durch die Löcher der Platte auf den Sammelsteller, von wo es den weiteren Apparaten zugeführt wird. Betriebskraft ist Dampf; die Übertragung geschieht durch Riemenscheibe und Vorgelege.

Die Vorteile der Kollergänge gegenüber den Walzwerken bestehen bei sonst gleicher Leistung in einem gleichmäßigeren, ruhigeren Gang und größerer Haltbarkeit infolge der Einfachheit ihrer Anordnung. Sie sind aber erheblich teurer als die Walzwerke.

### 3. Formen.

Das Formen der Ziegel geschieht entweder mit der Hand in hölzernen oder eisernen Formen oder durch Maschinen. Der Handstrich wird allmählich wegen seiner Nachteile gegen den Maschinenbetrieb — Ungleichheit der Arbeit, geringere Tagesleistung und Leutemangel — immer mehr von diesem verdrängt, mit Ausnahme derjenigen Ziegelarten, bei denen gerade auf die durch Handstrich entstehende äußere Erscheinung Wert gelegt wird (z. B. Rathenower Verblender).

Das Streichen der Ziegel geschieht auf besonders dazu eingerichteten hölzernen „Streich-tischen“ (siehe Abb. 10), welche auf Schienengeleisen laufen, unter dem Tonschneider gefüllt und an den Streichplatz gefahren werden. Meist arbeiten zwei Leute an einem Tisch zusammen.

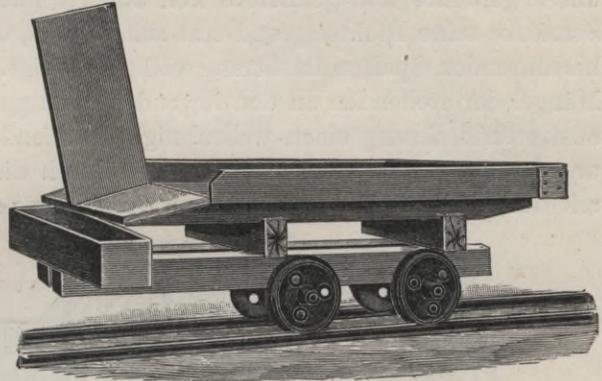


Abb. 10. Fahrbarer Streichtisch.  
(Gebr. Wiemann-Brandenburg a. H.)

Die Form, für zwei Steine eingerichtet (siehe Abb. 11), wird auf das mit Eisenblech beschlagene vordere Ende des Tisches gelegt; ein entsprechender Ballen Ton wird kräftig hineingeschleudert und mit den Händen hineingedrückt, so daß er die ganze Form gut ausfüllt; der überstehende Ton wird mit einem Streichbrett abgestrichen. Die so gefüllte Form wird auf dem ebenen, sandigen Boden des Trockenplatzes ausgekippt, so daß die Ziegel auf der flachen Seite liegen; sodann wird sie in dem vorn am Streichtisch befindlichen Wasserkasten von etwa anhaftendem Ton gereinigt und von neuem gefüllt. Da sie auf diese Weise naßbleibt, wird ein Anhaften des Tons möglichst vermieden. Sie besteht aus Eichenholz und ist mit Eisen beschlagen. Ihre Größe richtet sich nach dem Schwinde-maß des Tons. Außer diesem sog. „Wasserstrich“ ist in manchen Gegenden der „Sandstrich“ üblich, d. h. die Form wird in trockenen feinen Sand getaucht, ebenso wird der hineinzudrückende Tonballen im Sande gewälzt, um ein Anhaften aneinander zu vermeiden. Für bessere Waren benetzt man zu dem Zweck auch die Form mit Öl. Die Leistung eines Ziegelstreichers beträgt, je nach den Verhältnissen etwa 2- bis 3000 Steine täglich.

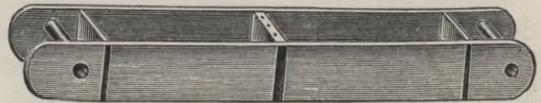


Abb. 11. Streichform.  
(Gebr. Wiemann-Brandenburg a. H.)

Der Bedarf nach größerer Leistungsfähigkeit führte auch hierfür zur Einführung des Maschinenbetriebes. Der Gedanke lag nahe, dem aus dem Tonschneider austretenden viereckigen Tonstrang eine derartige Form zu geben, daß er, in entsprechenden Abständen zerschnitten, fertiggeformte Ziegel lieferte. Dies geschah durch Vorsetzen eines Mundstücks vor die Austrittsöffnung, durch welches der nur mäßig feuchte Tonstrang hindurchgepreßt wird und auf einem Tisch entlang gleitet, auf dem er abgeschnitten wird. So entstand die heute am weitesten verbreitete Tonstrangpresse,

von deren zahlreichen Formen Abb. 12 eine von der *Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen* gebaute darstellt.

Die ersten, vor etwa fünfzig Jahren von dieser Firma gebauten Strangpressen waren an den stehenden Tonschneider angebaut; neben den Mängeln, die sie mit diesem Apparat gemeinsam hatten, besaßen sie einen großen Vorteil, und das war der, daß der unten seitlich austretende Tonstrang keinerlei Struktur aufwies, sondern eine völlig homogene rissefreie Masse bildete. Der im Tonschneider von oben nach unten gepreßte und geknetete Ton änderte nach dem Durchgehen durch die letzte Schnecke seine Richtung und trat seitlich aus, dabei wurden die von den Schnecken herrührenden Spalten im Strang völlig beseitigt. Als man nun wegen der bekannten Mängel der stehenden zu den liegenden Strangpressen überging, zeigte sich, daß der austretende Strang einen wellenlinig verlaufenden Riß aufwies, der beim Trocknen und Brennen noch stärker wurde und durch die ganze Dicke des Steines hindurchreichte. Er entstand hauptsächlich durch das vordere, quer durch den Tonschneider

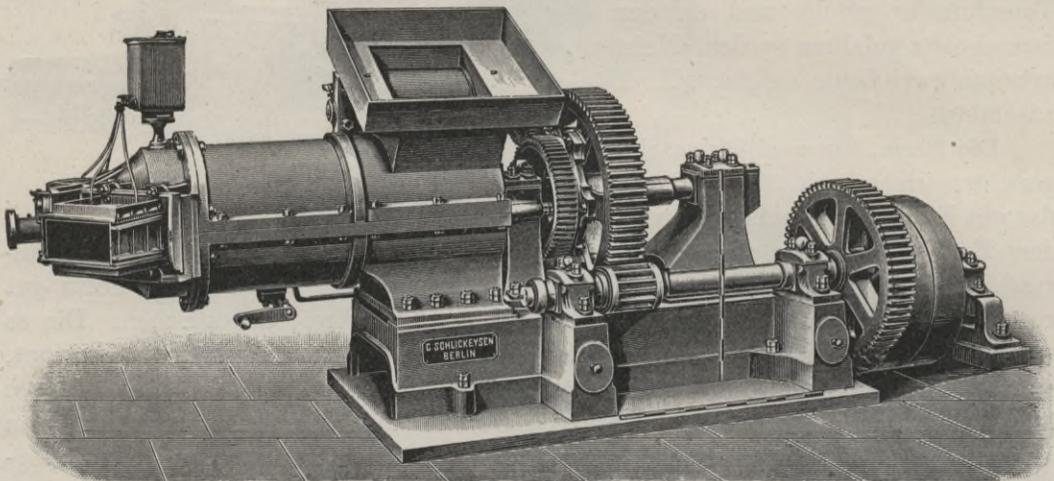


Abb. 12. Liegende Ziegelpresse. \* (*Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen.*)

durchgehende Lager der Welle, welches den Strang in zwei Teile teilte, die sich bis zum Austritt aus dem Mundstück nicht mehr innig miteinander verbinden konnten. Man half diesem Mangel dadurch ab, daß man das vordere Wellenlager fehlen ließ, dafür die Welle nach hinten verlängerte und stärker baute; der zwischen dem Bodenteil der Strangpresse und dem hinteren außerhalb dieser sitzenden Lager liegende Teil der Welle nahm zweckmäßig das Vorgelege auf. Auch die Form der Schnecken wurde geändert, besonders die der unteren, damit ein möglichst starker Druck auf den Tonstrang ausgeübt wurde. So z. B. stellt die Firma *L. Schmelzer*-Magdeburg ihre Strangpressen mit sog. Kompensationsschnecken her, d. h. die Schnecken sind unter sich alle gleich und können daher ausgewechselt werden, wenn sie sich ausgelaufen haben, was bei scharfem sandigen Material bald der Fall ist. Auch für den Zylinder bzw. Konus — d. h. dem Teil zwischen der letzten Schnecke und dem Mundstück — hat *Schmelzer* eine von der üblichen Form abweichende gebaut, die in Abb. 13 und 14 dargestellt ist. Während der Zylinder meist innen glatt ist, und dadurch ein Drehen des Tonstrangs gestattet, sich auch leicht warm läuft, gibt er ihm die Form eines gezogenen Kanonenrohrs durch Einfügen von kontraspiralförmigen Stäben, die

ein Drehen des Stranges verhindern, der somit nur vorwärtsgeschoben und gut zusammengepreßt wird.

Seine Querschnittsform erhält der austretende Strang durch das Mundstück. Man ist danach in der Lage, durch die verschiedene Form desselben Vollsteine, Lochsteine, Profilsteine, Dachziegel u. dgl. mehr zu erzeugen. Gewöhnlich ist die Öffnung des Mundstücks 12 cm hoch und 25 cm breit — abgesehen vom Schwindmaß —,

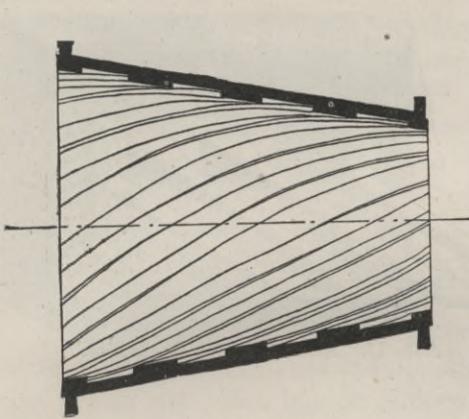


Abb. 13. Schnitt.

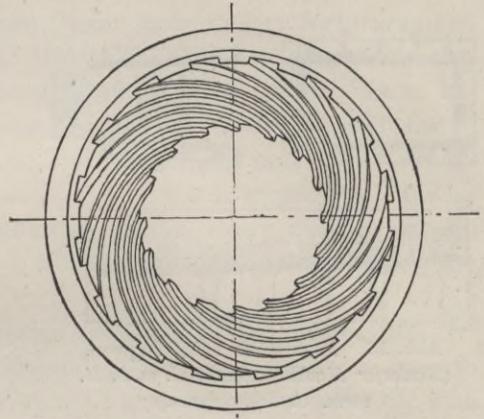


Abb. 14. Innenansicht.

Abb. 13 und 14. Konus mit Spiralen. (L. Schmelzer-Magdeburg.)

so daß sie die Kopf- und Läuferseite des Steines bildet, während die Lagerseite durch das Abschneiden entsteht.

Die Mundstücke bestehen aus Eichenholz mit Eisenblechbeschlag oder ganz aus Eisen und werden mittels leicht zu lösender Schrauben an dem Zylinderstück — auch Preßkopf genannt — befestigt.

Der in das Mundstück hineingepreßte Tonstrang bekommt naturgemäß an den Seiten mehr Druck als in den Ecken und hat das Bestreben, sich in der Mitte der Seiten entsprechend schneller vorwärts zu bewegen; die Folge davon ist ein sägezahnähnliches Rauwerden und Reißen der Ecken des Stranges, sog. Drachenzähne. Man hat versucht, durch Änderung der Mundstückform den Strang in der Mitte zurückzuhalten und ihm an den Ecken mehr Freiheit zum Vorwärtsgen zu geben (siehe Abb. 15), doch ohne rechten Erfolg. Schließlich versuchte man, die Reibung an den Wänden des Mundstücks durch Einfließenlassen von Wasser zu vermindern. Das Mundstück wurde etwa 20 cm dick hergestellt und an seinen Innenwänden mit Leder, Filz oder Metall ausgekleidet. Um

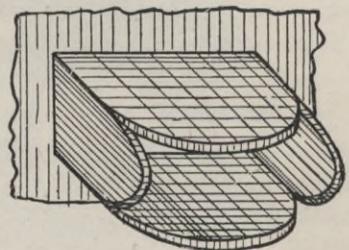


Abb. 15. Mundstück.  
(L. Schmelzer-Magdeburg.)

eine noch gleichmäßigere Anfeuchtung des Stranges zu erzielen, stellte man die Blech-  
auskleidung des Mundstücks nicht aus einem Stück, sondern aus mehreren schuppen-  
förmig ineinanderliegenden Teilen dar. Letzteres selbst besteht statt aus Holz besser  
aus verzinktem Gußeisen und enthält kleine Rinnen für die Zuführung des Wassers  
(vgl. Abb. 16). Diese Mundstücke ergeben einen sauberen, scharfkantigen und  
glatten Strang. Die zur Herstellung von Lochsteinen benutzten Mundstücke sind  
in ihrer ganzen Form ebenso gebaut, nur haben sie einen eisernen Kern, der im

austretenden Strang entsprechende Hohlräume zurückläßt. Der Kern sitzt an einem in die Strangpresse genügend weit hineinreichenden Bügel, der das feste Zusammenschließen des von ihm durchschnittenen Tonstranges vor dem Austritt wieder gestattet (Abb. 17). Der Strang gleitet nun auf einem Tisch vorwärts, auf dem er in die einzelnen Ziegel zerschnitten wird. Dabei kommt es zur Erzielung sauberer rechtwinkliger Schnitte darauf an, daß die Abschneidevorrichtung sich im Verhältnis zum vor-

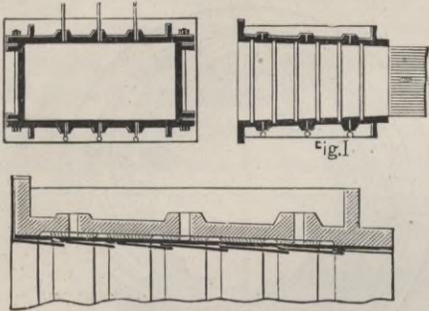


Abb. 16. Mundstück mit Schuppen.  
(Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H.  
vorm. C. Schlickeysen.)

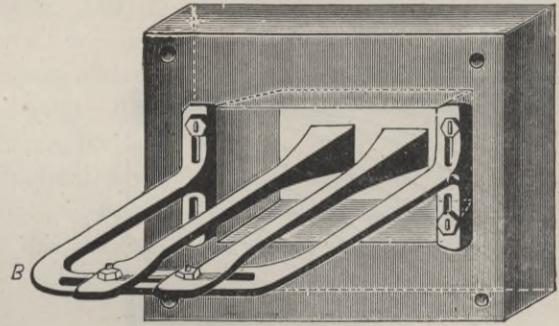


Abb. 17. Mundstück für Lochsteine.

wärtslaufenden Tonstrang in Ruhe befindet, d. h. seine Bewegung genau mitmacht. Dies wird durch die Eigenart der Abschneidetische erreicht, von denen Abb. 18 und 19 einen von der *Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen* gebauten Präzisions-Ziegelschneidetisch darstellt. Seine Einrichtung ist folgende:

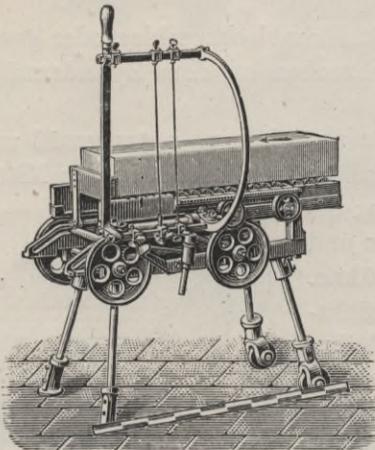


Abb. 18. Abschneidetisch vor dem Schnitt.  
(Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen.)

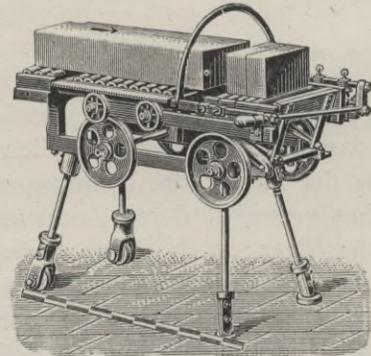


Abb. 19. Abschneidetisch nach dem Schnitt.  
(Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen.)

Der Tisch, welcher dicht an die Strangpresse herangeschoben wird, trägt auf dem dem Mundstück zugekehrten Ende und in gleicher Höhe mit dessen Unterkante drei festgelagerte, drehbare Rollen, und auf seinem übrigen Teil in der Hauptsache zwei Schienen für den die eigentliche Abschneidevorrichtung tragenden Wagen. Dieser enthält eine Anzahl weiterer den ersten in Größe und Höhenlage entsprechender Rollen und einen Bügelabschneider, welcher zwei oder mehrere um die Dicke des abzuschneidenden Steins voneinander entfernte parallele Drähte trägt, und um eine seitlich des Tisches sitzende horizontale Achse um  $90^\circ$  gedreht werden kann. Mit

dem Abschneider in Verbindung steht ein Brettchen, welches bei senkrechter Stellung desselben quer vor den Rollen erscheint, so daß seine Entfernung von dem ersten Draht ebenfalls eine Ziegeldicke darstellt. Der aus dem Mundstück austretende Tonstrang gleitet nun über sämtliche Rollen hinweg, stößt an das vordere Brettchen an und schiebt den Wagen mit dem Abschneider mit. Der Bügel wird nun heruntergedrückt, schneidet mit seinen Drähten zwei Steine ab; dabei senkt sich das Brettchen (siehe Abb. 19), so daß die abgeschnittenen Steine unbehindert fortgenommen werden können; der Bügel wird wieder in die Höhe gehoben, der Wagen in seine Anfangsstellung zurückgeführt, und der Vorgang beginnt von neuem. Dem bei manchen dieser Tische vorkommenden Übelstand, daß der zwischen den festen Rollen und dem Wagen freischwebende Tonstrang sich durchbiegt und beim Zurückschieben des Wagens beschädigt wird, hat *Schlickeysen* dadurch abgeholfen, daß er zwischen die festen Rollen und den Abschneidewagen noch einen zweiten Wagen mit Rollen einbaut, welcher den Strang bei der Vorwärtsbewegung des Abschneidewagens unterstützt.

Nach diesem von *Gebr. Sachsenberg* erfundenen Grundsatz sind die meisten der heute gebräuchlichen Abschneidetische für Vollziegel gebaut und bewähren sich in der Praxis gut. Man hat an einigen Teilen Veränderungen vorgenommen, die sich bei entsprechenden Eigenschaften des Tons als vorteilhaft herausgestellt haben. So z. B. hat man da, wo ein feuchteres Verarbeiten des Tons notwendig ist, statt der mit Gips, Filz oder englischem Leder bekleideten Rollen, an denen der Tonstrang leicht kleben blieb, mit Erfolg eine aus Blechschuppen bestehende feste Unterlage eingeführt, zwischen welchen eine Bewässerung der Gleitfläche stattfindet, ähnlich wie bei den mit Schuppen ausgekleideten Mundstücken. Auch ein auf Rollen gespanntes Filztuch ohne Ende hat man angewandt: Dieses Tuch verlängert sich, sobald der Wagen nach vorn geschoben wird, zum Abnehmen der Steine, ohne daß es sich unter dem Strang bewegt. Es eignet sich besonders für sehr weiches Tonmaterial gut. Ein fernerer, besonders bei dem mit scharfem Sand durchsetzten Rohmaterial bemerkter Übelstand ist der, daß die Seiten bzw. Kanten des Steines, an denen der Draht aus dem Strang austritt, nicht sauber werden, sondern rauh und vielfach eingerissen, da der Draht die letzten kleinen Tonteilchen beim Austreten abreißt, statt sie zu durchschneiden. Man hat dort, wo es sich um bessere Steine handelt, wie Verblender usw., sofern man nicht ein Nachpressen mit ihnen vornahm, an dem Apparat Vorschneidmesser angeordnet, die in den Strang dort, wo der Draht abschneidet, vorher einen tiefen Einschnitt machen, so daß nunmehr ein Ausreißen der Kanten nicht mehr stattfinden kann. Eine andere Anordnung ist die, daß man das abzuschneidende Ende des Stranges auf eine feste Stahlplatte führte, welche nur schmale Schlitze für die Drähte aufweist; sie ist, um dem Vorwärtsgleiten des Stranges nicht hinderlich zu sein, so angeordnet, daß sie beim Herabdrücken des Schneidebügels sich von unten gegen den Strang legt und so ein Ausreißen von Teilchen verhindert. Da dieser Abschneider noch nicht für besonders gute Ware genügt, so verwendet man dafür noch Nachschneideapparate. Sie bestehen aus einer länglichen Bank, auf welcher ein Schlitten gleitet; dieser trägt den zu beschneidenden Stein, während an der Bank die Schneiddrähte fest angebracht sind. Das Abschneiden geschieht dadurch, daß der Schlitten mit dem Stein an den Drähten vorbeibewegt wird. Die abfallenden Tonstreifen werden dem Tonschneider wieder zugeführt.

Die hier beschriebenen, aus dem liegenden Tonschneider entwickelten Tonstrangpressen sind die häufigsten unter den modernen Ziegeleimaschinen und werden je nach der Art des vorhandenen Rohmaterials und dem Zweck seiner Bearbeitung mit Walzwerken, Kollergängen und Bewässerungseinrichtungen verbunden. Die Abb. 20 und 21 veranschaulichen zwei derartige Anlagen aus der Fabrik von *L. Schmelzer-Magdeburg*. Das Rohmaterial wird durch Doppelwalzwerk bzw. Kollergang und Walzwerk aufgeschlossen, im Tonschneider gemischt und tritt, durch das Mundstück geformt, als fertiger Strang auf den Abschneidetisch.

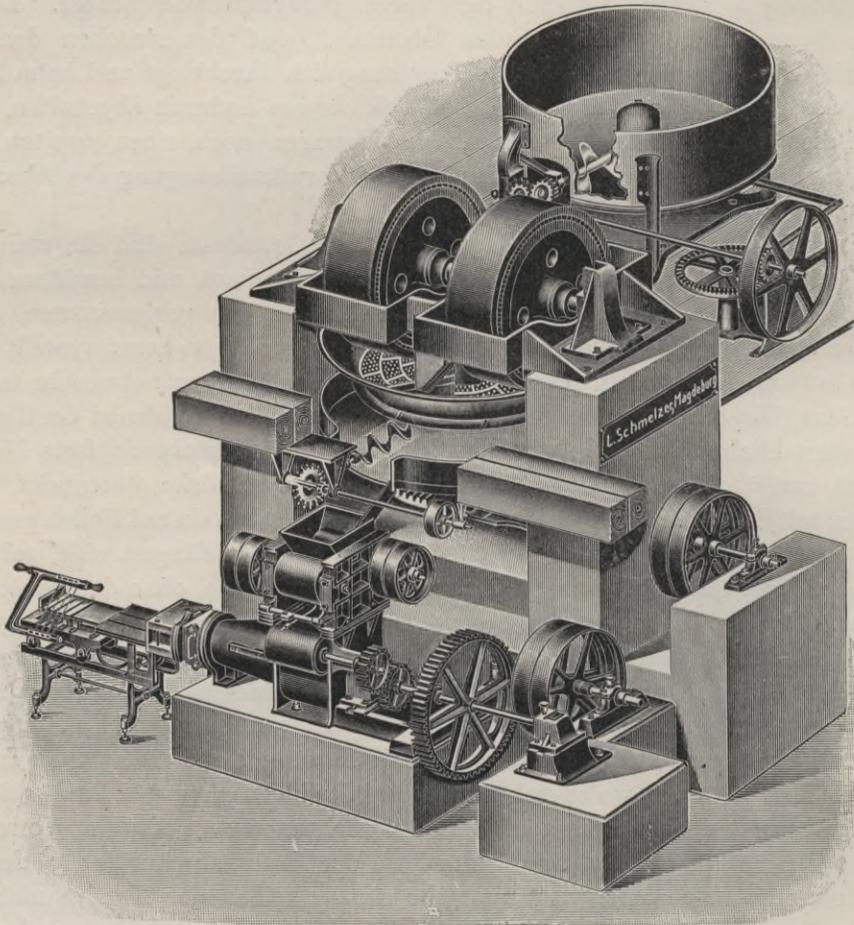


Abb. 20. Naßkollergang mit Walzwerk. (*L. Schmelzer-Magdeburg*.)

Außer diesen Schneckenpressen hat man auch Walzenpressen gebaut, bei denen die den Strang vortreibende Kraft ein Walzenpaar ist. Dieses preßt den ihm aufgegebenen Ton in den Preßkopf, aus dem er durch das Mundstück austritt. Da also der durch die Walzen gehende Ton nicht mehr gemischt wird, muß er in fertigem Zustande auf die Walzen kommen, die hierbei nur die Vorwärtsbewegung der Masse bezwecken. Etwaige von ihnen zermalmte Gesteinstrümmer oder harte Tonknollen würden zusammenbleiben und fast alle in einem einzigen Ziegel zum Vorschein kommen; man setzt daher vor die Walzen einen — meist stehenden — Tonschneider. Die Walzenpressen eignen sich besonders für steinfreie magere Tone gut und haben den

Schneckenpressen gegenüber den Vorteil fast völliger Strukturfreiheit der Ware; sie sind aber nicht viel im Gebrauch.

Außer diesen Ziegelmaschinen mit ununterbrochenem Betrieb gibt es noch verschiedene Arten von Maschinen mit unterbrochenem Betrieb, die für besondere Zwecke gebaut werden. Es sind dies die sog. Halbtrockenpressen und die Nachpressen.

Erstere haben den Zweck, das Material in halbtrockenem Zustand zu verarbeiten, wofür sich besonders die Schiefertone, die in den Steinkohlenbergwerken zutage gefördert werden, eignen. Die bekannteste unter ihnen ist die Dorstener Ziegelpresse. Der Ton wird durch Brechwalzwerke und Kollergänge bis zur erforderlichen Feinheit halbtrocken vorgearbeitet und kommt in Rahmen von der Größe des Steines auf die Presse, welche ihn durch mehrmaligen Druck eines herunterfallenden schweren Stempels formt. Die Steine können dann unmittelbar in den Ofen eingesetzt werden, da ein Vortrocknen wegen ihres geringen Wassergehalts nicht erforderlich ist.

Ein ähnlicher Gedanke liegt den Nachpressen zugrunde. Sie haben den Zweck, einer besonders sorgfältig zu formenden Ware, welche in einer gewöhnlichen Strang-

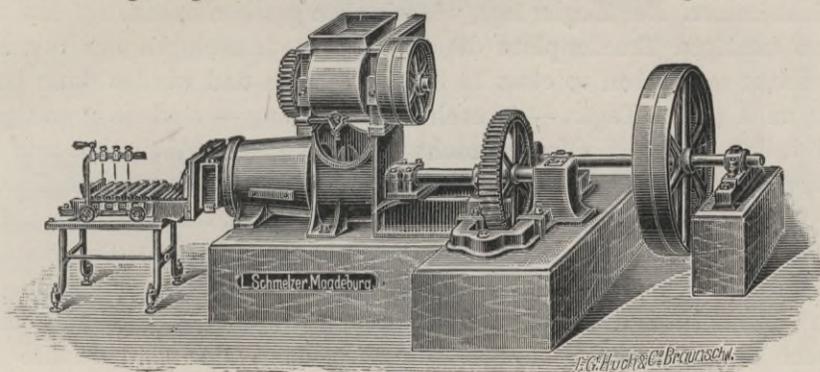


Abb. 21. Ziegelmaschine. (L. Schmelzer-Magdeburg.)

presse die ungefähre Form bekommen hat, die genaue Form zu geben. Man baut sie für Hand- und für Maschinenbetrieb und stellt entweder den Preßtisch, der die Form enthält, fest her, so daß ein Stempel die Pressung ausübt, oder preßt die auf- und abwärts bewegliche Platte mit der Form gegen den festen Stempel. Besonders werden diese Pressen für die Fabrikation von Falzziegeln verwandt (siehe S. 195).

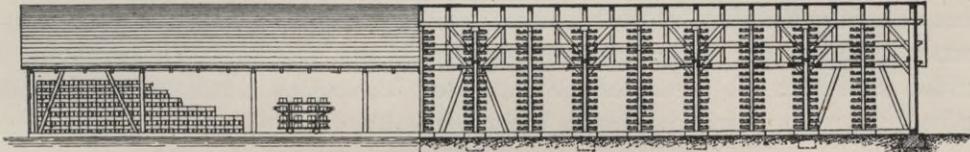
Die großen Vorteile, die das trockene Verarbeiten des Tons gegenüber dem nassen Verfahren bietet, haben zur Herstellung von Trockenpressen geführt, die hauptsächlich in England und Amerika in Gebrauch sind. Der Ton wird in lufttrockenem, d. h. etwa 4 bis 6% Wasser enthaltendem, pulverförmigem Zustand in die Formen der Presse gebracht und durch Stempel, die ihn entweder gegen eine feste Platte oder gegeneinander drücken, geformt. Wichtig ist dabei, das Entweichen der in der Masse befindlichen Luft zu begünstigen. Dies geschieht entweder dadurch, daß man die Pressung durch wiederholtes Heben und Senken des Stempels bei zunehmendem Druck ausführt, oder daß man die Stempel selbst mit feinen, sich nach außen erweiternden Löchern versieht. Den Vorteilen der Trockenpressung: Ersparung großer Trockenanlagen und des Transportes zu und von denselben, Strukturlosigkeit der Steine, gute scharfkantige Form und große Druckfestigkeit stehen als Nachteile gegenüber: Mehrverbrauch an Rohstoff, höheres Gewicht der Steine und größerer Bedarf an Brennmaterial.

#### 4. Trocknen.

Die mit der Hand geformten Ziegel enthalten etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$ , die Maschinenziegel rund  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  ihres Gewichtes an Wasser, von dem sie mehr als die Hälfte abgegeben haben müssen, ehe sie in den Ofen kommen. Bei diesem Vorgang des Trocknens schwinden die Steine etwa um  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{8}$  ihrer Ausdehnung, da sich durch die Abgabe des Wassers die Tonteilchen einander nähern. Es ist nun leicht ersichtlich, daß es für die zu trocknende Ware wichtig ist, gleichmäßig an allen Stellen zu trocknen, da sonst bei ungleicher Schwindung einzelner Teile Verbiegungen in der Form, ja sogar Risse auftreten. Da ferner die Abgabe des Wassers an die Luft in um so höherem Grade stattfinden kann, je wärmer diese ist und je weniger Wasserdampf sie enthält, so folgt daraus, daß es für die zu trocknende Ware von großer Bedeutung ist, mit warmer, fortwährend wechselnder Luft in Berührung zu kommen, die möglichst den ganzen Tonkörper umstreichen kann.

Diesen Bedingungen entspricht die natürliche Trocknung der Steine unter freiem Himmel nicht immer. Der Ziegler legt, wie wir oben gesehen haben, auf dem möglichst ebenen und sandigen Trockenplatz die Steine beim Auskippen aus der Form auf die flache Seite; sie bleiben so etwa 24 Stunden liegen und werden dann hochkantig aufgestellt; nach 4 bis 8 Tagen — je nach der Witterung — sind sie soweit getrocknet und erhärtet, daß sie in den Ofen gebracht werden können. Abgesehen von mechanischen Beschädigungen, durch Menschen oder Tiere, denen sie auf dem Trockenplatz ausgesetzt sind, leiden sie sehr häufig durch die Ungunst der Witterung, da sowohl Regen wie scharfer Sonnenbrand ihre gute Form beeinträchtigen. Die Steine, die mit einer ganzen Seite auf dem oft feuchten Erdboden liegen, werden auf der Oberseite von den heißen Sonnenstrahlen getroffen, trocknen stark aus, werden krumm oder reißen. Man benutzt daher besser Schuppen zum Trocknen, das sind leichte hölzerne, mit einem Dach versehene Gerüste, welche innen eine Latteneinteilung zum Aufstapeln der Steine haben. Diese Schuppen liegen meist in langgestreckter schmaler Form parallel und zwischen den Streichplätzen; ihre Größe richtet sich nach der Tagesleistung der Ziegelei und der durchschnittlichen Trockenzeit der Ziegel; man rechnet ungefähr 200 Stück auf 1 qm Grundfläche des Schuppens. Abb. 22 bis 24 stellen einen Trockenschuppen nach *O. Bock*, Handbuch der Ziegelfabrikation dar. Der Schuppen besteht aus Holzfachwerk und ist an allen vier Seiten offen. Das flache Dach steht an den Seiten weit über und wird zweckmäßig mit einer Rinne versehen, um Regen und Traufwasser von den Steinen abzuhalten. Zum besseren Schutz dagegen, und gleichzeitig zum Schutz gegen heiße Sonnenstrahlen bringt man an den Außenseiten Strohmatte oder verstellbare Bretterjalousien an. Die Schuppen gewährleisten ein gleichmäßigeres Trocknen wie der freie Trockenplatz, es dauert aber auch erheblich länger wie dort. Nimmt man das Gewicht eines feuchten Ziegels zu 4 kg an, so beträgt sein Wassergehalt etwa 0,8 bis 1 kg; für beispielsweise einen Schuppeninhalt von 30 000 Ziegeln 24 bis 30 000 kg Wasser, welche zur größeren Hälfte, d. h. etwa 20 000 kg in dem Schuppen verdunsten sollen. Das bedeutet bei etwa einer Trockenzeit von 10 Tagen täglich 2000 kg. Die innerhalb des Schuppens befindliche Luftmenge wird daher bald mit Wasserdampf gesättigt sein, und wenn sie nicht durch frische, noch ungesättigte Luft ersetzt wird, was nur bei windigem Wetter der Fall ist, ein weiteres Trocknen aufhalten, da sie nicht mehr imstande ist,

Wasser aufzunehmen. Das wird an feuchten Tagen, an denen die Luft schon mehr Wasserdampf enthält und weniger aufnehmen kann, in verstärktem Maße der Fall sein, besonders wenn etwa noch an ein oder zwei Seiten des Schuppens die Jalousien geschlossen sind. Die Schuppen müssen daher in ihrer Größe so berechnet sein, daß sie imstande sind, bei derartig ungünstiger Witterung den Überschuß an gestrichenen Ziegeln, der sich inzwischen ansammelt, aufzunehmen. Dies gibt die weitere Möglichkeit, den ganzen Bedarf an Vorratzziegeln, die im Winter erst zum Brennen kommen, aufzunehmen. Man spart an einem Teil des Schuppens die Latten aus und stapelt die lederharten, lufttrockenen Steine dort auf, wenn man dafür nicht besondere

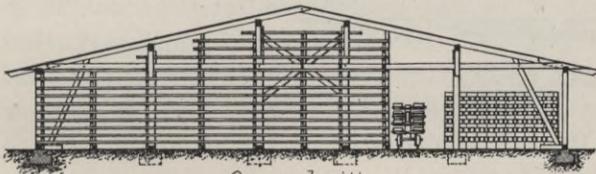


Längenschnitt.

Abb. 22.

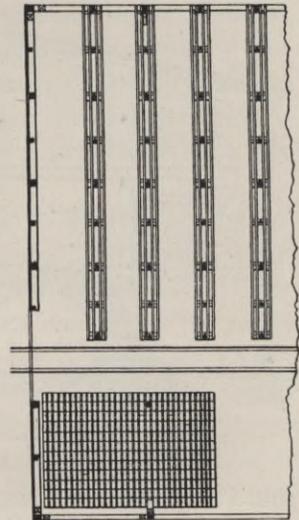
Schuppen errichtet. Ein weiterer Mangel dieser natürlichen Trocknung sind die manchmal nicht geringen Verluste an nassen Ziegeln durch Nachtfröste, wogegen selbst ein Schließen der Jalousien in den Schuppen nicht schützt.

Alle diese Übelstände haben dazu beigetragen, daß man sich für die Herstellung besserer Ware von der Ungunst und Zufälligkeit der Witterung freimachte, und zur künstlichen Trocknung der Steine schritt. Dies gestattet gleichzeitig einen längeren Betrieb im Jahr, als er bei natürlicher



Querschnitt.

Abb. 23.



Grundriss.

Abb. 24.

Abb. 22 bis 24. Trockenschuppen.

(Aus: Bock, Die Ziegelfabrikation. 8. Aufl. Leipzig, Bernh. Friedr. Voigt.)

Trocknung mit Rücksicht auf die Nachtfröste im Frühjahr und Herbst möglich ist. Die einfachste Art der künstlichen Trocknung besteht darin, daß man den Schuppen an allen Seiten geschlossen herstellt, und durch irgendeine Wärmequelle heizt. Wichtig für die gute Wirkung ist dabei, daß für eine ständige Erneuerung der mit Wasserdampf gesättigten Luft gesorgt wird, und daß diese Luft sich nicht an der frisch eingeführten kälteren Ware abkühlen und somit tauartige Niederschläge erzeugen kann. Wirtschaftlich ist es von Wert, daß der natürliche Auftrieb der warmen Luft für ihre Bewegung ausgenutzt wird, daß man also die Luft nicht zwingt, von oben nach unten zu gehen; dies kostet unnütze Kraft. Man baut die Trockenkammern so, daß man in einem neben oder unter ihnen liegenden Kanal Wärme erzeugt, entweder durch direkte Feuerung oder durch Abdampfrohre, die frisch eintretende Luft sich an den meist

aus eisernen Platten bestehenden Wänden dieser Kanäle sich erwärmen und dann in den Trockenraum eintreten läßt. Die Absaugung der feuchten Luft geschieht entweder durch den Schornstein oder vermittels eines Ventilators. Eine ähnliche Trockenanlage ist von *Otto Bock* gebaut worden. Sie besteht aus einem gemauerten Kanal, unter dem sich die durch eiserne Platten von diesem getrennte Heizkammer befindet. In ihr sind die Dampfrohre so angeordnet, daß an dem Ende des Kanals, an welchem die Steine auf kleinen Wagen eingefahren werden, geringere Wärme entsteht, als an dem Ausfahrtsende, an welchem auch gleichzeitig die Luft entweicht. Dadurch wird erreicht, daß die an den frisch eingefahrenen Steinen etwas mit Wasserdampf angefüllte Luft, je weiter sie vorwärtsschreitet, sich desto mehr erhitzt und also immer aufnahmefähiger wird, während die nassen Steine allmählich erwärmt und getrocknet werden. Ein weiterer Schritt in der Anordnung der Trockenanlagen war der, daß man sich die strahlende Wärme des Brennofens selbst nutzbar machte. Man hat das in der verschiedensten Weise versucht, deren Grundsatz jedoch immer

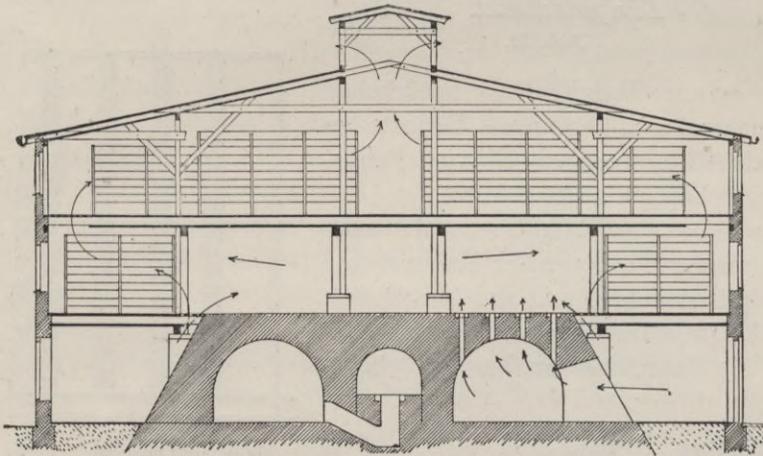


Abb. 25. Trockenanlage über einem Ringofen.

derselbe ist, die über dem Ringofen — denn um diesen wird es sich meist handeln — entstehende Wärme auf möglichst geschicktem Wege den unter demselben Dach angeordneten Trockenkammern zuzuführen.

Abb. 25 zeigt ein Beispiel einer solchen Anlage. Über dem Ringofen ist noch ein zweites Stockwerk errichtet und das Ganze mit einem

massiven Gebäude umgeben, dessen Dach eine genügende Anzahl von Entlüftungsschloten trägt. Der Raum unmittelbar über dem Ringofen selbst wird nicht zum Aufstellen der Trockenware benutzt, da die Hitze dort zu groß ist. Durch Anbringen von entsprechenden Öffnungen in den Fußböden und Decken zwingt man die Luft, den durch Pfeile angedeuteten Weg zu machen. Die Größe der Öffnungen läßt sich nach Bedarf durch Klappen regeln.

## 5. Brennen.

Das Brennen der Ziegelsteine hat den Zweck, ihnen die erforderliche Härte und Formbeständigkeit zu geben, die sie zu einem dauerhaften Baustoff machen. Gleichzeitig erhalten sie damit eine bestimmte Farbe, die, wie wir oben gesehen haben, je nach der Zusammensetzung des Tons verschieden ist. Die wesentlichen Anforderungen, die man an einen Brennofen stellt, sind Gleichmäßigkeit des Feuers, sparsamer Verbrauch an Brennmaterial und Leistungsfähigkeit durch möglichst ununterbrochenen Betrieb. Die erste Eigenschaft besteht darin, daß das gesamte eingesetzte

Brenngut möglichst gleichmäßig vom Feuer umspült wird, so daß nicht ein Teil der Ware, welcher weniger im Feuer stand, mangelnde Festigkeit aufweist, während ein anderer Teil, der zu viel Feuer bekommen hat, zusammengesintert oder geschmolzen ist. Derartige Öfen mit ungleicher Feuerverteilung ergeben einen zu großen Ausschuß an Ware und verteuern dadurch den Betrieb. Dasselbe ist der Fall, wenn nicht eine genügende Ausnützung der Wärme stattfindet, wie dies bei allen Öfen mit unterbrochenem Betrieb der Fall ist; das sind Öfen, welche mit Brennware besetzt und angefeuert werden, nach Beendigung des Brandes wieder abkühlen müssen, ehe sie entleert und von neuem besetzt werden können. Im Gegensatz dazu stehen die Öfen mit ununterbrochenem Betrieb, bei denen sämtliche sonst nacheinander vorzunehmende Tätigkeiten — Einsetzen, Vorwärmen, Brennen, Abkühlen und Ausfahren — gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Einsatzes vor sich gehen. Diese Öfen, zu denen die Kanalöfen mit beweglichem Einsatz und feststehendem Feuer und hauptsächlich die Ringöfen mit feststehendem Einsatz und beweglichem Feuer gehören, gewähren eine hohe Ausnutzung des Brennmaterials und verbilligen dadurch erheblich den Betrieb. Ihre Leistungsfähigkeit beruht ferner auf dem dauernden Betrieb, den man beim Ringofen auf 300 Brenntage im Jahre annehmen kann und auf ihrem geringen Bedarf an Arbeitskräften. Der Ringofen bedeutete einen großen Fortschritt in der gesamten Ziegelindustrie und beherrscht sie, von einigen kleinen Änderungen abgesehen, heute noch in seiner alten Form. Um seine Bedeutung würdigen zu können und der Vollständigkeit wegen soll seiner Beschreibung eine kurze Geschichte der Entwicklung des Ziegelofens vorausgeschickt werden.

Die älteste und einfachste Form des Ziegelbrennens ist die in Meilern auf freiem Felde; sie ist teilweise heute noch in einigen Gegenden Hollands in Gebrauch. Man baut die lufttrockenen Steine auf einem etwas erhöhten, gut eingeebneten Platz in Reihen neben- und übereinander so zusammen, daß unten am Boden in regelmäßigen Abständen Schürgassen bleiben, welche mit Holz oder Kohlenklein ausgefüllt werden, und daß zwischen je zwei Lagen Steine eine Schicht Brennmaterial kommt. Die Wände und die Decke dieses Meilerofens werden ebenfalls aus Ziegeln gesetzt und die Fugen fest mit Lehm verstrichen; in der Decke bleiben einige Löcher für den Rauchabzug. Dann wird das Brennmaterial in den Schürgassen entzündet und zunächst zum Trocknen und Anwärmen der Steine ein mäßiges Feuer unterhalten, welches allmählich verstärkt wird. Durch Zusetzen einzelner Schüröffnungen und Öffnen anderer Löcher in der Decke ist man bemüht, das Feuer möglichst nach allen Teilen des Meilers gleichmäßig hinzulenken, was aber doch nur sehr unvollkommen erreicht wird. Der je nach Größe 3 bis 8 Tage dauernde Brand des Meilers liefert ein sehr ungleiches Material, indem die den Schürgassen und den senkrechten Feuerzügen zunächst stehenden Steine schmelzen, und die am weitesten davon entfernten kaum gar gebrannt werden. Außerdem ist Art und Dauer des Brandes von Regen und Wind sehr abhängig und der Brand selbst infolge mangelnden Zuges sehr unregelmäßig.

Einen Fortschritt dagegen bedeuten die gemauerten Öfen, welche noch vielfach in Süddeutschland benutzt und daher „Münchener Öfen“<sup>1)</sup> genannt werden. Sie bestehen aus vier gemauerten Umfassungswänden, welche in der Erde liegen und einem vielfach durchbrochenen Gewölbe, welches den Boden des Ofens bildet und gleich-

<sup>1)</sup> *R. Gottgetreu*: Baumaterialien. 1880.

zeitig die Decke des darunterliegenden Feuerraums, welcher mehrere Schüröffnungen besitzt (siehe Abb. 26). Meist sind zwei solcher Öfen zusammengebaut, um, während der eine brennt, den andern leeren und wieder vollsetzen zu können; die ganze Anlage ist mit einem leichten Dach überdeckt. Die Ziegel werden hochkantig stehend mit 4 bis 5 cm Zwischenraum, jedesmal quer zur unteren Reihe eingesetzt; die oberste

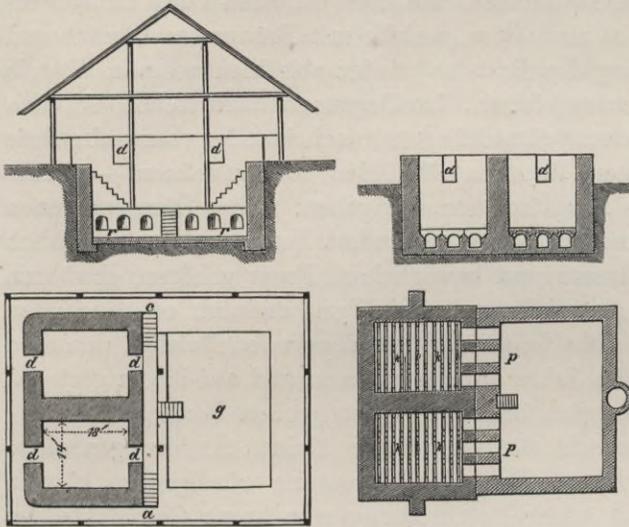


Abb. 26. Münchener Doppelofen.

(Aus: *Gottgetreu*, Baumaterialien. 3. Aufl. Berlin, Jul. Springer.)

die Decke des darunterliegenden Feuerraums, welcher mehrere Schüröffnungen besitzt (siehe Abb. 26). Meist sind zwei solcher Öfen zusammengebaut, um, während der eine brennt, den andern leeren und wieder vollsetzen zu können; die ganze Anlage ist mit einem leichten Dach überdeckt. Die Ziegel werden hochkantig stehend mit 4 bis 5 cm Zwischenraum, jedesmal quer zur unteren Reihe eingesetzt; die oberste Schicht liegt flach und wird mittels Lehmörtel luftdicht abgedeckt bis auf einige Öffnungen für den Rauchabzug. Der Brand geht in ähnlicher Weise wie beim Meilerofen vor sich, hat auch dieselben Mängel wie jener und liefert ebenfalls sehr ungleiches Material. Auch der Übergang zu den Öfen mit gemauerter Decke, die man als deutsche oder holländische bezeichnet, bot noch keine nennenswerten Vorteile. Abb. 27 und 28 stellen einen solchen dar. Das Gewölbe enthält eine große Anzahl von Öffnungen, durch deren zeitweiliges Schließen (Bedecken mit Steinen u. dgl.) man den Gang des Feuers etwas besser regeln konnte; auch hält das feste Gewölbe die Hitze etwas mehr, so daß man höhere Wärmegrade erreichen konnte. Die Öffnung *b* dient zum Ein- und Ausfahren des Einsatzes und wird vor Beginn des Brandes vermauert. Die Einrichtung des Ofens geht aus den Abbildungen hervor.

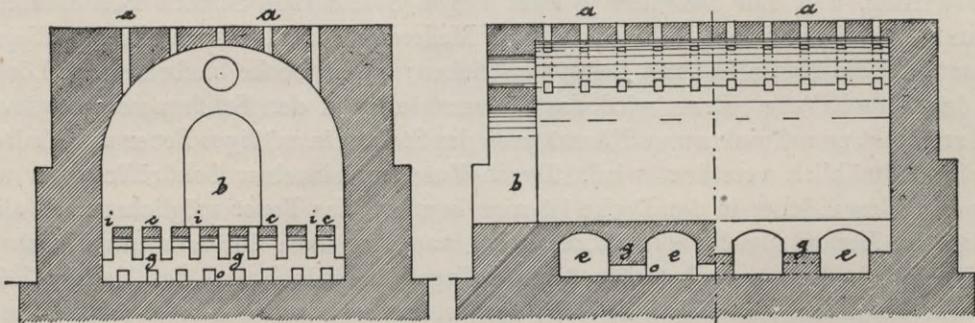


Abb. 27. Querschnitt.

Abb. 28. Längenschnitt.

Abb. 27 und 28. Deutscher Ofen.

Bei den bisher geschilderten Arten brennt das Feuer von unten nach oben, und zwar infolge des kurzen Weges und des wechselnden, meist aber geringen Zuges ohne große Lebhaftigkeit. Es bedeutete daher den ersten größeren Fortschritt, daß man, um einen guten Zug im Feuer zu erzielen, einen Schornstein anbaute. Dadurch wurde gleichzeitig ermöglicht, dem Feuer einen längeren Weg vorzuschreiben, d. h. es den Ofen der Länge nach durchstreichen zu lassen. Öfen dieser Art sind unter dem Namen „Casseler Flammöfen“ bekannt. Wie aus Abb. 29 bis 31 ersichtlich, besteht der Ofen

aus einem langgestreckten flachen Gewölbe, welches am einen Ende den vertieften Feuerungsraum aufweist und am andern Ende durch einen kleinen Rauchkanal mit dem Schornstein in Verbindung steht. Meist sind zwei Öfen zusammen an einen Schornstein angebaut. Ein Rauchschieber *K* gestattet die Regelung des Zuges bzw. die gänzliche Abstellung des Ofens vom Schornstein. Der Schürraum wird von dem Ofen durch eine aus feuerfesten Steinen gemauerte, mit regelmäßigen Öffnungen versehene Feuerbrücke getrennt, die den Zweck hat, die Heizgase möglichst gleichmäßig verteilt in den Ofen gelangen zu lassen. Da die Abzugsöffnung für die Gase am Boden des Ofens sitzt, ist der Querschnitt desselben nach der Höhe und Breite nach dorthin verjüngt, damit die sich nach dem Abzug sammelnden Gase das ganze Brenngut gleichmäßig bestreichen. Die seitlich befindlichen Ein- und Ausfuhröffnungen werden vor Beginn des Brandes vermauert. Man nennt diese Bauart: Öfen mit überschlagender Flamme. Die Erkenntnis, daß die in den Schornstein abgehenden Rauchgase noch hinsichtlich ihrer Wärme ausgenutzt werden könnten, führte dazu, mehrere Öfen

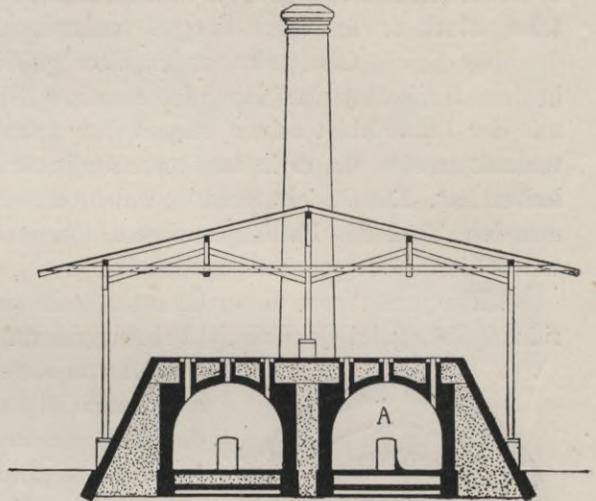


Abb. 29. Querschnitt.

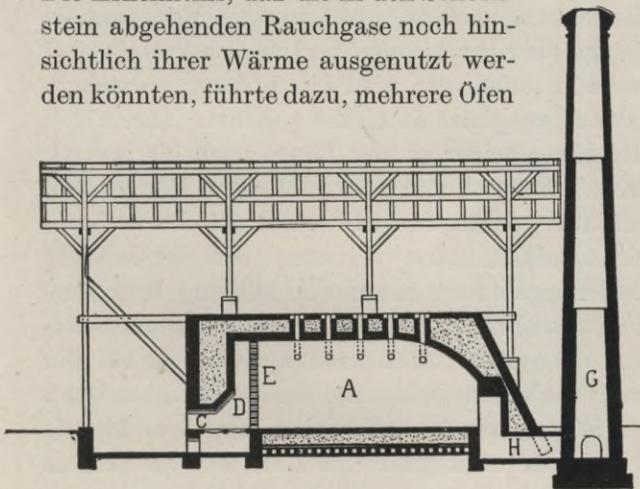


Abb. 30. Längenschnitt.

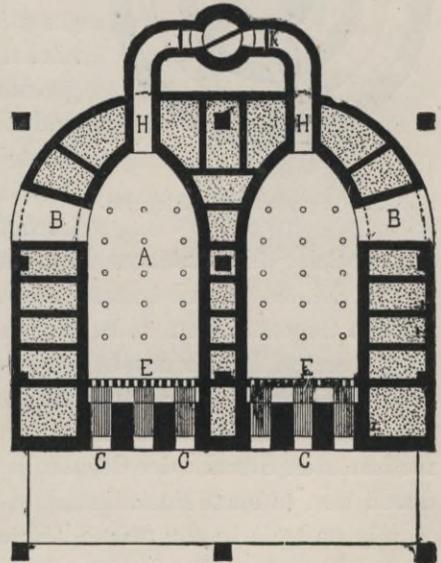


Abb. 31. Grundriß.

Abb. 29 bis 31. Casseler Flammofen.

dieser oder ähnlicher Art so zusammenzufügen, daß man die abgehenden Gase des einen brennenden Ofens erst durch den nächsten mit luftgetrockneten Steinen besetzten führte und sie dann erst in den Schornstein gehen ließ. So wurde eine Trocknung und Vorwärmung der demnächst zum Brennen kommenden Steine herbeigeführt. Nachteilig blieb dabei nur immer noch der verschiedene Zug, den das Feuer in den einzelnen Öfen entwickelte, je nachdem es einen langen oder kurzen Weg zum Schorn-

stein zurückzulegen hatte, und daher eine recht ungleichmäßige und schwer zu regelnde Hitze im Ofen. Gleichzeitig wurde die Bauart der Öfen, von denen mindestens vier zusammenstehen mußten, infolge der verschiedenen Kanäle und Schieber untereinander und zum Ofen, schwierig, und der Verbrauch an Brennmaterial war immer noch verhältnismäßig groß, trotzdem das Feuer in den Öfen nicht mehr kaltes, sondern schon stark erwärmtes Brenngut vorfand.

Die diesem Ofen anhaftenden Vorzüge des ununterbrochenen Betriebes sind nun in dem *Hoffmannschen* Ringofen zu einer Vollkommenheit entwickelt, die im Verein mit der Einfachheit seiner Bauart ihm sofort die führende Stelle in der Brennofentechnik anwies, die er in fast unveränderter Form bis auf den heutigen Tag sich erhalten hat. Die Gesichtspunkte, welche den Erfinder geleitet haben, gehen am besten aus dem Text des Patentgesuches *Hoffmanns* vom Jahre 1858 hervor, welches teilweise hier wiedergegeben werden soll<sup>1)</sup>.

„Idee und Wesen dieser Öfen sind sehr einfach; sie bestehen aus einem im Grundriß ringförmig, im Querschnitt beliebig geformten Ofenkanal, der zwar an verschiedenen Stellen von außen her zugänglich und verschließbar, und an ebensoviel Punkten gegen einen im Zentrum stehenden hohen Schornstein verschließbar, im übrigen aber frei und ungeteilt ist.



Grundriß.

Abb. 32. *Hoffmannscher* Ringofen.

Denkt man sich den Querschnitt des Ofens (siehe Abb. 32) mittels eines Schiebers, der durch Falze eingesetzt wird, an irgendeiner Stelle geschlossen, die zunächst davorliegende Eingangstür und den zunächst liegenden Rauchkanal geöffnet, alle übrigen Rauchkanäle und Eingänge aber geschlossen, und im Schornstein eine aufsteigende Luftsäule, so wird ein Luftzug entstehen, der aus der Atmosphäre durch die geöffnete Tür in den Ofen tritt, diesen seiner ganzen Länge nach bis auf die

andere Seite des Schiebers durchstreicht, um durch den dort geöffneten Rauchkanal in den Schornstein zu treten. Denkt man sich ferner den Ofenkanal mit den zu brennenden Gegenständen, z. B. Ziegelsteinen gefüllt, und zwar derart, daß der Luftzug in der ersten Hälfte des Ofens bereits fertiggebrannte, in der Abkühlung begriffene Steine durchstreicht, demnächst das Feuer (welches durch Einstreuen des Brennmaterials in die glühenden Steinmassen von oben unterhalten wird) speist, und auf der restierenden Strecke der Ofenlänge durch noch nicht gebrannte Steine zieht, um dann durch den offenen Rauchkanal in den Schornstein zu entweichen, so ist es klar:

1. daß die in die offene Tür eindringende atmosphärische Luft, auf dem ersten Teil ihres Laufes im Ofen — die fertiggebrannten Steine abkühlend — sich in hohem Grade erhitzt, folglich
2. im Stande ist, in dem nun folgenden Teile des Ofens, der mit Brennmaterial beschickt wird, die Verbrennung zu unterhalten, und wegen ihrer hohen Temperatur den Effekt des Feuers in hohem Grade zu vermehren, während
3. die durch das Feuer unverbrannt streichende Luft, sowie die gasförmigen Verbrennungsprodukte auf ihrem übrigen Wege durch den Ofen bis zum Schornstein noch eine Menge Wärme an die noch nicht gebrannten Steine

<sup>1)</sup> Nach *Dümmler*: Handbuch der Ziegelfabrikation.

absetzen und dieselben bis zu einer solchen Temperatur vorwärmen und erhitzen, daß nur eine kurze Brennzeit und eine verhältnismäßig geringe Menge von Brennmaterial erforderlich ist, um sie vollständig gar zu brennen.

Da nun die der offenen Tür zunächst stehenden Steine abgekühlt, also tauglich sind zum Herausziehen, so können sie durch frische, ungebrannte ersetzt werden; der Abschluß des Ofens mittels des Schiebers kann vor der nächsten Tür hinter den frisch eingesetzten Steinen erfolgen; diese Tür kann geöffnet, die vorhergehende geschlossen und ebenso der nächste Rauchkanal geöffnet, der geöffnet gewesene geschlossen und das Feuer vorwärts geschoben werden.

Durch stetige Wiederholung dieses Vorganges macht das Feuer wiederkehrend die Runde im Ofen, wie denn gleichzeitig das Ausnehmen und Einsetzen der Steine ringsum ohne Unterbrechung stattfindet, und bedarf es wohl kaum der Erwähnung, daß, um diese beiden letzten Manipulationen gleichzeitig vornehmen zu können, die zwei ersten Türen, die eine für das Ausnehmen, die andere für das Einsetzen geöffnet werden können.“

Die großen Vorteile, die der Ringofen durch die Einfachheit und Stetigkeit seines Betriebes sowie durch die fast vollständige Ausnutzung des Brennmaterials bietet, liegen auf der Hand. Die Ausführung des dem Ofen zugrunde liegenden Gedankens in der Praxis bot keine nennenswerten Schwierigkeiten. Da die trennende Wand im Ofenkanal dauernd versetzt werden muß, stellte man sie zunächst als Schieber aus Eisenblech her, welcher in Falzen lief und den Ofenkanal in eine Anzahl von einzelnen Kammern teilte, früher 8 bis 12, heute meist mehr. Bald indessen wurden die Schieber durch Bogen von starkem Papier ersetzt, welche an die Wände des Ofens mit Lehm angeklebt werden; sie werden, wenn die nächste Kammer geöffnet werden soll, von oben her mittels eisernen Hakens zerrissen und abgebrannt. Das Schließen der Ein- und Auskarröffnungen erfolgt in alter Weise durch Zumauern mit Backsteinen und Lehmörtel. Um nicht für jede einzelne Kammer eine Durchbrechung des Schornsteins anzuordnen, welche der Standsicherheit desselben erheblichen Abbruch leisten würde, legt man einen Rauchsammelkanal an, welcher durch 2 oder 4 Öffnungen mit dem Schornstein verbunden ist, und in den die Rauchkanäle aller Ofenkammern münden. Ihr Abschluß gegen den Rauchsammler geschieht durch eiserne Glockenventile, welche mittels eines umgebörtelten Randes in ein Sandbett eingreifen und auf diese Weise einen möglichst luftdichten Abschluß herbeiführen. Die Feuerung geschieht mittels zerkleinerter Braun- oder Steinkohle, vereinzelt auch durch Torf, welcher von oben her durch zahlreiche Löcher im Gewölbe des Ofens eingeworfen wird. Das Brenngut wird so eingesetzt, daß unter diesen Löchern senkrechte Schächte entstehen, welche mit Kohlen angefüllt werden (siehe Abb. 33). Der Bedarf an Brennstoff beträgt für das Tausend Mauersteine von Normalformat bei Steinkohle 130 bis 160 kg, bei böhmischer Braunkohle 180 bis 200 kg und bei deutscher Braunkohle oder Torf 250 bis 300 kg.

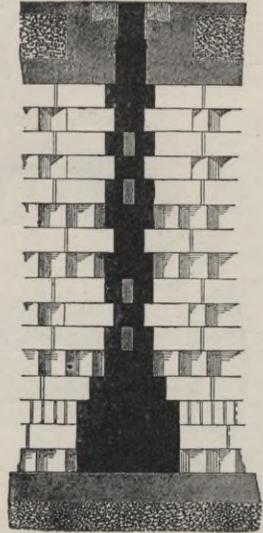


Abb. 33. Heizschacht im Ringofen.

Man ist aus verschiedenen Gründen bei der Ausführung größerer Ringöfen — und um solche handelt es sich meist — von der Kreisform abgewichen und gibt ihnen

die in Abb. 34 bis 36 dargestellte längliche Form. Der Ofen enthält 16 Kammern  $\alpha$  und einen in der Mitte liegenden Rauchsammler  $d$ ; der Schornstein kann entweder innerhalb dieses Kanals, oder wie in vorliegender Abbildung außerhalb des Ofens stehen; die Kammern stehen durch die Kanäle  $c$  mit dem Rauchsammler in Verbindung und sind durch die Glockenventile  $v$  abschließbar;  $e$ ,  $c$  sind die Einwurföffnungen für den Brennstoff.

Beim Brennen besserer Waren, besonders wenn es sich um Erzielung reiner Farbentöne handelt, hat sich der Umstand als störend herausgestellt, daß vom Luftstrom mitgerissene Flugasche und Kohlenstaub sich auf den noch feuchten, trocknenden Steinen absetzte und diesen ein unsauberes Aussehen gab. Zur Vermeidung des Übelstandes führt man einen Teil der an den bereits gebrannten Steinen sich erhitzen-



Abb. 34. Querschnitt.

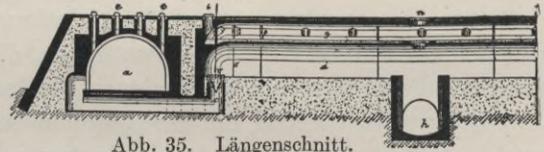


Abb. 35. Längenschnitt.

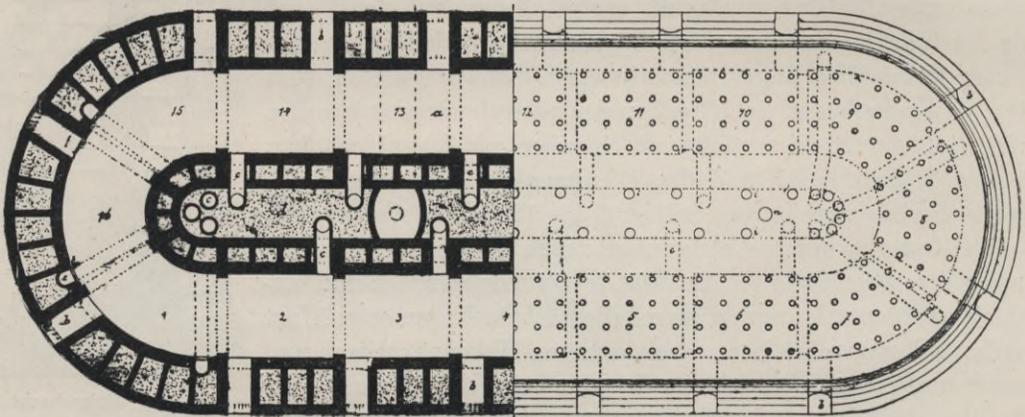


Abb. 36. Grundriß.

Abb. 34 bis 36. Ringofen.

den Luft, bevor sie das Feuer erreicht, durch besondere Kanäle  $ab$ , um das Feuer herum und läßt sie in die vor dem Feuer liegenden Kammern eintreten; deren Ventil nach dem Rauchsammler hin wird geöffnet und bewirkt so ein fortwährendes Ansaugen der warmen, aber noch nicht verunreinigten Luft. Den Vorgang nennt man Schmauchen, den zu seiner Erzielung erforderlichen Kanal Schmauchkanal; er ist in Abb. 34 in  $q$  dargestellt und liegt über dem Rauchsammler;  $m$  sind die Überführungsrohre, die die zu schmauchenden Kammern mit dem Schmauchkanal und diesen mit den kühlenden Kammern, von denen die Luft entnommen wird, verbinden. Lage und Anordnung der Schmauchkanäle haben je nach Art des Ofens verschiedene Ausbildung erfahren.

Denselben Zweck erreicht man durch Einbau von sog. Heizwänden in den Ofen, d. h. durchbrochene Wände aus feuerfesten Steinen, welche quer zur Feuerrichtung aufgebaut werden, derart, daß zwischen je zweien ein schmaler, mit Steinen rostartig ausgesetzter Zwischenraum bleibt, welcher mit Kohlenklein angefüllt wird. Das Feuer

tritt unten in die Heizwand ein und oben wieder heraus; Asche und Kohlenklein werden zurückgehalten.

Zum Brennen von feinen, sehr empfindlichen Waren benutzt man Muffeln von feuerfestem Stein, welche jede Verunreinigung durch Feuergase ausschließen (vgl. Terrakotten, S. 38).

Der Ofenbau selbst wird zum Schutz gegen Witterung mit einem Dach überdeckt; häufig wird dieses zur Ausnützung der über dem Ofen herrschenden Wärme zur Anlage von Trockengerüsten ausgebaut (vgl. Trockenanlagen, S. 22).

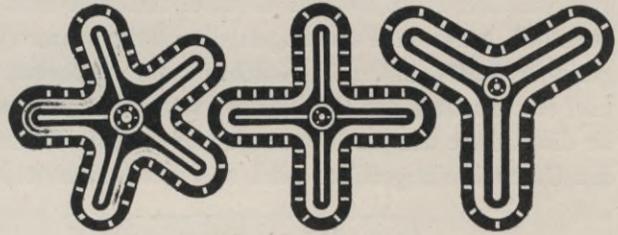


Abb. 37. Grundrißformen für Ringöfen.  
(Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

Um dem Ofen eine erhöhte Leistungsfähigkeit zu geben, baut man ihn mit 3, 4 oder 5 Schenkeln, wie die Abb. 37 zeigt. Derartige Anlagen haben den ferneren Vorzug, daß man den Brand je nach den Verhältnissen der Jahreszeit mit 1, 2 oder 3 Feuern führen kann und so in der Lage ist, den Betrieb nach Belieben herabzusetzen oder zu erhöhen. Bei beschränktem Bauplatz kann man den Ofen in Form eines Quadrates oder Rechteckes anlegen, wie Abb. 38 zeigt.

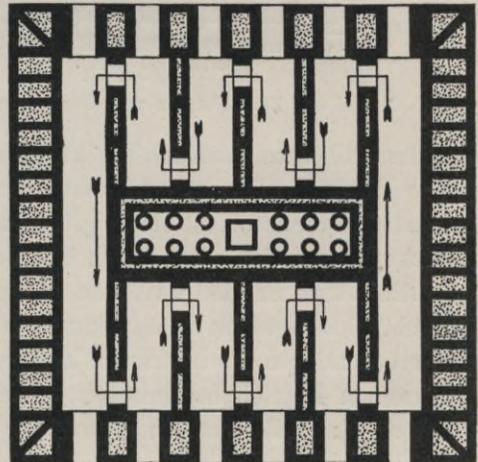


Abb. 38. Ringofen in Quadratform.  
(Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

Die Jahresleistung der Ringöfen bei 300 Brenntagen im Jahr steigt von einer halben bis etwa 8 Millionen Steine.

Statt der unmittelbaren Feuerung der Ringöfen durch Einstreuen von Brennstoff in das Brenngut kann man die Öfen auch mittels Gasfeuerung betreiben. Diese Art ist dort angebracht, wo es darauf ankommt, den ganzen Ofeninhalt mit besseren Waren (Verblender, Klinker, Falzziegel) anzufüllen, reinfarbige und von Aschenanflügen freie Ware zu bekommen, die höchsten Temperaturen (z. B. für Schamottewaren) zu erzielen oder minderwertige Brennstoffe (Torf, erdige Braunkohle)

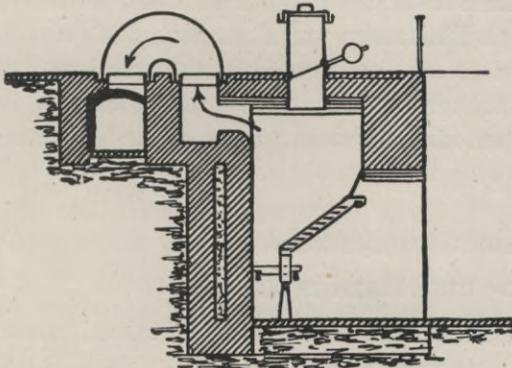


Abb. 39. Gaserzeuger, Feuerung I.

(Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

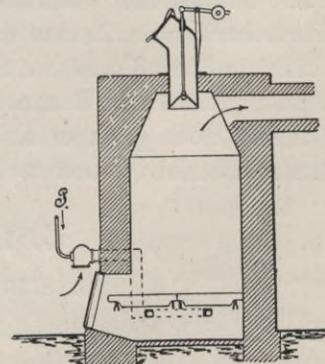


Abb. 40. Gaserzeuger, Feuerung II.

zu verwenden, welche geringen Heizwert, aber großen Wasser- und Aschegehalt haben. Die Gaserzeugung geschieht in besonderen schachtofenartigen Apparaten (Generatoren), von welchen das Gas in Kanälen den Öfen zugeführt wird. In den Gaserzeugern, von welchen Abb. 39 und 40 zwei Arten darstellen, wird der Brennstoff nicht, wie bei allen anderen Feuerungen direkt verbrannt, sondern er wird unter Anwendung geringer Luftmengen in Kohlenoxyd umgesetzt, welches dem Ofen zugeführt wird und erst dort an der Verwendungsstelle zur Verbrennung gelangt. Am meisten üblich ist die Anlage der Gasfeuerungen nach Abb. 41 und 42, bei welcher das Gas unterhalb der Ofensohle zugeführt wird und aus Schamottepeifen ausströmt, welche senkrecht

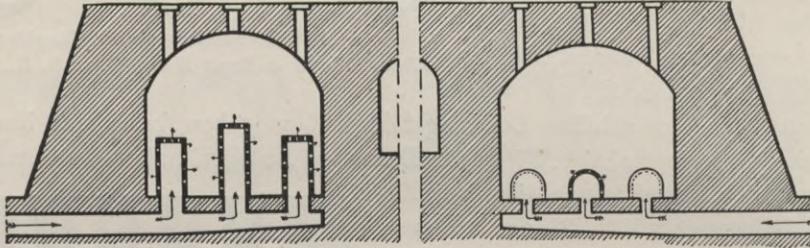


Abb. 41.

Abb. 42.

Abb. 41 und 42. Zwei Formen von Gasringöfen. (Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

im Ofen stehen und seitlich mit kleinen Löchern versehen sind. Sie füllen entweder die ganze Höhe des Ofenquerschnitts, oder wie hier, nur einen Teil derselben aus. Der Bedarf an Brennstoff ist etwas größer als bei unmittelbarer Streufeuerung; die geringen Mehrkosten werden aber durch die Vorzüge der Gasfeuerung reichlich ausgeglichen.

Ein Zwischenglied zwischen den periodischen Öfen und dem Ringofen stellt der in Abb. 43 und 44 im Schnitt und Grundriß dargestellte Kanalofen dar, der aus dem unter besonderen Verhältnissen auftretenden Wunsch entstanden ist, einen vorläufig für kleinen Betrieb bestimmten, erweiterungsfähigen Ofen zu bauen. Er ist ausgeführt als ein Teil eines Ringofens, der am vorderen Ende mit Rost und Feuerbrücke

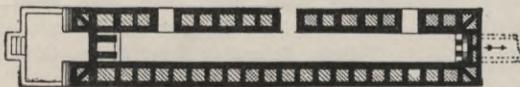


Abb. 43. Grundriß.



Abb. 44. Längenschnitt.

Abb. 43 und 44. Kanalofen. (Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

nach Art des Casseler Flammofens versehen ist und wie dieser in Brand gesetzt wird. Bei Fortschreiten des Feuers wird es durch Einstreuen von Brennstoff wie beim Ringofen bis zum Schluß geleitet. Seine Erweiterung kann je nach Bedarf erfolgen. Wenn auch naturgemäß der Brennstoffverbrauch größer ist als beim Ringofen, so ist er doch immer noch geringer als bei den periodischen Öfen, da er einen fast ununterbrochenen Betrieb gestattet.

## 6. Die einzelnen Steinarten.

### a) Hintermauerungs- und Hartbrandsteine.

Der Betrieb einer Ziegelei kann sich nur dann vorteilhaft gestalten, wenn die Herstellungskosten der Ziegel möglichst herabgesetzt werden, ohne daß die Güte der Ware leidet. Daraus ergibt sich für die Herstellung der gewöhnlichen Hintermauerungs-

steine, daß sich nur die Tonlager nutzbringend dafür verwenden lassen, welche ein unmittelbares Verarbeiten des Tons aus der Grube gestatten und sonstige kostspielige und zeitraubende Vorbereitungen desselben entbehren können. Ob Handbetrieb oder Maschinenziegelei am Platze ist, hängt von Umständen ab, deren Erörterung hier zu weit führen würde; letztere sind naturgemäß die leistungsfähigeren an Zahl der Steine. Ein Beispiel einer Handstrichziegelei gibt die Abb. 45.

Der Ton, der in größerer Entfernung von der Ziegelei gewonnen wird, wird in Kähnen angefahren, auf Schienengeleisen nach dem Tonschneider gebracht, und von dort ebenfalls auf Schienen mittels der Streichtische nach den Streichplätzen gefahren. Zwischen diesen liegen die Trockenschuppen, von denen die Steine in den Ringofen gelangen, um nach dem Brande auf die Kähne verladen zu werden.

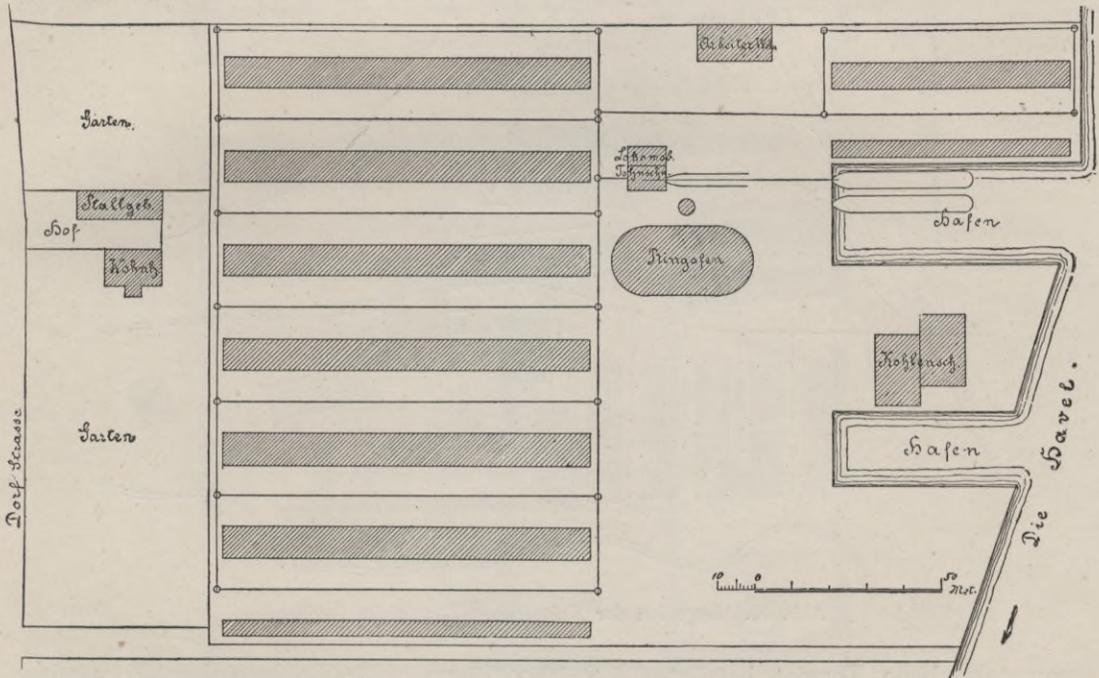


Abb. 45. Lageplan einer Handstrichziegelei.

Als Beispiel einer Ziegelei mit Maschinenbetrieb sei die Ziegelei Sr. Majestät des Kaisers in Cadinen bei Elbing angeführt. Abb. 46 stellt nach *Dümmeler*, Handbuch der Ziegelfabrikation den Lageplan, Abb. 47 und 48 Schnitt und Grundriß des Maschinenhauses dar.

Der Ton wird auf kleinen, mit Maschinenkraft gezogenen Wagen auf einer schiefen Ebene nach dem Obergeschoß des Maschinenhauses befördert, gelangt dort zunächst in ein Vorwalzwerk und von dort in einen liegenden Tonschneider, in dem er unter Beigabe von Wasser vorgemischt wird. Dann geht er durch ein Feinwalzwerk in die Strangpresse und wird auf Abschneidetischen von Hand in Steine geschnitten, die mittels Wagen nach den Trockenschuppen befördert werden. Die gebrannten Steine werden mittels einer besonderen Transportbahn nach dem Frischen Haff befördert und dort auf Schiffe verladen.

Wichtig für die Güte einer Steinsorte ist die Sorgfalt, mit der die gebrannten Steine ausgesondert werden. Um ein gutes, sauberes und gleichmäßiges Mauerwerk

zu erzielen, müssen die Steine eine gute äußere Form haben, gradlinig und vollkantig sein. Sie dürfen ebensowenig zu schwach gebrannt sein, was sich meist durch hellere Farbe und dumpfen Klang erkennen läßt, noch versintert oder geschmolzen sein; derartige Steine sehen dunkelbraun oder -grün und glasartig aus. Die Steine sollen beim Bruch ein gleichmäßiges Gefüge ohne Hohlräume, Tonknollen, Mergelstücke u. dgl. aufweisen und beim Aneinanderschlagen hell klingen. Sie müssen das jeweilig vorgeschriebene Format innehalten, da sonst bei kleinerem Format wegen der vorgeschriebenen Mauerstärken zu breite Fugen und damit größerer Mörtelbedarf und geringere Festigkeit des Mauerwerks eintritt. Das in Preußen für Regierungsbauten

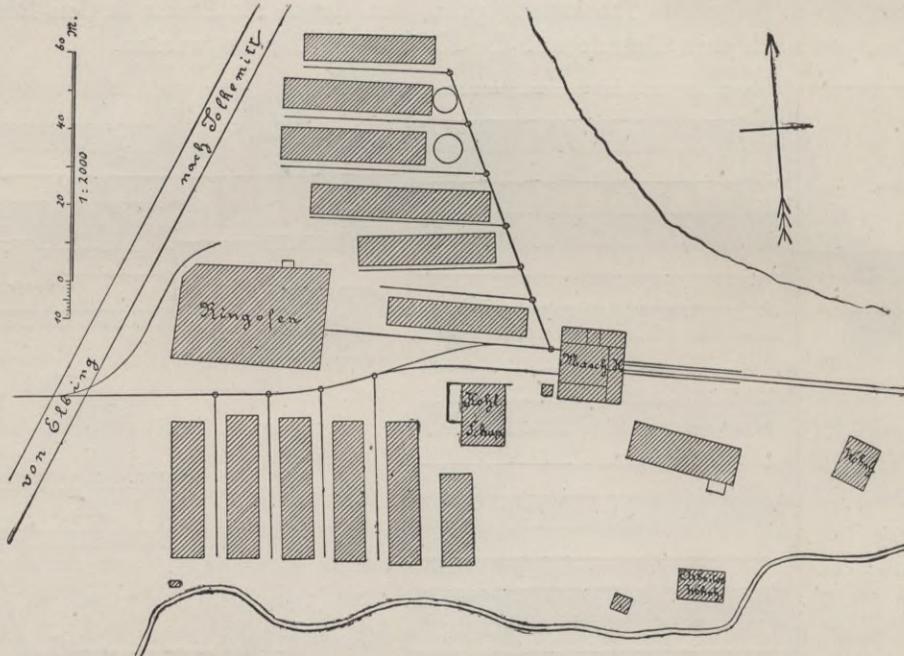


Abb. 46. Lageplan der Kaiserlichen Ziegelei in Cadinen.

vorgeschriebene Format beträgt  $6,5 \times 12 \times 25$  cm. Für Backsteinbauten werden nach Vorbildern des Mittelalters häufig Steine von sog. „Klosterformat“ verwandt, um eine größere ernste Wirkung zu erzielen. Ein einheitliches Format dafür läßt sich nicht festsetzen, da die mittelalterlichen Backsteine je nach der Gegend verschiedene Abmessungen zeigen; sie betragen im Mittel  $9 \times 14 \times 29$  cm; nach einem Erlaß des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten vom 10. Oktober 1902 sollen die für Staatsbauten zu verwendenden Klosterziegel 28,5 cm lang, 13,5 cm breit und 8,5 cm stark sein; die Fugenstärke ist mit 1,5 cm anzusetzen.

Nach *Issel*, Handlexikon der gebräuchlichsten Baustoffe sind die Ziegelformate der hauptsächlichsten Kulturländer folgende:

1. Amerika . . . . .	225	×	114	×	66,5 mm (nördlich Neu-England).
	219	×	114	×	63,5 „ (südlich Neu-England).
	222	×	985	×	60 „ (New Jersey).
	219	×	105	×	66,5 „ (New York).
	228	×	114	×	57 „ (Pensylvanien).
	241	×	117,5	×	66,5 „ (Südstaaten).
	260	×	130	×	65 „ (Mexiko).

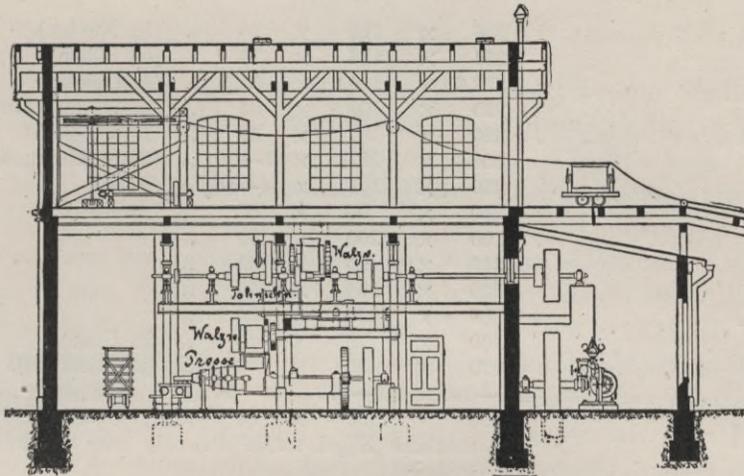


Abb. 47. Schnitt des Maschinenhauses.

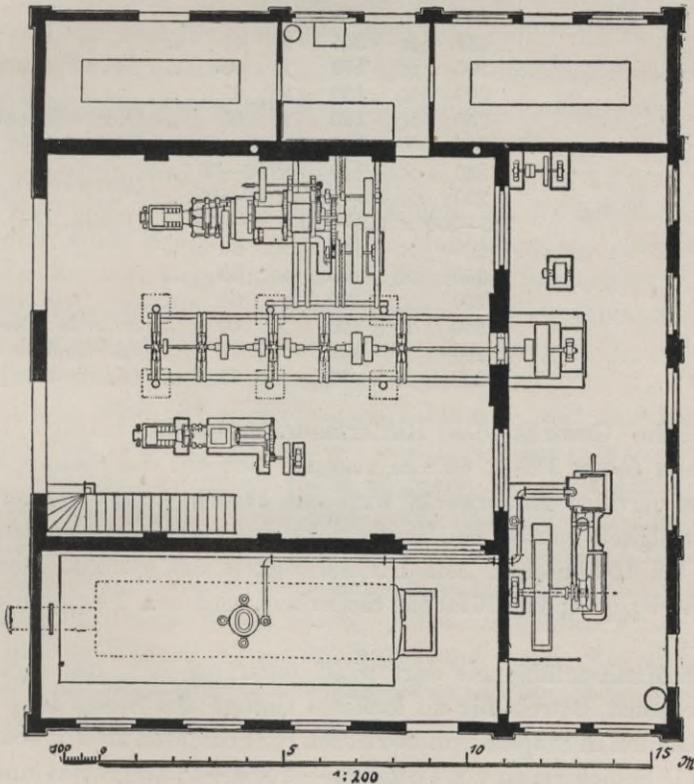


Abb. 48. Grundriß des Maschinenhauses.

Abb. 47 und 48. Kaiserliche Ziegelei in Cadinen.

2. Baden . . . . .	270	×	135	×	60	mm	(für gewönl. Backsteine).
	270	×	90	×	60	„	(für große Kaminsteine).
	270	×	90	×	90	„	(für sog. Kaminklötzchen).
3. Bayern . . . . .	320—340	×	160—162	×	60—67	„	„
4. Belgien . . . . .	220	×	105—110	×	50—60	„	(Mercilboecks u. Brabanter).
	150	×	73	×	38	„	(Derdelings).
	240	×	120	×	60—65	„	(Pflastersteine).
	220	×	105	×	50	„	(Waelsteine).

5. England . . . . .	236	×	115	×	76	„	(im Norden).
	254	×	124	×	76	„	(im Süden).
	228,6	×	114,3	×	63,5	„	(in London).
	229	×	109	×	65	„	(in Staffordshire).
6. Frankreich . . . . .	220	×	107	×	55	„	(Bourgogne).
	220	×	107	×	48—50	„	(Montereau und Solins).
	220	×	107	×	44—45	„	(Paris).
	210	×	95	×	50	„	(Sarellep).
7. Hamburg . . . . .	200	×	200	×	50	„	
	215	×	95	×	53	„	
	220	×	105	×	56	„	
8. Holland . . . . .	260	×	120	×	54	„	
	160	×	75	×	40	„	(in Ussel).
	170	×	80	×	40	„	(in Friedland).
9. Italien . . . . .	220—230	×	110—170	×	50—70	„	
	300	×	150	×	50	„	(gewöhnlich).
	Alte römische Ziegel waren dreieckig oder quadratisch in den Größen:						
	600	×	600	×	60	mm	
	450	×	450	×	50	„	
	220	×	200	×	40	„	
	457	×	305	×	44	„	
10. Österreich . . . . .	290	×	140	×	65	„	(Wiener Bauordnung).
	300	×	150	×	67	„	
11. Preußen . . . . .	250	×	120	×	65	„	(Normalformat).
	230	×	110	×	50—55	„	(Holstein).
	230	×	110	×	52—55	„	} (Unterweser).
	230	×	115—120	×	49—55	„	
	235—250	×	112—120	×	50—54	„	(Ostfriesland).
12. Spanien . . . . .	280	×	140	×	50	„	
	250	×	120	×	65	„	
13. Schweden . . . . .	250	×	120	×	65	„	
14. Schweiz . . . . .	250	×	120	×	60	„	(schweizer Normalformat).
15. Württemberg . . . . .	298	×	143	×	72	„	(gewöhnliche Steine).
	298	×	97	×	72	„	(Kaminsteine).

Das spezifische Gewicht des Hintermauerungssteins beträgt 1,6; bei dem Normalformat von  $250 \times 120 \times 65$  mm also das Gewicht des Steines 3,0 bis 3,1 kg. Das Gewicht des fertigen Mauerwerks wird mit 1600 kg/cbm angesetzt.

Die Druckfestigkeit beträgt bei Handstrichsteinen 90 bis 120 kg/qcm, bei Maschinensteinen 120 bis 160 kg/qcm. Die Druckfestigkeit des gewöhnlichen Mauerwerks beträgt 60 bis 80 kg/qcm; bei 10facher Sicherheit wird mit 7 kg/qcm zulässiger Belastung gerechnet.

Die Wasseraufnahmefähigkeit darf nicht mehr als 20% des eigenen Gewichts betragen, da sie sonst Beweis für zu lockeres Gefüge des Steins ist.

Die Steine werden in Stapeln von 200 Stück (12 Schichten zu  $4 \times 4$  Steinen +  $2 \times 4$ ) oder 250 Stück (15 Schichten zu  $4 \times 4$  Steinen +  $2 \times 4 + 2$ ) aufgesetzt und dürfen nicht mehr als 4% Bruch aufweisen. Abgenommene Stapel werden mit Kalkwasser besprengt.

Einige Tonlager ergeben härtere Steine bei schärferem Brand, sog. Hartbrandsteine. Ihre Herstellung ist dieselbe wie die der gewöhnlichen Mauersteine; ihr spezifisches Gewicht beträgt 1,8, das Steingewicht also 3,4 bis 3,5 kg. Ihre Druckfestigkeit schwankt zwischen 300 und 350 kg/qcm, die des mit verlängertem Zementmörtel hergestellten Mauerwerks 100 bis 120 kg/qcm, seine erlaubte Belastung bei 10facher Sicherheit ist also 12 bis 15 kg/qcm. Ihre sonstigen Eigenschaften entsprechen denen der Hintermauerungssteine.

## b) Klinker.

Für gewisse Teile der Bauten, wie z. B. schwerbelastete Pfeiler, Unterlager für eiserne Träger u. dgl. braucht man Steine von größerer Festigkeit als es die beiden bisherigen Arten waren; für andere Teile von Bauten — Gullys, Kellerpflaster, Brückenbauten u. dgl. — wasserundurchlässige Steine. Beide Eigenschaften vereinigen die Klinkersteine. Sie werden aus flußmittelreichen, stark kalkhaltigen Tonen hergestellt und sintern beim Brennen zusammen, ohne jedoch zu schmelzen. Daher ist ein großer Gehalt an reinem Tonstoff erwünscht, der bei den hier in Frage kommenden Temperaturen nicht schmilzt. Nur der Kalkgehalt des Tons verwandelt sich in geschmolzenen kieselsauren Kalk. Die Herstellung der Klinker ist im wesentlichen ähnlich der der gewöhnlichen Ziegel. Der Ton erfordert jedoch eine gründliche Vorbereitung und Verarbeitung; oft wird ihm feuerfester Ton zugesetzt. Das Formen muß mit großer Sorgfalt geschehen; daher werden die Steine oft noch nachgepreßt. Das Brennen geschieht in Öfen mit überschlagender Flamme oder in Ringöfen und ist deshalb schwierig, weil man, um die Zähigkeit des Steins zu erreichen, lange hohe und gleichmäßige Brenntemperaturen erhalten muß, ohne daß die Steine schmelzen dürfen. Bekannt sind die Rathenower roten Klinker und die Heegermühler und Birkenwerder gelben Klinker. Die Druckfestigkeit der Klinker beträgt 400 bis 600 kg/qcm, die des nur mit Zementmörtel herzustellenden Mauerwerks 130 bis 180 kg/qcm. Bei 10facher Sicherheit wird eine Belastung von 20 bis 30 kg/qcm zugelassen.

Eine besondere, neuerdings viel verwendete Art der Klinker sind die Eisenklinker, die sich durch große Zähigkeit und schöne dunkelbraune, metallisch glänzende Farbe auszeichnen. Zu ihrer Herstellung ist ein kalkfreier, möglichst eisenhaltiger Ton nötig, bei dem ebenfalls Sinterungs- und Schmelzpunkt weit auseinanderliegen müssen. Vorteilhaft ist der Zusatz von feuerfestem Ton. Bearbeitung der Rohstoffe, Formen und Trocknen entspricht der Herstellung gewöhnlicher Klinker. Das Brennen erfolgt fast ausschließlich in Öfen mit überschlagender Flamme, mit direkter Feuerung oder mit Gasfeuerung und muß ebenso wie die Abkühlung der gebrannten Steine mit großer Sorgfalt erfolgen, um die erforderliche Zähigkeit — im Gegensatz zur Sprödigkeit — zu erreichen. Die dunkle Farbe wird durch Bildung von Eisenoxydulsilikaten erreicht, indem bei höherer Temperatur das im Ton enthaltene Eisenoxyd bzw. Oxydul und ein Teil des Tones zusammensintern. Eisenklinker werden vorzugsweise in Norddeutschland (Oldenburg, Mecklenburg, Holstein) gebrannt und zu Verblendungen aller Art, und zu Pflasterungen von Wegen und Chausseen verwandt. Das Gewicht des Steines von Normalformat beträgt etwa 3,5 kg, seine Wasseraufnahme nach 12stündigem Liegen im Wasser 0,25 kg.

## c) Verblender und Formsteine.

Gewöhnliche Ziegelsteine eignen sich nicht zur Verwendung für Ziegelrohbauten, da sie einmal nicht sauber und glatt genug in Form und Farbe ihrer Ansichtsfläche sind, sodann aber — mit wenigen Ausnahmen — auch wegen ihrer infolge der rauhen Oberfläche nicht genügenden Wetterfestigkeit und Dauerhaftigkeit. Man stellt daher Steine her, die den beiden Ansprüchen in bezug auf Gleichmäßigkeit der Farbe und glatte, feste Oberfläche, die der Witterung standhält, genügen. Vorbedingung für derartiges Material ist naturgemäß ein vorzüglicher Ton, der hochplastisch, frei von jedem

Kalk und Mergel sein muß, und sich in bestimmter, reiner Farbe brennt. Durch Mischen von Tonen mit verschiedener Brennfarbe erhält man wieder neue Farbtöne. Die Behandlung des Tons ist eine äußerst sorgfältige: man schlämmt das Material, um etwaige Spuren von Kalk sicher zu entfernen, sumpft es, mischt es nötigenfalls oder magert es mit Schamottmehl. Dann durchläuft es ein Vorwalzwerk, ein bis zwei Tonschneider, ein Feinwalzwerk, wird in der Schneckenpresse zum Strang geformt, von Hand zerschnitten und sauber nachgepreßt. Man erzielt auch mit Nachschneiden

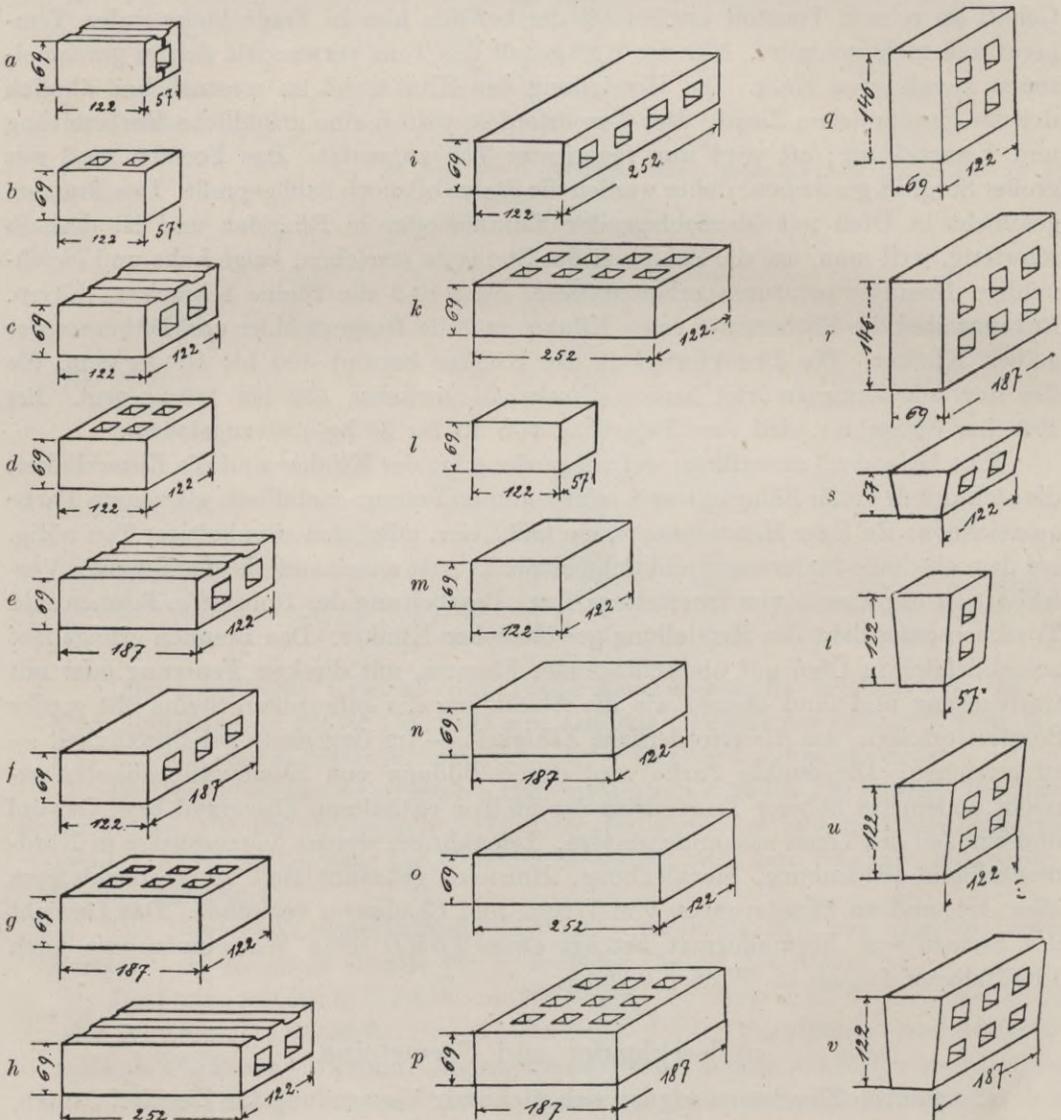


Abb. 49a bis v. 21 Formen von Verblendsteinen. (Rothersche Kunstziegeleien, G. m. b. H., Liegnitz.)

a Einviertel Riemchen (Spaltviertel). b Einviertel Eckstein. c Einhalber Läufer (Kopf). d Einhalber Eckstein. e Dreiviertel Läufer. f Dreiviertel Strecker. g Dreiviertel Eckstein. h Vierviertel Läufer. i Vierviertel Strecker. k Vierviertel Ecken. l Einviertel Vollstein. m Einhalber Vollstein. n Dreiviertel Vollstein. o Vierviertel Vollstein. p Dreiviertel Eckstein. q Einhalber Rollschichtstein. r Dreiviertel Rollschichtstein. s Einviertel Keilstein (kopfkeilig). t Einviertel Keilstein (langkeilig). u Einhalber Keilstein. v Dreiviertel Keilstein (kopfkeilig).

und Klopfen der lederharten Steine scharfe Kanten und glatte Seiten. Das Brennen geschieht meist in Gasöfen, in denen keine Verschmutzung der Farbe eintreten kann. Vielfach werden die Steine bei entsprechendem Rohmaterial auch in Trockenpressen geformt.

Zur Erzielung besonders feiner Farbtöne überzieht man die lederharten Steine mit einem feinen Tonbrei, der aber dasselbe Schwindemaß besitzen muß wie der Ton des Steines selbst. Dieser Überzug — Engobe genannt — brennt in den Stein ein und liefert eine ebene, etwas glänzende, dichte Oberfläche. Man nennt diese Steine engobierte Verblender.

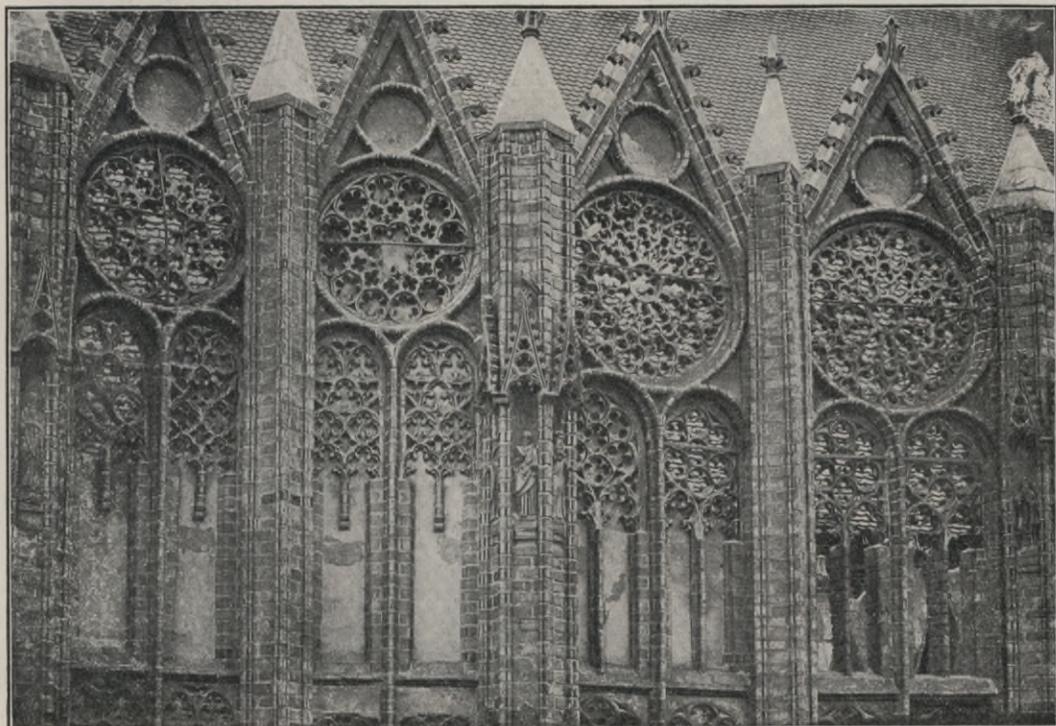


Abb. 50. Südgiebel der Katharinenkirche in Brandenburg a. H.

Einen noch wirksameren Schutz gegen Witterungseinflüsse bilden die Glasuren; gleichzeitig gestatten sie die Anwendung bunter, leuchtender Farben. Sie sind in ihrer Zusammensetzung den Gläsern verwandt und bestehen, je nach der Farbe, aus Bleioxyd, Zinkoxyd, Eisenoxyd, Magnesia, Kalk, Baryt, Kali und Natron. Sie werden im nassen Zustande auf die bereits gebrannten Waren mittels Auftrages mit dem Pinsel oder durch Eintauchen aufgebracht und schmelzen beim nochmaligen Brennen ein. So dauerhaft gute Glasuren sind, so schädlich sind fehlerhafte, bei denen der Überzug Haarrisse aufweist. In ihnen setzt sich die Feuchtigkeit fest und zerstört durch Ausfrieren die ganze Oberfläche des Steins.

Die Behandlung einer Fassade mit Verblendern verlangt auch die Herstellung der Gesimse und ähnlicher Bauglieder aus demselben Stoff. Die Anfertigung derartiger Profilsteine ist dieselbe wie die der Verblender; es weist nur das Mundstück der Strangpresse bzw. die Trockenpresse das entsprechende Profil auf. Stücke, welche sich damit noch nicht herstellen lassen, wie Ecken, unterschnittene Profile und ähn-

liches, werden freihändig nachgeschnitten. Man gibt den Verblendern etwas größere Abmessungen als den gewöhnlichen Ziegelsteinen, um schmalere Fugen zu erhalten. Abb. 49a bis v geben die üblichen Formen und Benennungen der glatten Verblender aus den *Rotherschen Kunstziegeleien* in Liegnitz an.

Die Verwendung der Verblender zum Fassadenbau ist der Mode unterworfen und wird bei der jetzt herrschenden Kunstanschauung, welche das malerische, in verschiedenen Farbentönen spielende Element der Handstrichsteine gegenüber dem peinlich gleichmäßigen, etwas nüchternen Aussehen der Maschinenverblender bevorzugt, stark von jenen verdrängt. Der Einwurf, daß die Handstrichsteine mit ihrer rauheren Oberfläche nicht so widerstandsfähig gegen Witterungseinflüsse seien wie die glatten Verblender, läßt sich, bei sonst guter Herstellung der Steine, durch den Hinweis auf die Dauerhaftigkeit mittelalterlicher Backsteinbauten entkräften. Allerdings war die Ziegeltechnik im Mittelalter hoch entwickelt und hat in den Bauten des XV. und XVI. Jahrhunderts ein glänzendes Zeugnis ihrer Reife abgelegt. Bis zu welcher Vollendung und graziösen Kühnheit sie es gebracht hat, davon möge Abb. 50, die den Südgiebel der Katharinenkirche zu Brandenburg a. H. darstellt, eine Vorstellung geben, die um so eindrucksvoller sein wird, wenn man bedenkt, mit welchen technisch unvollkommenen Mitteln man damals arbeitete.

#### d) Terrakotten.

Der Wunsch nach reicherer Ausbildung der Ziegelrohbaufassaden mit verzierten Gliedern führte zur Anfertigung der Terrakotten, die die Anbringung der verschiedenartigsten Ornamente in Reliefart, wie Füllungen, Friese, Gesimsverzierungen, Schlußsteine von Bogen und Gewölben oder freistehend wie Säulenkapitale, Kragsteine, Kreuzblumen, Vasen und Figuren, gestattete, und dabei gleichzeitig der künstlerischen Eigenart des Erbauers freie Hand ließ. Entsprechend der Feinheit der Ausführung der Waren muß der zu verwendende Ton ein sehr reiner, hochplastischer sein. Das Formen geschieht bei einmalig herzustellenden Stücken sehr oft durch Bearbeitung und Modellierung eines lufttrockenen Blockes; im allgemeinen jedoch durch Formen in Gips. Um der zu starken Schwindung voll anzufertigender Terrakotten vorzubeugen, stellt man den Kern der Ware oft aus einem mit Quarzsand oder Schamotteklein gemagerten Ton her und überzieht die Oberfläche mit einer dünnen Schicht fetteren, sich in der Farbe gut brennenden Tones. Größere Terrakotten werden hohl hergestellt, indem mit der Hand in die Gipsform ein an allen Teilen möglichst gleichstarker Auftrag von Ton eingebracht wird. Das Trocknen muß langsam und vorsichtig geschehen, um einem Verziehen und Reißen der Waren vorzubeugen. Besondere Sorgfalt ist auf das Einsetzen in den Ofen und das Brennen zu legen, besonders bei größeren Stücken. Man bedient sich daher zum Brand von Terrakotten nicht der Dauerbrandöfen, sondern der periodischen Öfen, und zwar am besten der Gasöfen, die die Reinheit der Farbe beim Brand am ersten gewährleisten. Beim Brennen im Ofen mit Kohlenfeuerung werden die Waren in einer entsprechenden Umhüllung bzw. Kapsel eingesetzt, um sie vor Beschädigungen durch Flugasche zu schützen. Das Aufbringen von Glasuren geschieht in derselben Weise wie bei den Verblendsteinen. Die Abb. 51 bis 54 geben einige Beispiele, bis zu welcher Feinheit der Behandlung der Terrakotten man gehen kann.



Abb. 51. Terrakotta: Rechteckfüllung.



Abb. 52. Terrakotta: Maske.

(Rotherse Kunstziegeleien, G. m. b. H., Liegnitz.)

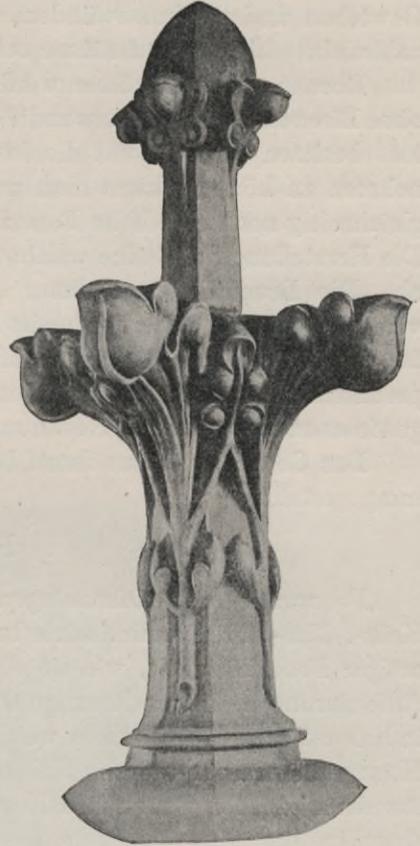


Abb. 53. Terrakotta: Kreuzblume.

### e) Poröse Steine; Deckensteine.

Zur Erzielung größerer Leichtigkeit der Mauersteine unbeschadet ihrer sonstigen Festigkeit setzt man dem Ton bei der Mischung verbrennbare Stoffe zu, wie Sägespäne, Kohlenklein, Lohe u. dgl. Da diese Zusätze magernd wirken, muß der Ton selbst gut plastisch sein. Die Steine trocknen wegen der Auflockerung des Tons schnell aus und verbrauchen wenig Brennmaterial, da die in ihnen enthaltenen Zusätze selbst brennen. Ihre Herstellung unterscheidet sich sonst nicht von der der gewöhnlichen Ziegelsteine. Vielfach werden sie auch als Lochsteine (Löcher in der Längsrichtung!) angefertigt. Das Gewicht eines porösen Steins von Normalformat beträgt 2 kg, das eines lochporösen 1,35 kg. Das Gewicht des aus ihnen hergestellten Mauerwerks beträgt 1200 bzw. 1000 kg/cbm. Ihre Festigkeit ist gering, sodaß man sie zu tragenden Mauern nicht verwenden kann. Sie eignen sich dagegen vorzüglich zur Ausmauerung von Eisenkonstruktionen zu



Abb. 54. Terrakotta: Vase.

(Rotherse Kunstziegeleien,  
G. m. b. H., Liegnitz.)

Gewölben und zu Innenwänden, besonders da sie wegen der in ihnen enthaltenen zahlreichen kleinen Lufträume schlechte Wärme- und Schalleiter sind.

Ebenso wie zu Gewölben werden sie zur Herstellung scheidrechter Decken mit und ohne Eiseneinlagen viel verwandt. Da sie für diesen Zweck jedoch eine größere Festigkeit besitzen müssen, um die in diesen Konstruktionen auftretenden Drucke aufnehmen zu können, kann man nur hochplastische, fette Tone dazu verwenden, die gleichzeitig noch eine hohe Feuerfestigkeit aufweisen, wie z. B. die Braunkohlentone. Die Herstellung der Steine weicht im einzelnen nicht von der der vorherbeschriebenen ab. Die Druckfestigkeit dieser Steine, die je nach der Konstruktionsart in den verschiedensten Formen — meist als Lochsteine — hergestellt werden, beträgt etwa 200 bis 275 kg/qcm. Bei Berechnungen ebener Steindecken werden laut Erlaß des preußischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten vom 24. Mai 1907 mit  $\frac{1}{6}$  der nachgewiesenen Festigkeit in Rechnung gestellt.

Das Gewicht der aus ihnen hergestellten Decken wird mit 900 kg/cbm in Rechnung gestellt.

#### f) Feuerfeste Steine<sup>1)</sup>.

Feuerungs- und Ofenanlagen mannigfacher Art, z. B. in der Ton-, Zement-, Kalk-, Glas- und Eisenindustrie bedürfen zu ihrem Bau eines Steinmaterials von derartiger Feuerfestigkeit, wie sie die gewöhnlichen Ziegel nicht mehr aufweisen. Die Anforderungen, die an derartige Steine gestellt werden, sind etwa folgende: Sie sollen in hohen Temperaturen nicht weich werden oder schmelzen; sie sollen bei wechselnden Hitzegraden raumbeständig bleiben, nicht reißen oder locker werden, sie sollen widerstandsfähig gegen Druck und Rost bleiben und in einzelnen Fällen den chemischen Angriffen der mit ihnen in unmittelbare Berührung kommenden Stoffe, z. B. flüssiger Schlacke, flüssiger Metalle, flüssigen Glases und ähnlicher, widerstehen.

Einen Stein, der allen Anforderungen gleichmäßig entspricht, gibt es nicht; wohl aber eine Reihe von Steinen, die den einzelnen oder mehreren der obigen Bedingungen genügen. Vergegenwärtigt man sich, daß die reine Tonsubstanz ( $Al_2O_3$ ,  $Si_2O_5$ ) schwer schmelzbar ist, daß dagegen die in den Tonlagern oft enthaltenen Beimengungen von Eisenoxyd, Kalk, Alkalien usw. den Schmelzpunkt herabsetzen (daher als Flußmittel bezeichnet), so folgt daraus, daß zur Herstellung feuerfester Steine nur Tone in Betracht kommen, die möglichst rein sind und wenig Flußmittel ( $1\frac{1}{2}$  bis 3%) enthalten. Dies sind, wie oben schon bemerkt, die Tonlager der Braunkohlenformation, die mehr oder weniger plastisch sind, und die wertvolleren, in fester Form auftretenden Lager der Steinkohlenformation, die sog. Schiefertone (Oberschlesien, Rheinland, Böhmen, Schottland, Schweden usw.). Da nun aber derartig fette Tone sehr stark schwinden und reißen, so stellt man die Steine in der Weise her, daß man gebrannten Ton zerkleinert, mit ungebranntem plastischen wieder vermischt und daraus Steine formt. Die zerkleinerte Masse heißt Schamott; sie bildet den wesentlichen Bestandteil der Schamottsteine. Ihre Herstellung stellt sich nun so dar, daß man aus dem gut gesumpften und gemischten feuerfesten Ton Steine formt, diese sorgfältig trocknet, brennt und dann in Zerkleinerungsvorrichtungen (Kollergängen, Kugelmühlen usw. [vgl. diese]) zu gröberem oder feinerem Korn vermahlt. Dieses Schamottkorn wird

<sup>1)</sup> Zum Teil nach: Arten, Fabrikation und Anwendung feuerfester sowie säurefester Steine von Emil Deckert, Berlin NO.

wieder mit frischem Ton innig vermischt, und aus diesem Gemenge werden meist mittels Handformerei oder in Handpressen Steine geformt, nötigenfalls unter Benutzung einer Nachpresse. Das Trocknen geschieht in ähnlicher Weise; der Brand erfolgt am besten in Gasöfen, in denen sich hohe Temperaturen von 1300 bis 1500° C lange und gleichmäßig halten lassen; das Abkühlen erfolgt langsam und unter den nötigen Vorsichtsmaßregeln, um Risse und Sprünge zu verhüten. Abb. 55 veranschaulicht die Aufstellung von Schamottwaren verschiedener Art zum Brand im Gasofen.

Das spezifische Gewicht der Schamottsteine beträgt etwa 1,8. Sie sollen scharf gebrannt und hellklingend sein; ihre Farbe ist weißlichgelb bei gelbbraunem bis rötlichem, deutlich porigem Bruch, der die einzelnen Schamottkörner erkennen läßt. In sehr hohen Hitzeegraden, die die Brenntemperatur der Schamottsteine überschreiten, beginnt der Stein zu schwinden. Man benutzt nun die Eigenschaft des Quarzes, in der Hitze seinen Rauminhalt zu vergrößern, um durch Mischen von Schamottmehl und Quarz ein gegenseitiges Aufheben der beiden Eigenschaften zu erzielen und damit Steine zu schaffen, die sehr hohen Hitzeegraden standhalten, ohne sich auszudehnen oder zu schwinden, was für Gewölbe in Feuerungsanlagen von großer Wichtigkeit ist. Diese Steine nennt man Quarzschamottsteine. Zu ihrer Herstellung darf nur grobkörniger Quarz verwandt werden, da fein verteilter leichter schmilzt. Ihre Herstellung entspricht denen der Schamottsteine.

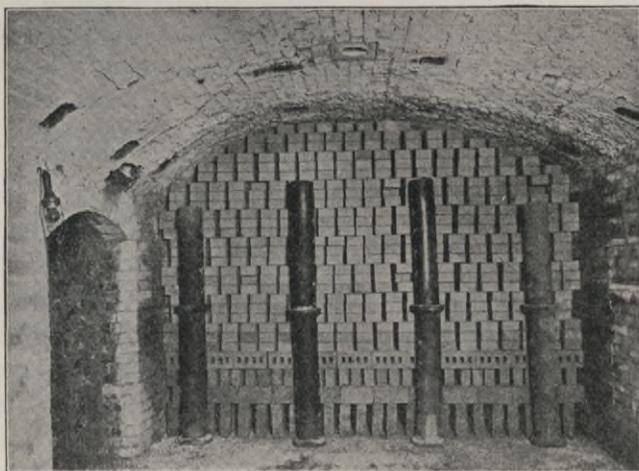


Abb. 55. Gasringofen mit Schamotteinsatz.  
(Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

Jedoch lassen sich nicht überall an Stelle der reinen Schamottsteine Quarzschamotten verwenden, da ihre chemische Reaktion eine andere ist. Jene, die die Kieselsäure nur im gebundenen Zustand (im Tonerdesilikat) enthalten, wirken bei einem Gehalt an Tonerde bis etwa 30% basisch, diese infolge ihres höheren Gehalts an Kieselsäure (und entsprechend geringerem an Tonerde) sauer. Da nun für sauer reagierende Stoffe keine basischen Steine verwandt werden dürfen und umgekehrt, ist der Verwendung beider Arten dadurch ihre Grenze gesetzt.

Für einzelne Zweige der Eisenindustrie — Bessemerbirnen und Martinöfen — ist ein unbedingt sauer reagierender Stein erforderlich, der gleichzeitig keinerlei Schwindung oder Weichwerden zeigen darf: da die Quarzschamottsteine hierfür noch nicht genügen, stellt man Steine aus reinem Quarz her, sog. Silika- oder Dinassteine. Als Bindemittel für diesen benutzt man entweder feuerfesten Ton (deutsche Dinas) und erreicht damit nur einen Kieselsäuregehalt von etwa 85 bis 90%, oder Kalkmilch (englische Dinas), wodurch sich der Gehalt an Kieselsäure auf etwa 97% steigert. Ihre Herstellung geschieht, indem man gereinigten Quarz unter hoher Temperatur

im Ofen glüht, damit er seine größtmögliche Ausdehnung erreicht, mahlt und mit Ton oder mit Kalkmilch zu einer steifen Masse anmacht, in Formen preßt und sie nach sorgfältiger Trocknung bei etwa 1500° C brennt.

Allgemein unterscheidet man folgende Arten feuer- und gleichzeitig auch säurefester Steine:

1. hochbasische: beste quarzfreie Schamottsteine mit etwa 40 bis 45% Tonerdegehalt; Schmelzpunkt zwischen 1650 und 1700°;
2. basische: quarzfreie Schamottsteine mit etwa 30 bis 40% Tonerdegehalt; Schmelzpunkt zwischen 1650 und 1700°.
3. saure: Quarzschamottsteine, auch quarzfreie, mit weniger als etwa 30% Tonerdegehalt; Schmelzpunkt 1700 bis 1800°.
4. hochsaure: Dinassteine, Schmelzpunkt etwa 1850°.

Die Herstellung feuerfester Steine aus Magnesit erfolgt in der Weise, daß er sinterhart gebrannt, gemahlen, mit Teer gebunden, in Formen gepreßt und die Steine in hohen Temperaturen zu einem festen, metallisch klingenden Stein gebrannt werden. Der Magnesitstein gehört zu den basischen Steinen und hat einen bedeutend höheren Schmelzpunkt als die besten Schamott- und Dinassteine, verträgt aber Temperaturwechsel nicht so gut wie jene. Seine Verwendung findet er zur Ausmauerung von Martin- und Hochöfen sowie für Bessemerbirnen.

#### g) Tonrohre.

Wegen der verschiedenen Mängel der gemauerten Rauch- und Abluftrohre, besonders für chemische Laboratorien und Fabriken, verwendet man mit Vorteil glasierte Tonrohre rechteckigen Querschnitts (System Soltau), welche eine glatte, wasserundurchlässige, hitze- und säurebeständige Innenwandung besitzen. Ihre Herstellung erfolgt aus feuerfesten Tönen, welche ein Jahr lang den Witterungseinflüssen ausgesetzt werden und dann in gemauerten Sümpfen lagenweise mit Schamottmehl und Wasser gemengt, etwa 8 Tage liegen bleiben. Dann geht der Ton durch einen Naßkollergang, ein Feinwalzwerk und einen Tonschneider; der austretende Strang wird zu Ballen zerschnitten, in gemauerten Gruben nochmals einige Tage abgelagert und im Tonschneider nochmals aufgeschnitten. So vorbereitet kommt er in die Rohrpressen, aus welchen die Rohre unter etwa 80 Atmosphären gepreßt stehend herauskommen. Auf den Trockenböden werden sie mit einer säurebeständigen Glasur versehen, nach etwa 14 Tagen in die Brennöfen (Casseler Flammöfen mit überschlagender Flamme) gebracht und dort bis zur Weißglut (1400°) 3 bis 4 Tage lang gebrannt. Das Abkühlen des Ofens geschieht langsam unter besonderen Vorsichtsmaßregeln und erfordert bis zum Austragen etwa 7 Tage. Die von der *Bunzlauer Tonröhren- und Schamottwarenfabrik Hoffmann & Co.* hergestellten Rohre werden als einfache, doppelte und dreifache Rohre geliefert, in Abmessungen von 100/95 mm bis 485/485 mm und Längen von 0,70 m (= 9 Ziegelschichten) bzw. 1,0 m (= 13 Ziegelschichten). Die Rohre stoßen mit stumpfem Stoß oder mit schrägem Falz aufeinander und werden mit säurefestem Kitt (Mennige und Glycerin) verstrichen. Kniestücke, Abzweige u. dgl. werden ebenfalls geliefert.

## B. Ungebrannte Steine.

Außer den gebrannten künstlichen Steinen wird noch eine große Anzahl von ungebrannten hergestellt, teils um örtlich vorhandene Rohstoffe auszunutzen, teils auch, um Steine mit besonderen Eigenschaften herzustellen.

### 1. Lehmsteine.

Sehr stark sandhaltige Tone (Lehme), meist durch Eisenoxydhydrat gelb bis braun gefärbt, die beim Brennen eine ungenügende Festigkeit der Ware ergeben würden, benutzt man in ganz einfachen Verhältnissen, z. B. untergeordneten ländlichen Gebäuden, zur Herstellung von Steinen. Sie werden mit Zusatz von kleingeschnittenem Stroh geformt, welches das Reißen beim Trocknen verhindern soll, an der Luft getrocknet und mit Lehmörtel vermauert. Ihre Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse ist naturgemäß eine sehr geringe; man darf sie daher nur unter stark überhängenden Dächern oder für Innenwände verwenden.

### 2. Gipssteine.

„Man begann<sup>1)</sup> im Südharz zuerst, veranlaßt durch den hohen Preis und die häufig schlechte Beschaffenheit der Mauerziegel, mit der Herstellung von Ziegeln im Normalformat aus Estrichgips (siehe S. 232). Da man mit diesen in bezug auf Festigkeit und Wetterbeständigkeit vorzügliche Erfahrungen machte, ging man dazu über, erst große Quadern, dann auch profilierte Werkstücke aller Art, Gesimse, Sockel, Fenstergewände und Fenstersohlbänke usw. aus der gleichen Masse herzustellen, ebenso wurden tragfähige Gipsdielen (siehe unten) daraus angefertigt. Die aus diesen Baustoffen hergestellten Gebäude haben sich in bezug auf Dauer, Festigkeit und Wetterbeständigkeit in dem sicher nicht günstigen Klima des Harzes vorzüglich bewährt. Nach dem weiter unten über die Wetterfestigkeit des Estrichgipses Ausgeführten war dies nicht anders zu erwarten; wenn die aus Estrichgipsquadern hergestellten Wände noch mit einem wasserdichten Anstrich (Leinöl oder Paraffinlösung) versehen sind, werden sie nur von Granit oder guten Klinkern an Wetterfestigkeit erreicht, während sie die üblichen Bausteine, Sandstein, Kalkstein und Mauerziegel bei weitem übertreffen. Bei guter Isolierung gegen Erdfeuchtigkeit zeichnen sich Wände aus Gipsquadern vor den aus andern Baustoffen hergestellten durch ihre Trockenheit aus. Neuerdings haben Untersuchungen von alten Bauwerken des nordwestlichen Deutschlands ergeben, daß solche Gipsquadern schon vor mehr als 500 Jahren, selbst als Fundamentmauerwerk verwandt worden sind und sich vorzüglich erhalten haben. Namentlich wirkt der Frost bei weitem nicht so leicht zerstörend wie bei porösem Sandstein und Ziegelsteinen, was wohl darin seinen Grund haben dürfte, daß die Oberfläche der Gipskunststeine viel schneller trocken und wasserfrei wird, als die der andern porösen Baumaterialien.“

Über Art und Eigenschaften des hier zur Verwendung gelangenden Rohstoffes, des Gipses, siehe Abschnitt XII, Stuckarbeiten. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß

<sup>1)</sup> Aus dem vom Deutschen Gipsverein herausgegebenen „Kleinen Gipsbuch“ S. 75ff.

für die Herstellung der Werksteine aus Gips nur der auf 900 bis 1000° gebrannte Estrichgips in Frage kommt, der, mit Wasser angemacht, langsam erhärtet, dann aber einen hohen Grad von Festigkeit bekommt. Die Herstellung der Steine ist einfach; in hölzerne, mit Blech ausgeschlagene und zum Auseinandernehmen eingerichtete Formen wird die zu einem dicken Brei mit Wasser angerührte Masse gegossen, erhärtet in 1 bis 2 Tagen und wird durch Auseinandernehmen der Form entnommen. Man stellt die Steine entweder mit reinem Gips her oder mit Zusatz von reinem, lehmfreiem Kies oder Sand (zu gleichen Teilen), Ziegelbrocken, Hochofenschlacke od. dgl. (Annalithsteine). Durch Zusatz von Farbstoffen kann dem sonst grauweißen Stein beliebige Färbung gegeben werden. Die von der Firma *Cordes & Co.*-Hannover hergestellten „Leichtsteine“ bestehen aus Estrichgips, Koksgrus und Torfmull unter Zusatz von Bariumwasser und Bariumkarbonat; statt des Torfmulls werden neuerdings Holzmaschinenhobelspäne verwandt.

Während die Verwendung der Gipsbausteine mehr oder weniger auf die Gegenden beschränkt geblieben ist, in denen der Gips gefunden wird (Harz), haben andere Formen des Gipssteins eine allgemeinere Verbreitung gefunden, das sind die Gipsdielen. Unter diesen versteht man brettartige Platten in Stärken von 2 bis 12 cm, Breite von 25

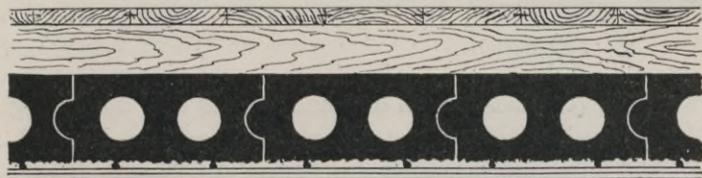


Abb. 56. Gipsdielen [Querschnitt].  
(*A. & O. Mack-Ludwigsburg* [Württemberg].)

bis 40 cm und Längen von 2 bis 2½ m, die aus Estrichgips unter Beimischung von teils porösen Stoffen, wie Kork, Asche, Haare, Pflanzenfaser u. dgl. — teils die Biegefestigkeit erhöhenden Stoffen, wie Rohr, Binsen, Bambus- oder Kokosfasern hergestellt werden. Platten unter 5 cm Stärke werden voll, über 5 cm mit zylindrischen Hohlräumen, alle Platten mit Nut bzw. Falz versehen (siehe Abb. 56). Ihr Raumgewicht beträgt 700 kg/cbm. Bekannt sind die Gipsdielen der Firma *A. & O. Mack-Ludwigsburg* (Württemberg).

Die Gipsdielen eignen sich infolge ihrer Eigenart als schlechte Wärme- und Schallleiter, sowie ihres leichten Gewichts und ihrer Feuersicherheit wegen zu den verschiedenartigsten Zwecken im Bau: als leichte Zwischenwände, Verkleidungen von Eisenkonstruktionen, Zwischendecken, Ausmauerung von Fachwerken, Herstellung von Dächern u. dgl. Begünstigt wird ihre Verwendung durch die leichte Art der Verarbeitung, da sie sich bequem schneiden, sägen und nageln lassen. Eine Unterlage von Asphaltpappe dient bei einigen Fabrikaten zur Erhöhung der Isolierfähigkeit. Bei ihrer Verwendung empfiehlt es sich, für Abhaltung jeder Feuchtigkeit dauernd Sorge zu tragen. Als Mörtel dient entweder eine Mischung von Kalkmörtel und Gips oder reiner mit Leimwasser angemachter Gips.

### 3. Zementkunststeine.

In entsprechender Weise wie mit Gips werden auch Kunststeine mit Zementzusatz hergestellt. Sie dienen als billiger Ersatz für natürliche Werksteine und für Mauerziegel; neuerdings hat ihre Verwendung für die Zwecke des Tief- und Straßenbaues sehr zugenommen, wo sie als Plattenbeläge, Rohre für Kanalisation, elektrische

Kabel, Einsteigeschächte, Rinnen und ähnliches viel verwandt werden. Die Anfertigung von Mauersteinen aus Zement und Sand soll sich bei Bauten, bei denen die Anfuhr von Tonziegeln sehr teuer war, und wo sich guter scharfer Sand vorfand, an Ort und Stelle gut bewährt haben (Krankenhaus Reppen).

Ihre Herstellung geschieht ähnlich der der Gipssteine in hölzernen mit Eisenblech ausgeschlagenen oder ganz eisernen, zerlegbaren Formen, in welche die aus 1 Teil gutem, langsam bindenden Zement und 2 bis 3 Teilen reinem Sand oder Kies bestehende Mischung eingebracht und festgestampft wird. Nach dreitägigem Erhärten werden die Steine vorsichtig von der Form befreit und erhärten nun unter beständiger Feuchthaltung innerhalb 4 bis 5 Wochen zu festen, sandsteinähnlichen Gebilden. Viel verwandt werden in dieser Weise hergestellte Treppenstufen, welche zur Erhöhung der Festigkeit eine Eiseneinlage in Form eines L- oder J-Eisens erhalten. Bei der Herstellung wird zweckmäßig zuerst eine fettere Zementmischung, etwa im Verhältnis 1 : 1 in die Form eingebracht, um die Ansichtsflächen des Steins fester und sauberer zu erhalten. Ein Färben der Steine durch Zusatz von Farbstoffen empfiehlt sich wegen der dabei meist eintretenden Verminderung der Festigkeit nicht; einige Farben lassen sich durch Verwendung von fein gemahlenem, farbigem Sandstein als Zuschlagsmittel erzielen. Die Steine zeichnen sich durch große Gleichmäßigkeit und Festigkeit aus, stehen aber an Frische und Lebendigkeit des Aussehens den natürlichen Werksteinen erheblich nach.

Eine besondere Art der Zementkunststeine bilden die Dübelsteine, welche als Ersatz für die zusammentrocknenden und dann nicht festsitzenden Holzdübel für Türfutter, Holzpaneele u. dgl. dienen. Während eine Art derselben, die *Katzchen* Dübelsteine (Waiblingen, Württemberg) aus einem in den Abmessungen eines halben oder Dreiviertel-Normalsteins gehaltenen Betonsteins mit innig daran befestigtem Holzklötzchen besteht, werden andere Arten (*Adler-Lankwitz* bei Berlin, „Summus“ von *Zürn* in Cassel) aus einem Gemisch von Koksasche, Sand, Holzsplittern oder Sägespänen und Zement hergestellt, in Formen gepreßt und mit bestem Pflanzenöl getränkt. Sie lassen sich gut vermauern und sind raumbeständig, Nägel und Schrauben lassen sich leicht einbringen; der Mörtel haftet an der rauhen Oberfläche gut.

Entsprechend den Gipsdielen hat man auch Zementdielen hergestellt, deren Formen und Verwendung ähnlich wie bei jenen sind. Die zur Isolierung gegen Schall, Wärme oder Feuchtigkeit oder für dünne Zwischenwände benutzten Zementdielen werden in einer Stärke von 1,75 bis 4 cm, Breite von 25 bis 40 cm und Längen von 1 bis 2,5 m aus bestem Portlandzement in Verbindung mit Koks, Sand oder Bimskies und Einlage von Weidengeflecht oder Drahtgeflecht und Beimischung von Rohr, Sägespänen und Ähnlichem hergestellt; ihr Raumgewicht beträgt je nach ihren Beimischungen 900 bis 1100 kg/cbm. Das Mischungsverhältnis ist gewöhnlich 1 Teil Zement zu 5 Teilen Sand und Zuschlägen.

Die zur Herstellung tragender Decken benutzten Zementdielen sind 8 bis 10 cm stark, 20 bis 30 cm breit und 1,50 m lang. Zur Verminderung des Gewichts sind Hohlräume angebracht, ähnlich wie bei den Gipsdielen. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit sind in der unteren Hälfte Bandeisen eingelegt, welche die Zugspannungen aufnehmen. Das Raumgewicht der meist mit reinem Quarzsand hergestellten Zementdielen beträgt je nach der Form und Zahl der Hohlräume 1000 bis 1400 kg/cbm. Sie besitzen im Ver-

hältnis zu ihrem geringen Gewicht eine hohe Tragfähigkeit und lassen sich leicht und schnell verarbeiten; als Mörtel wird reiner Zementmörtel 1:3 benutzt. Am bekanntesten sind die *Stolteschen* Zementdielen, Berlin.

#### 4. Kalksandsteine.

Während ein Gemisch von Kalkhydrat und Sand — gewöhnlicher Luftmörtel — an der freien Luft langsam erhärtet und eine nur mäßige Festigkeit erlangt, verbinden sich dieselben Bestandteile — noch dazu in viel magerem Verhältnis gemischt — unter Dampfdruck zu einem außerordentlich harten Stein. Während sich bei der Erhärtung des Luftmörtels kohlenaurer Kalk durch Entnahme von Kohlensäure aus der Luft bildet, beruht die Erhärtung der Kalksandsteine auf der Aufschließung der Kieselsäure des Sandes unter Dampfdruck und auf der Bildung von kieselsaurem Kalk. Darauf gründet sich die Herstellung dieser Kunststeine, die den natürlichen Sandsteinen in Farbe, Gefüge, Zusammensetzung und Eigenschaften sehr ähnlich sind.

Der zur Herstellung verwandte Kalk muß möglichst frei von anderen, besonders tonigen Beimischungen und sehr gut gebrannt sein; er darf keine Kohlensäure mehr enthalten und wird entweder in Zerkleinerungsmaschinen (Kollergänge, Kugelmühlen u. dgl.) zu Pulver zermahlen oder zu Staubkalk gelöscht. Das Ablöschen des Kalkes muß sehr sorgfältig geschehen, da Teilchen noch ungelöschten Kalkes bei der weiteren Verarbeitung zu Steinen nachträglich löschen und infolge der dabei eintretenden Raumvergrößerung den Stein zersprengen würden.

Der zu verarbeitende Sand muß ebenfalls möglichst reiner Quarzsand sein. Als günstig für die Aufschließung von möglichst viel Kieselsäure hat sich ein Gemisch von etwa  $\frac{1}{3}$  feinkörnigem mit  $\frac{2}{3}$  grobkörnigem Sande herausgestellt.

Die Mischung der beiden Rohstoffe geschieht entweder nach erfolgter Ablöschung des Kalkes — in Trommeln oder Mischschnecken unter Zusatz der erforderlichen Menge von Wasser, so daß eine formbare Masse entsteht, oder gleichzeitig mit dem Löschen. In diesem Fall wird der pulverförmige Ätzkalk mit dem feuchten Sand in geschlossenen eisernen Löschtrommeln vermischt. Die sich dabei entwickelnde Wärme begünstigt das Aufschließen der Kieselsäure; da aber der Sand dem löschenden Kalk einen großen Teil seiner Wärme entzieht, führt man ihm diese durch Heizung der Trommel von außen und durch Einführung des zum Löschen notwendigen Wassers in Form niedrig gespannten Dampfes wieder zu. Durch Versuche hat man festgestellt, daß eine Mischung von 7 bis 10% Kalkhydrat und 93 bis 90% Sand die günstigste ist; eine Erhöhung des Kalkzusatzes bringt keine Vermehrung an löslicher Kieselsäure mit sich. Bei diesem geringen Zusatz an Kalk ist eine besonders sorgfältige Mischung mit dem Sand zur Erzielung gleichmäßiger Ware erforderlich.

Das Formen der Masse zu Steinen geschieht in sehr stark gebauten Ziegelpressen unter hohem Druck. Die Presse besteht (Abb. 57) aus einem sich drehenden Tisch mit einer Anzahl von Formlöchern, welche unten durch einen beweglichen Preßstempel abgeschlossen werden, aus dem Hauptpreßstempel, welcher die Füllung der Form mit starkem Druck von unten gegen einen über der Tischplatte befindlichen festen Holm preßt, aus der Ausstoßvorrichtung, dem über dem Tisch befindlichen Füllkasten und den erforderlichen Armaturen. Der Vorgang des Pressens ist folgender: Aus dem dauernd mit Ziegelmasse gefüllten Kasten fällt ein Teil in eine leere, zurzeit gerade

unter ihm stehende Form; bei der nächsten Drehbewegung des Tisches gelangt diese gefüllte Form zwischen den Hauptpreßstempel und den Holm und wird durch die Aufwärtsbewegung des ersteren gepreßt. Bei der nächsten Bewegung wird der fertig gepreßte, noch in der Tischplatte ruhende Stein mit samt seinem Preßstempel gehoben, bleibt in dieser Lage während der nächsten Drehungen und kann daher be-

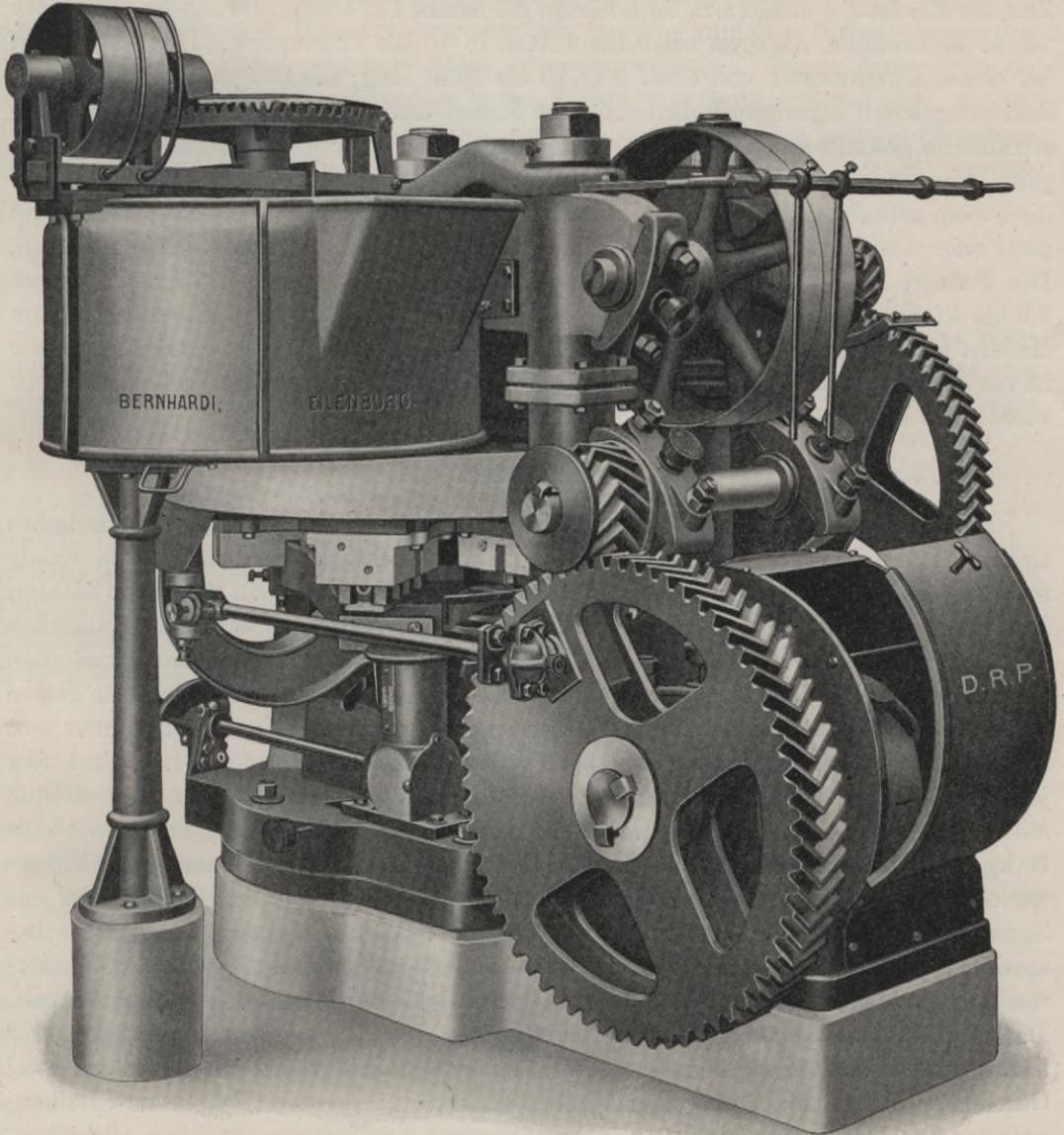


Abb. 57. Ziegelpresse für Kalksandsteine. (D. Bernhardt Sohn, G. E. Dränert-Eilenburg.)

quem abgenommen werden; bevor die Form nun wieder unter den Füllkasten zu stehen kommt, wird der Preßstempel wieder gesenkt, und sie ist zur Aufnahme neuer Füllmasse bereit. Je nach der Zahl der Formen in der Tischplatte beträgt die Tagesleistung einer solchen Presse 8 bis 24 000 Steine bei 10stündiger Arbeit. Die in der Abb. 57 dargestellte Presse entstammt der Maschinenfabrik von Dr. Bernhardt Sohn, G. E. Dränert-Eilenburg bei Leipzig.

Die geformten Steine werden sofort auf eiserne Wagen verladen und den Erhärtungskesseln zugeführt; ein längeres Liegen an der Luft würde die Bildung kohlen-sauren Kalkes und damit eine geringere Festigkeit zur Folge haben. Da die Bildung des kieselsauren Kalks mit der Höhe der Dampfspannung im Kessel zunimmt, ist es vorteilhaft, mit hoher Dampfspannung zu arbeiten, besonders da gleichzeitig auch die Zeit der Erhärtung abnimmt. So erhärten die Steine bei 1 Atm. Dampfdruck in etwa 70 bis 80 Stunden, dagegen bei 6 bis 9 Atm. in 10 bis 12 Stunden. Die Kessel sind bei einem Durchmesser von etwa 2 m 15 bis 20 m lang; die Steinwagen werden auf Schienengeleisen hineingeschoben, und der Kessel durch Aufschrauben des Einfahrtstirnblechs geschlossen. Nachdem nun hierin die Erhärtung der Steine vor sich gegangen ist, indem fast alles Kalkhydrat in kieselsauren Kalk übergeführt wurde, sind die Steine gebrauchsfähig. Sie sind von weißer bis hellgrauer Farbe, scharfkantig und glatt oder zum besseren Haften des Putzes auf den Schmalseiten mit Rillen versehen. Das Format ist  $6,5 \times 12 \times 25$  cm; ihr Gewicht beträgt trocken 3,55 kg, wassersatt 3,9 bis 4,0 kg, ihre Druckfestigkeit 140 bis 200 kg/qcm und darüber. Sie müssen beim Mauern gut angeätzt werden, da sie sonst dem Mörtel zu viel Wasser entziehen; besser ist ein geringer Zusatz von Zement zum Mörtel. Das mit ihnen ausgeführte Mauerwerk wiegt 1900 kg/cbm.

## 5. Schwemmsteine.

Der im Neuwieder Becken am Rhein sich findende Bimskies, ein vulkanisches Erzeugnis der Eifelkrater mit großem Gehalt an Kieselsäure, wird mit gutem Erfolg zur Herstellung der sogenannten Schwemmsteine (Schwimmsteine?), eines sehr leichten Materials, benutzt. Der alle Korngrößen enthaltende Bimskies wird mit Kalkmilch übergossen (Mischungsverhältnis 9 : 1) und die gut durchgefeuchtete Masse in eisernen Formen von der Größe der herzustellenden Steine eingestampft. Die geformten Steine trocknen und binden im Freien auf hölzernen Gerüsten ab durch Entnahme von Kohlensäure aus der Luft. Sie sind nach etwa 3 Monaten gebrauchsfertig, sind aber je älter, desto härter. Ihr Gewicht beträgt 650 kg/cbm, das des aus ihnen hergestellten Mauerwerks 850 bis 1000 kg/cbm. Bei einer vorhandenen Druckfestigkeit von 18 bis 30 kg/qcm (bei guten Schwemmsteinen nicht unter 20!) darf die Belastung des Mauerwerks mit 3 kg/qcm in Rechnung gestellt werden. Als Mörtel kommt Kalkmörtel mit Zusatz von Bimskies, hydraulischer oder Zementmörtel zur Verwendung. Ihre besonderen Eigenschaften sind leichtes Gewicht, schnelles Trocknen des frischen Mauerwerks, gute Isolierfähigkeit gegen Wärme und Schall, Feuer- und Schwammsicherheit. Danach finden sie angemessene Verwendung zur Ausmauerung von Fachwerken, für leichte, unbelastete Zwischenwände, für belastete Scheidewände in höchstens zwei Geschossen übereinander und einer Mindeststärke von  $1\frac{1}{2}$  Stein (Träger- und Balkenaufleger aus Hartbrandsteinen!) zur Ausmauerung von Erkern, Balkons, Gewölben, Kühlräumen und Eiskellern. Für Außenmauerwerk sollen sie nur verwandt werden, wenn die Außenseite mit einem wetterfesten Putz oder sonstigem Stoff bekleidet ist; für Mauerwerk in der Erde sind sie ungeeignet.

Gangbare Größen für Ziegel sind:

Normalformat: ca.  $25 : 12 : 9\frac{1}{2}$  cm

ca.  $25 : 12 : 6\frac{1}{2}$  cm

ca.  $25 : 12 : 14$  cm

ca.  $25 : 14 : 16$  cm

„  $25 : 12 : 7\frac{1}{2}$  cm

„  $25 : 12 : 16$  cm

„  $30 : 12 : 14$  cm

Außer diesen werden quadratische Steine mit kreisförmigen Öffnungen für Kaminrohre hergestellt.

Für Isolierzwecke besonders geeignet sind die von *H. Schneider*-Neuwied a. Rh. hergestellten Isolierbimssteine, welche aus dem Bimssand vermittels verschiedener Bindemittel und Wärme nicht leitender Stoffe in der Größe von  $6,5 \times 12 \times 25$  cm hergestellt werden. Ihr Wärmedurchgangskoeffizient beträgt 0,066; sie vertragen bei Kesselisolierungen eine Hitze bis zur dunklen Rotglut und bei Bodenbelägen von Kühlräumen und Eishäusern jede Nässe, ohne aufzuweichen oder zu faulen.

Neuerdings werden aus Bimskies unter Zusatz von Zementmörtel auch Wanddielen hergestellt, die, mit Falz und Nut versehen, zur Herstellung leichter Zwischenwände dienen. Ihre Eigenschaften entsprechen denen der Tuffsteine; ihre Abmessungen sind  $107 \times 28$  cm bei einer Stärke von 5, 6, 7, 8, 9 und 10 cm.

## 6. Kunsttuffsteine.

Unter diesem Namen stellen die Asbest- und Kieselgurwerke Uelzen bei Hannover einen Stein her, der in seinen Eigenschaften und seiner Verwendung den Schwemmsteinen sehr ähnlich ist. Seine Bestandteile sind Kieselgur, schwefelsaure Tonerde, Mergel und Gips, mit oder ohne Einlage von Schilfrohr, Holzleisten, Winkel-eisen, verzinktem Drahtgewebe, Streckmetall u. dgl. Sie werden in Formen gegossen und erstarren infolge lebhafter Gasentwicklung unter Bildung von unzähligen kleinen Bläschen zu einem ziemlich harten, sehr porösen Stein. Ihr spezifisches Gewicht ist je nach der Größe der eingeschlossenen Luftblasen 0,20 bis 0,45; die im Handel vorkommenden Platten sind 4 bis 15 cm stark, 25 bis 60 cm breit und bis zu 3 m lang; die Steine  $5 \times 12 \times 25$ ;  $6,5 \times 12 \times 25$ ;  $10 \times 12 \times 25$  cm groß. Ihr Wärmedurchgangskoeffizient beträgt 0,05 bis 0,07.

## 7. Schlackensteine.

Die Verarbeitung von Hochfenschlacke zu Bausteinen geschieht nach zwei voneinander verschiedenen Verfahren. Nach dem einen, hauptsächlich in England angewandten, läßt man die aus dem Hochofen fließende Schlacke in Flammöfen nochmals gründlich durchschmelzen, bringt sie zum Guß in eiserne Rahmen, welche auf einer Unterlage von Sand stehen, und bedeckt die vollgegossenen Rahmen mit einer starken Schicht von Sand oder Asche, um eine langsame Abkühlung zu erzielen. Die so entstehenden Steine sind äußerst hart, zähe und schwer, von brauner bis schwarzer Farbe und regelmäßigem Aussehen. Sie eignen sich hauptsächlich zur Herstellung von Pflaster. Das andere Verfahren beruht auf der chemischen Verbindung der zerkleinerten Schlacke mit einem zugesetzten kalkhaltigen Bindemittel. Zu dem Zweck läßt man<sup>1)</sup> die glühend flüssige Schlacke in eine geneigte Gußeisenrinne ab, durch welche ein Strom kalten Wassers fließt. Dadurch zerfällt die Schlacke in einen weißlichgrauen scharfkantigen Sand, der in großen Kasten gesammelt wird. Aus diesen wird er in die Rührvorrichtung gebracht, in der er mit dünnflüssiger Kalkmilch innig gemengt wird. Dies Gemenge wird nun in Ziegelpressen zu Steinen geformt und erhärtet an der Luft in einigen Wochen durch Verbindung der Kieselsäure der Schlacke

<sup>1)</sup> Nach *Joly*: Technisches Auskunfts-buch.

mit dem Kalk und durch Umbildung des Kalks infolge Entnahme von Kohlensäure aus der Luft zu kohlensaurem Kalk. Das Gewicht der Steine im Normalformat beträgt 3,2 bis 3,5 kg; ihre Farbe ist weiß bis hellgrau; ihre Druckfestigkeit etwa 90 bis 140 kg/qcm. Sie eignen sich infolge ihrer Festigkeit zu allen belasteten Bauteilen des Hochbaus und besitzen eine hohe Feuerfestigkeit.

### 8. Magnesiakunststeine.

Gebrannte Magnesia, das ist Magnesiumoxyd, mit einer mehr oder minder konzentrierten Chlormagnesiumlösung vermischt und verrührt, ergibt ein infolge Bildung von Magnesiumoxychlorid schnell erhärtendes Gemenge (*Sorelscher* oder *Magnesiazement*). Darauf beruhte die Herstellung der *Cajalith-Kunststeine*, welche aus 2 Teilen gebrannter Magnesia und einem Teil 80 proz. Chlormagnesiumlösung bestanden. Sie haben sich jedoch nicht bewährt, da sie nach mehreren Jahren durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu treiben begannen<sup>1)</sup>. Diesem Übelstand kann durch Zusatz verschiedenartiger Chemikalien abgeholfen werden. Eine Reihe von Patenten schützt derartig hergestellte Steine; durch Zusatz von Füllstoffen verschiedener Art, Sand, Marmorpulver, Infusorienerde u. dgl. lassen sich billige, harte, z. T. sehr leichte Bausteine herstellen.

Verbreiteter sind die in ihrer Art und Verwendung den Gipsdielen sehr ähnlichen *Magnesitplatten*. Sie werden aus *Magnesiazement* und leichten Füllstoffen, wie *Korkmehl*, *Sägespäne*, *Kieselgur* u. dgl. hergestellt, indem die zu einem dicken Brei verrührten Bestandteile mit starkem Druck auf *Jutegewebe* gepreßt werden. Einlagen von *Asbest*, *Weidenruten* und Ähnlichem erhöhen die Biegefestigkeit. Die in Größen von  $1,0 \times 1,0$  bzw.  $1,5$  m und Stärken von 20 bzw. 12 mm hergestellten weißen Platten haben ein Gewicht von 31 bzw. 19 kg/qm, sind unverbrennlich, sehr feuerbeständig, isolieren gut gegen Schall, Wärme und Feuchtigkeit. Ihre Bearbeitung ist sehr einfach, da die Platten sich nageln, sägen und bohren lassen. Als Mörtel dient Gips, Zement oder Wasserglas mit *Schlemmkreide*. Ihre Verwendung entspricht denen der Gipsplatten.

### 9. Korksteine.

Den Rohstoff zur Herstellung der *Korksteine* liefert die Rinde der in Spanien, Portugal und Algier wachsenden *Korkeiche*, die sich wegen ihrer Leichtigkeit, Elastizität, Zähigkeit, ihrer schlechten Wärmeleitung, sowie ihrer schweren Brennbarkeit vorzüglich zur Herstellung von Bausteinen für einige bestimmte Zwecke eignet. Man verwendet dazu den Abfall der *Korkindustrie*, welcher gereinigt und zu erbsengroßen Stücken zerkleinert wird. In *Mischmaschinen* mit dem Bindemittel gemischt — als solches kommen verschiedene Stoffe zur Verwendung, wie *Kalk*, *Ton*, *Mineralöl*, *Hartpech*, *Gudron* —, wird die Masse in *Pressen* unter hohem Druck geformt und in besonderen *Trockenöfen* bei  $120^\circ$  bis  $150^\circ$  getrocknet. Sie eignen sich infolge ihres schlechten Wärmeleitungsvermögens — *Durchlässigkeit* 0,080 — vorzüglich zu *Isolierungen* gegen Wärme, Kälte oder Schall, zu leichten *Zwischenwänden*, *Verschalung* von *Dächern* u. dgl. Sie können mit *Kalk*, *Gips*, *Zementmörtel* vermauert werden, lassen sich bequem sägen, schneiden und nageln. Je nach dem Verwendungszweck

<sup>1)</sup> Nach *Rob. Scherer*: Der *Magnesit*. S. 154.

werden sie im Normalformat von  $6,5 \times 12 \times 25$  cm oder als Platten von  $100 \times 25$  bzw.  $50 \times 50$  cm und in Stärken von 1 bis 10 cm hergestellt. Ihr spezifisches Gewicht beträgt 0,23 bis 0,25, ihre Druckfestigkeit etwa 15 bis 18 kg/qcm, ihre Biegezugfestigkeit 4 bis 8. Die mit nicht wasserfesten Bindemitteln hergestellten sog. weißen Korksteine (Farbe hellgrau) müssen vor Nässe und vor starker Hitze ( $250^\circ$ ) geschützt werden. Für die Verwendung in feuchten Räumen — Kühlanlagen, Bier- und Eiskellern — werden Korksteine mit teer- oder pechartigen Bindemitteln hergestellt, sog. schwarze Korksteine. Ihr spezifisches Gewicht ist 0,56; ihre Wärmedurchlässigkeit 0,165. Zum Vermauern dient Zement- oder Asphaltmörtel. Wichtig wegen der in diesen Räumen aufzubewahrenden Gegenstände (Nahrungsmittel!) ist die vollständige Geruchlosigkeit der Steine, die zum Teil durch Verwendung anderer von den Fabriken geheimgehaltener Imprägnierungsmittel erzielt wird. Ihre Farbe ist braun bis schwarz.

Um den Korkplatten eine größere Biegezugfestigkeit zu verleihen, stellt man<sup>1)</sup> armierte Korkplatten durch Einlegen von Holzleisten, Bandeisen oder T-Eisen her. Ihre Stärke beträgt 5 bis 8 cm, ihre Breite 25 cm, Länge bis zu 3 m; sie sind an den Langseiten mit Nut und Feder versehen und sollen eine ansehnliche Tragfähigkeit besitzen.

## 10. Glassteine.

Zur Erzielung besserer Beleuchtung in Räumen, deren massive Wände nicht mit Öffnungen bzw. mit gewöhnlichen Fenstern versehen werden dürfen, benutzt man Glasbausteine. Die früher voll hergestellten Glasziegel haben sich infolge hohen Gewichts und großem Verbrauch von Glasmasse nicht bewährt und sind jetzt durch andere Formen von Hohlziegeln verdrängt worden, von denen die Abb. 58 bis 65 einige Beispiele angeben. Abb. 58 und 59 stellt einen von der *Allgemeinen Sternprismen-Gesellschaft*-Berlin hergestellten Glashohlstein von Normalformat dar; sie

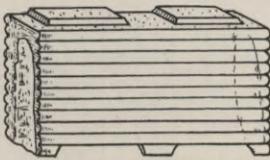


Abb. 58.

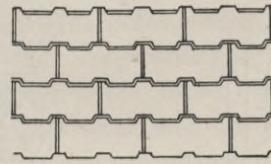
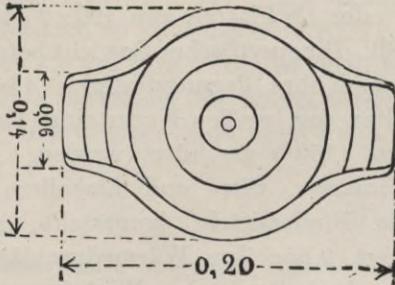


Abb. 59.

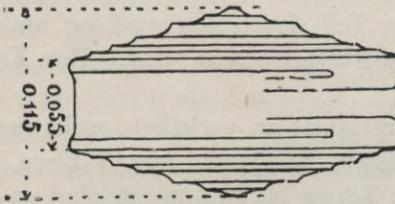
Abb. 58 und 59. Glashohlstein.

werden mit verlängertem Zementmörtel vermauert und ergeben durch die angegossenen Lappen und Vertiefungen guten Verband. Die in Abb. 60 bis 65 dargestellten, von den *Adlerhütten* in Penzig (Schlesien) hergestellten Falkonier-Glasbausteine weisen ganz verschiedene, vom Ziegelformat abweichende Formen auf. Es sind Hohlsteine mit prismatisch gebrochenen Oberflächen, welche eine gute Brechung des einfallenden Lichtes bewirken. Sie werden ebenfalls mit verlängertem Zementmörtel vermauert. Die Steine werden weiß und farbig geliefert. Für Brandmaueröffnungen werden sie mit Einlage von Drahtgeflecht angefertigt, um der Gefahr des Zerspringens bzw. des Herunterfallens der Glassplitter bei ausbrechendem Feuer vorzubeugen.

<sup>1)</sup> Grünzweig & Hartmann-Ludwigshafen.

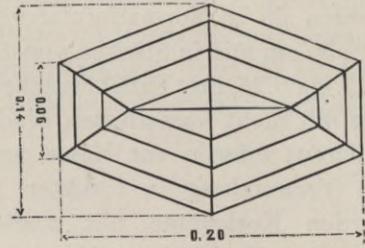


Aufsicht.

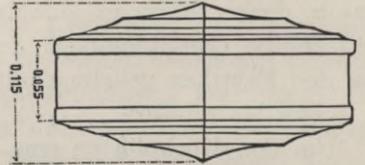


Seitenansicht.

Abb. 60. Glasbaustein.



Aufsicht.



Seitenansicht.

Abb. 62. Glasbaustein.

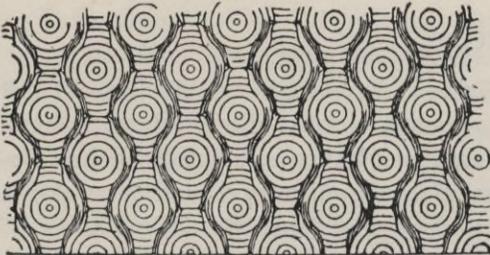


Abb. 61. Glasbausteine [versetzt].

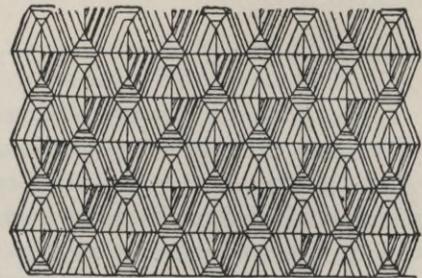
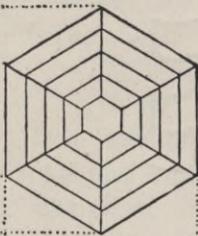
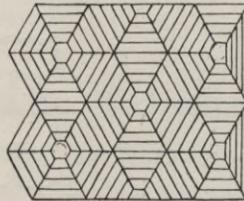


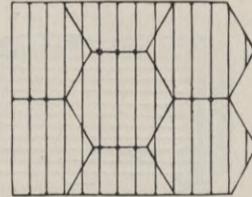
Abb. 63. Glasbausteine [versetzt].



Aufsicht.



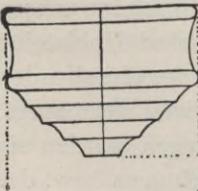
Unteransicht.



Oberansicht.

Abb. 65. Glasbausteine [versetzt].

(Akt.-Ges. Glashüttenwerke Adlerhütten, Penzig b. Görlitz.)



Seitenansicht.

Abb. 64. Glasbaustein.

## 11. Asbeststeine.

Der die Wärme schlecht leitende und selbst unverbrennliche Asbest — ein dem Serpentin nahe verwandtes, feinfaseriges, seidenglänzendes Mineral — ist wegen seiner hervorragenden Eigenschaften auch zur Anfertigung von Bausteinen und Platten benutzt worden, indem man formbaren Stoffen — Ton, Zementbrei, Torf u. dgl. — fein verteilte Asbestfasern zusetzte und die Steine unter hohem Druck preßte, z. T. nach Vornahme verschie-

dener chemischer Prozesse, oder in Öfen brannte. Am bekanntesten sind die aus ihm hergestellten Asbestschieferplatten der Firma *Alfred Calmon-Hamburg* oder neuerdings die ganz vorzüglichen Eternitplatten, nach einem Patent des Ingenieurs *Hatschek-Wien* von der Deutschen Eternitgesellschaft in Hamburg hergestellt. Die wesentlichen Bestandteile dieser Platten sind Asbest und Portlandzement; sie werden in frischem, noch nicht abgebundenem Zustand unter hydraulischen Pressen einem enormen Druck ausgesetzt und gelangen dann in einer als Herstellungsgeheimnis betrachteten Weise zur Abbindung und Erhärtung. Die Platten sind von grauer oder roter Farbe, besitzen eine außerordentlich hohe Zug-, Druck- und Biegezugfestigkeit, hohe Feuerfestigkeit, geringes Gewicht und Wärmeleitungsvermögen und sind durchaus wasser- und säurefest. Sie eignen sich vorzüglich zu Isolierungen jeder Art und als Wandbekleidung für starken Säuredämpfen ausgesetzte Stellen. Sie werden in Größen von  $1,00 \times 1,00$  m und der Stärke von 4 mm angefertigt; ihr Gewicht beträgt  $7,6 \text{ kg/qm}$ ; Deckleisten dazu  $1,0 \times 0,07$  m.

## 12. Torfsteine.

Die Leichtigkeit und Billigkeit des Torfes und seine Eigenschaft als schlechter Wärmeleiter waren Veranlassung zur Herstellung von Torfsteinen. Man mengt den zerkleinerten Torf mit zementartigen Bindemitteln (*Skrobanek-Wien*) und preßt ihn in Formen oder man überzieht den gepreßten Torfstein mit einer Mischung von Asphalt und Holzteer, welche man auch als Mörtel dafür benutzt. Die Steine sollen leicht, genügend hart, wasserdicht und schalldämpfend sein. Über den aus Torfmull und Gips hergestellten „Leichtstein“ von *Cordes-Hannover* vgl. „Gipssteine“, S. 44.

## 13. Filzplatten.

Ein gutes Mittel gegen Übertragung von starken Geräuschen, die durch Maschinen irgendwelcher Art, Motore u. dgl. in den einzelnen Geschossen eines Gebäudes verursacht werden, auf die Mauern und damit auf die andern Geschosse bildet die Isolierung der betreffenden Maschinenfundamente und Trägenerauflager mit Eisenfilzplatten, wie sie die Filzfabrik Adlershof bei Berlin herstellt. Diese Platten bestehen aus bestem Wollfilz, sind mit neutralem Erdölfett getränkt und unter starkem hydraulischen Druck gepreßt. Ihre Oberfläche ist, um sie gegen mechanische Beschädigung und Eindringen von Flüssigkeiten zu schützen, auf chemischem Wege besonders gehärtet. Die Platten besitzen eine Druckfestigkeit bis zu  $500 \text{ kg/qcm}$  und werden in Stärken von 5 bis 30 mm und in der Größe von  $75 \times 100$  cm angefertigt.

# C. Mörtel.

## 1. Allgemeines.

Diejenigen Stoffe, die zur Verbindung der einzelnen Bausteine untereinander dienen, und das Mauerwerk zu einem einheitlichen Ganzen gestalten, heißen Mörtel. Sie gleichen Ungleichheiten in den Abmessungen der Steine aus und vermitteln eine gleichmäßige Verteilung der Kräfte im Mauerwerk. Druckkräfte sind sie imstande,

zum Teil in bedeutender Größe, aufzunehmen, dagegen Zugkräfte und Schubspannungen wenig bzw. gar nicht. Bedenkt man ferner, daß die Menge des Mörtels in einem Kubikmeter Mauerwerk eine recht erhebliche ist — bei Bruchsteinmauerwerk etwa  $\frac{1}{3}$ , bei Ziegeln  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  des Raumes — und daß z. B. in einer 20 m hohen Ziegelmauer  $20 \times 13 \times 0,012 = 3,12$  m Höhe auf die gesamten Mörtelfugen entfällt, so erhellt daraus, daß dem Mörtel als einem wichtigen Baustoff größere Sorgfalt in der Auswahl und der Zubereitung zugewendet werden muß, als gewöhnlich geschieht. Vor allem muß besonders bei geforderter höherer Festigkeit für jedes Mauerwerk der Mörtel und das Mischungsverhältnis bestimmt werden, dessen Festigkeit nach dem Erhärten der des verwandten Steinmaterials annähernd gleichkommt. Der Mörtel wird in weichem Zustand mit Wasser vermischt aufgetragen und haftet zunächst durch Adhäsion am Stein; seine Erhärtung beruht entweder auf der mechanischen Trocknung, d. h. der Abgabe von Wasser (Lehm und Schamottemörtel), oder auf der Bildung chemischer Produkte unter Beibehaltung des Wassers (Kalk-, Gips- und Zementmörtel). Je nach dem Ort der Verwendung des Mörtels unterscheidet man Luftmörtel und Wassermörtel. Erstere sind nur verwendbar für Baulichkeiten, die dauernd von der Luft umgeben sind, letztere hauptsächlich für solche im feuchten Erdreich oder im Wasser, doch können sie ebenso als Luftmörtel verwendet werden, und eignen sich, besonders die künstlichen Zemente, wegen ihrer hohen Festigkeit vorzüglich für stark belastete Bauteile.

Nach dem Zweck der Verwendung der Mörtel teilt man sie in Mauermörtel zur Aufführung des Mauerwerks und Putzmörtel zum inneren und äußeren Verputz der Mauern ein. Die dazu verwandten Stoffe sind die gleichen, nur ist ihre Zubereitung dem andern Zweck entsprechend teilweise eine andere.

## 2. Grundstoffe.

### a) Bindemittel.

Die Grundstoffe, aus denen Mörtel bereitet wird, sind die Bindemittel, die die Art des Mörtels bestimmen, und die allen Mörteln gemeinsamen Zuschläge von Sand oder Kies und Wasser. Nach der Art der Bindemittel unterscheidet man Luftmörtel und Wassermörtel; für einzelne Zwecke werden auch aus beiden gemischte Mörtel verwandt.

#### I. Luftmörtel.

1. **Lehmmörtel.** Ein in alter Zeit bereits viel verwandter Mörtel ist der Lehmmörtel; heute wird er wegen besseren Ersatzes nur da verwandt, wo er wegen seiner Billigkeit in Frage kommt, d. i. bei landwirtschaftlichen Bauten untergeordneter Art (meist zur Vermauerung von Lehmsteinen) und zum Verputz derartiger Wände. Geeignet dafür sind magere Lehmarten, denen man zur Vermeidung des Reißens beim Trocknen kleingeschnittenes Stroh, Heu, Hede oder dergleichen zusetzt. Da er nicht widerstandsfähig gegen Wasser ist, empfiehlt sich seine Verwendung nur im Innern der Gebäude oder außen an den gegen Regen gut geschützten Stellen. Wegen seiner Eigenschaft als schlechter Wärmeleiter verwendet man ihn außerdem zum Bau von Öfen, Feuerungsanlagen, Kesseleinmauerungen und ähnlichem. Für diesen Zweck muß er gut gereinigt, nötigenfalls geschlemmt werden. Ein Lehmauftrag, mit Stroh

gemischt, auf Gewölben und Decken ist ein billiger und guter Wärmeschutz für die darunterliegenden Räume.

**2. Gipsmörtel.** Von den beiden in ihren Eigenschaften sehr verschiedenen Arten, in denen der Gips in der Technik zur Verwendung gelangt (siehe Abschnitt XII, Stuckarbeiten), eignet sich der hochgebrannte Estrichgips gut zur Bereitung von Mauer- mörtel. Er wird ohne Zusatz von Sand mit Wasser zu einem Brei angerührt, haftet vorzüglich an den Mauersteinen und hat dem Kalkmörtel gegenüber den Vorzug, daß er in viel kürzerer Zeit erhärtet, was für die Standsicherheit von Neubauten während der Ausführung von großem Wert ist. Er kann bei Frost bis zu  $5^{\circ}$  verarbeitet werden, ohne an Härte zu verlieren, und besitzt auch hydraulische Eigenschaft, d. h. er kann für Mauerwerk im Wasser oder in nassem Boden verwandt werden. Zweckmäßig läßt man ihn, mit Wasser angemacht, 24 Stunden stehen, ehe man ihn verarbeitet. Der Estrichgips eignet sich vorzüglich zur Herstellung eines glatten, durchaus ebenen und festen Wandputzes (Gipsglättputz). Er wird auf die gut angefeuchtete Wand aufgetragen, mit der Kelle spiegelblank gerieben und erreicht fast die Festigkeit von Zementputz. Durch Tränken mit Leinöl oder in Benzin aufgelöstem Paraffin wird er abwaschbar. Da der chemisch neutrale Gips keine Farben zerstört, eignet er sich sehr gut als Untergrund für Malereien. In der Nähe seiner Heimat, des Harzes, ist er schon in alter Zeit als Mörtel verwandt worden und hat eine ausgezeichnete Festigkeit erhalten (Kloster Walkenried, Burg Osterode im Harz, Lüneburg). Vgl. Gipssteine, S. 43.

**3. Magnesiacement.** Mit diesem Namen bezeichnet man allgemein die Mischung von gebrannter Magnesia mit Chlormagnesium, welche sich durch ihr gutes Bindevermögen auszeichnet. Der Entdecker dieses Zements ist der Ingenieur *Sorel* in Paris, nach welchem die Masse *Sorelscher Zement* genannt wird. Er wird sehr hart, hat aber keine hydraulischen Eigenschaften und kann mit bis zu 20 Teilen Sand gemischt werden, ohne wesentlich an Härte zu verlieren. Zusätze verschiedener Art sollen die Wetterbeständigkeit des Magnesiacements erhöhen und bilden den Inhalt einer Reihe von Patenten. Bekannt ist unter diesen das *Albolith*. Die Verwendung des Magnesiacementes ist eine beschränkte und tritt meist nur da ein, wo bei leichtem Bezuge von Magnesia andere Mörtel schwer zu erhalten sind.

**4. Kalkmörtel.** Der am weitesten verbreitete und meist verwandte Luftmörtel ist der Kalkmörtel, der aus gebranntem und gelöschtem Kalk, Sand und Wasser hergestellt wird. Die Kalksteine, wie sie zur Darstellung von gebranntem Kalk verwendet werden, sind fast nie reines Calciumcarbonat, sondern enthalten immer mehr oder weniger Beimengungen, die eine Verschiedenartigkeit in Farbe, Struktur, Härte, Gewicht und chemischer Zusammensetzung mit sich bringen. Derartige Beimengungen sind Magnesiumcarbonat, Eisenoxyd, Manganoxyd, Tonerde, Kieselerde, Wasser, Bitumen und andere. Entscheidend für die Brauchbarkeit und die Güte sind der Gehalt an Magnesiumcarbonat, sowie an tonigen und kieseligen Bestandteilen. Übersteigt der Gehalt an ersterem etwa 10%, so wird der daraus gebrannte Kalk schon erheblich mager und bei noch höherem Gehalt verliert er auch die Eigenschaft, sich nach dem Brennen zu löschen (dolomitischer Kalkstein). Ebenso ist ein 10% übersteigender Bestandteil an Ton in den Kalksteinen schädlich, da sie beim Brennen zusammensintern und sich nachher nicht mehr mit Wasser löschen lassen. Derartige Gesteine heißen Mergel, und zwar je nach dem Überwiegen des betreffenden Bestandteils Ton-

oder Kalkmergel. Sie bilden den Übergang zu den hydraulischen Kalken und den Zementen.

**Brennen des Kalksteins.** Der zur Mörtelbereitung erforderliche Ätzkalk (Calciumoxyd) wird ausschließlich durch Brennen des in der Natur vorkommenden Kalksteins (Calciumcarbonat) gewonnen, indem bei einer Hitze von 1200 bis 1300° die Kohlensäure entweicht. Man bringt die Stücke, am besten in erdfeuchtem Zustand, da sie sich infolge des bildenden Wasserdampfes leichter brennen sollen, gehörig zerkleinert in die Brennöfen. Bei tonhaltigen Kalken ist eine genaue Regelung der Hitze erforderlich, da die Steine bei zu großer Hitze schmelzen und sich nicht mehr mit Wasser löschen lassen (totgebrannter Kalk). Außerdem wird der Kalk noch leicht totgebrannt, indem die Kalksteine bei 500 bis 600° begierig Kohlensäure aufnehmen und so wieder sich zu kohlensaurem Kalk zurückbilden. Aus demselben Grunde darf man gebrannten Kalk nicht lange an der Luft liegen lassen, sondern muß ihn möglichst gleich löschen oder ihn wenigstens in verschlossenen, trockenen Behältern aufbewahren, die möglichst selten zu öffnen sind. Die Veränderungen, die das Brennen in dem Kalkstein hervorruft, sind, abgesehen von der Farbe und der Härte: 1. eine Gewichtsverminderung, und zwar bei trockenem reinen Kalkstein um etwa 44%; 2. eine Raumverminderung um 12 bis 20%; 3. dadurch eine entsprechende Verminderung des spezifischen Gewichts; 4. Verlust von Wasser und von Kohlensäure. Das Brennen der Steine findet in Öfen statt, deren Entwicklung sich in ähnlicher Weise wie die der Ziegelöfen gestaltet hat. Zurzeit sind eine große Anzahl von Bauarten in Gebrauch, von denen die wichtigsten beschrieben werden sollen. Man teilt sie, wie die Ziegelöfen, in zwei große Gruppen ein, solche mit unterbrochenem Betrieb, bei denen also der Ofen zur Herausnahme des Einsatzes erkalten muß, und solche mit ununterbrochenem Betrieb, bei denen ein gleichzeitiges Abziehen, Brennen und Nachfüllen stattfinden kann. Je nachdem man die Kalksteine und das Brennmaterial lagenweise wechselnd einbringt oder einen Einsatz nur von Kalksteinen hat und darunter einen Feuerrost, unterscheidet man sie in Öfen mit kurzer und langer Flamme.

Bei geringem Bedarf an Kalksteinen und in Gegenden, in denen das Brennmaterial billig ist, bedient man sich in den einfachsten Verhältnissen noch des Brennens in Meilern, Gruben und Feldöfen. Die Meiler werden kreisförmig mit etwa 5 m Durchmesser und ebensolcher Höhe aus abwechselnden Lagen von Kalksteinen und Steinkohlen aufgebaut, in welchen einige Öffnungen für den Durchzug der Gase gelassen werden, und außen mit Lehm bekleidet; das Feuer wird unten angezündet, und die untere Öffnung verschlossen, sobald es gut brennt. Durch abwechselndes Auf- und Zumachen von Luftlöchern in der Lehmdecke sucht man eine gleichmäßige Verteilung des Feuers in dem ganzen Meiler herbeizuführen. Der Brand dauert 5 bis 6 Tage und ist ziemlich ungleichmäßig.

Gruben und Feldöfen legt man meist in der Böschung eines Berges an, setzt die Wände mit trockenen Kalksteinen oder Lehmschlag aus und baut den Einsatz aus Kalksteinen so, daß unten ein genügend großer Schürraum für die Feuerung bleibt, die meist mit Holz geschieht. Auch diese Arten des Brennens ergeben naturgemäß einen sehr ungleich gebrannten, stark verunreinigten Kalk bei großem Verbrauch an Brennstoff und geringer Leistung.

Für besseren Betrieb benutzt man ständige Öfen, die entweder einen trichter-

förmigen Schacht von rundem oder ovalem Querschnitt haben, mit unterer Feuer- und Abzugsöffnung oder als Ringöfen gebaut sind.

Einen einfachen Ofen der ersten Art stellt Abb. 66 dar. Der trichterförmige Schacht ist mit feuerfesten Steinen ausgemauert und hat am unteren Ende einen Rost über dem Aschenraum; über dem Rost geht eine seitliche Öffnung ab zum Abziehen des gebrannten Kalks, welche beim Brande zugesetzt wird. Er wird abwechselnd mit Lagen von Kalkstein und Brennmaterial gefüllt und vom Rost aus entzündet.

Abb. 67 und 68 veranschaulichen ein Beispiel eines einfachen Ofens mit langer Flamme. Er enthält zwei Feuerungsrosten *aa* mit Aschenfall, den eiförmigen Brennraum *b*, die Abzugslöcher *c*, den gußeisernen Deckel *d* und hinter der feuerfesten Mantelschicht eine aus Asche, Lehm oder dergleichen bestehende Isolierschicht. Der Betrieb geschieht, indem man den unteren Teil des Ofens mit größeren Steinen vollpackt, dann kleinere Steine von der Gicht (das ist

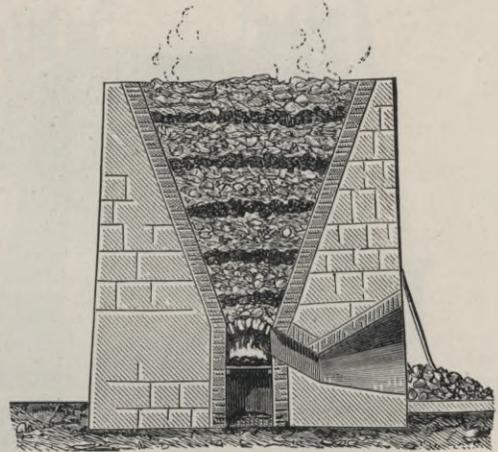


Abb. 66. Einfacher Kalkofen.

der obere Rand des Ofens) aus einwirft. Der Brand dauert vier Tage und Nächte, der Deckel wird nach drei Tagen fast ganz und am Schlusse des Brandes vollständig heruntergelassen. Nach weiteren drei Tagen kann der Kalk abgezogen werden.

Da diese Öfen einem größeren Bedarf nicht genügen und unrentabel sind, ist man zum Bau von Öfen mit ununterbrochenem Betrieb übergegangen. Diese sind entweder hohe Schachtöfen, welche meist mit langer, selten mit kurzer

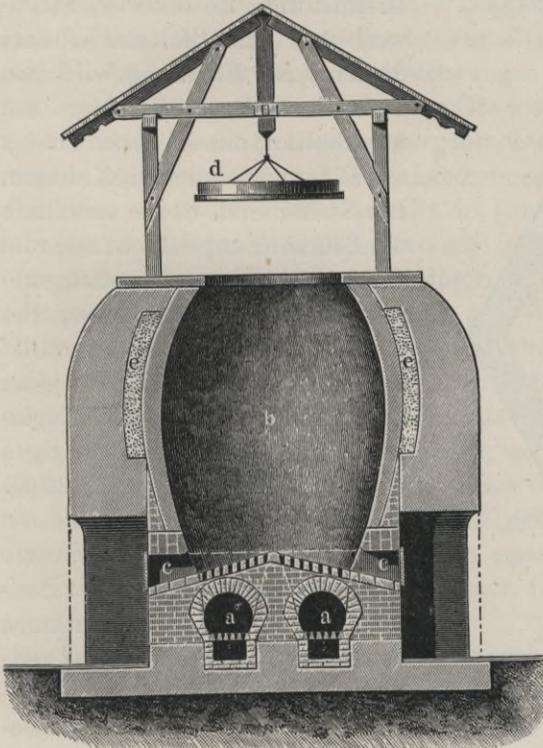


Abb. 67. Durchschnitt.

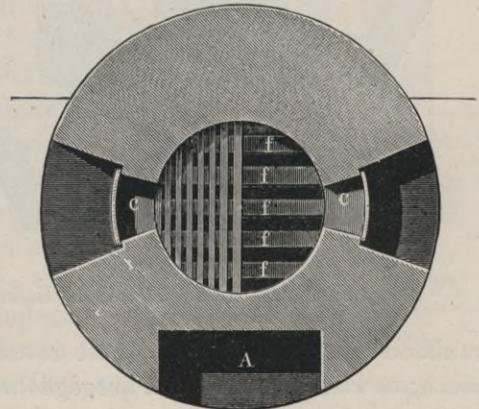


Abb. 68. Grundriß.

Abb. 67 und 68. Kalkofen mit langer Flamme.

Flamme brennen, oder Ringöfen. Die Vorzüge dieser letzteren Öfen vor denen mit unterbrochenem Betrieb sind dieselben, wie bei den Ziegelöfen bereits erläutert.

Der bekannteste der Schachtöfen ist der Rüdersdorfer Kalkofen, seit langer Zeit

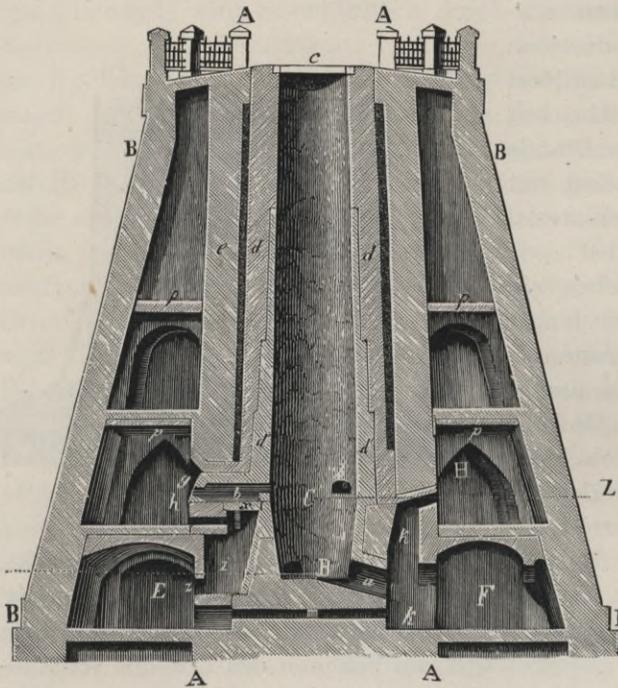


Abb. 69. Durchschnitt.

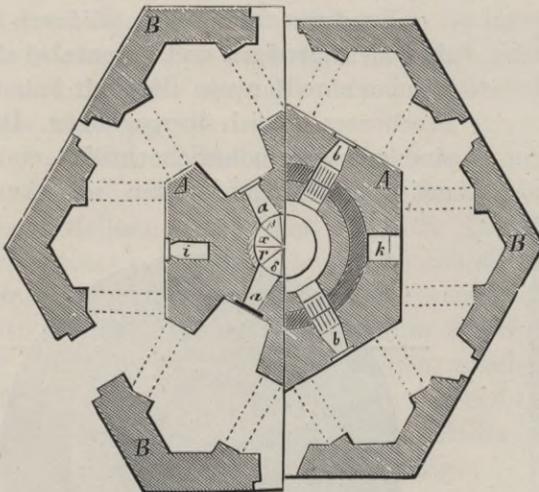


Abb. 70. Grundriß.

Abb. 69 und 70. Rüdersdorfer Kalkofen.

auf dem gleichnamigen Kalkwerk bei Berlin in Gebrauch. Er besteht in der Hauptsache aus einem rund 14 m hohen, nach oben etwas verjüngten Schacht von 2,5 m größtem Durchmesser (vgl. Abb. 69 und 70). Dieser enthält an der tiefsten Stelle 3 Abzugsöffnungen *a*, etwa 2,2 m darüber die Feueröffnungen *b*, und ist auf  $\frac{2}{3}$  seiner Höhe mit feuerfesten Steinen *d'* ausgemauert und durch eine Isolierschicht von dem umgebenden Mauerwerk *e* getrennt. Der ganze Ofen ist von dem Mantel *B* umgeben, welcher mehrere durch massive Gewölbe getrennte Räume bildet, die zum Aufbewahren des Kalkes und des Brennstoffes, im obersten Stockwerk zum Aufenthalt der Arbeiter dienen. Die Feuerung wird von 4 bzw. 5 Feueröffnungen aus unterhalten; das Abziehen erfolgt alle 12 Stunden durch die Kanäle *a*. Die Steine sind, da sie unterhalb der Feueröffnungen nicht mehr im Feuer stehen, bereits etwas abgekühlt; zum Entweichen der heißen Luft beim Abziehen ist außerdem ein Kanal *k* über jeder Ziehöffnung angelegt. Die Tagesleistung eines solchen 4schürigen Ofens beträgt etwa 11 000 kg Stückkalk.

Der zum Kalkbrennen benutzte Ringofen entspricht in seiner Bauart genau dem zum Ziegelbrennen benutzten Ringofen. Etwas zeit-

raubend und daher kostspielig ist das sorgfältige Aufsetzen der Kalksteine in den Kammern; es wird aber dadurch ausgeglichen, daß man in der Lage ist, große Stücke des Gesteins gut durchzubrennen und somit das sonst meist erforderliche Zerkleinern erspart. Außerdem ergibt der Brand infolgedessen fast keinen Abfall an zerfallenem Kalkgrus.

Die Einführung der Gasfeuerung ergab auch bei den Kalköfen eine wünschenswerte größere Reinheit des gebrannten Kalks, außerdem gestattet sie die Verwendung jeden Brennmaterials mit Ausnahme stark backender Steinkohle und arbeitet infolge der fast vollständigen Rauchverzehrung sehr sparsam. Man baut Schacht- und Ringöfen dafür. Bei den Schachtofen ist der Größe des Schachtes insofern eine Grenze gesetzt, als die seitlich in den Schacht eintretenden Gase, dem Zuge folgend, sofort nach oben umbiegen und an den Wänden entlang gehen, ohne den Kern des Schachtes genügend zu durchströmen. Man hat dem Übelstand dadurch abgeholfen, daß man in dem unteren Teil des Ofens einen säulenförmigen Aufbau errichtete, aus welchem das Gas radial ausströmt; als eigentlicher Brennraum ist hier der ringförmige Raum zwischen der Säule und dem Mantel anzusehen. Die Öfen erhalten meist zur Erzielung besseren Zuges einen schornsteinartigen Aufbau über der Gicht (siehe Abb. 71 und 72). Sie erreichen dadurch eine Tagesleistung von 30 000 kg gebranntem Kalk und mehr.

Abb. 73 und 74 stellen einen von *Wilh. Eckardt und Ernst Hotop*-Cöln-Berlin gebauten Doppelschachtofen, System *Baier*, dar, welcher bei verhältnismäßig geringen Baukosten große Tagesleistungen ermöglicht. Das zum Brennen erforderliche Gas wird in den in einem besonderen Gebäude untergebrachten Generatoren erzeugt und mittels eines besonderen Kanals den Öfen zugeführt. Das Gas tritt in jedem Ofenschacht von den beiden Längsseiten ein; die Verbrennungsluft tritt an der Ofensohle durch verstellbare Öffnungen ein, erhitzt sich an den gargebrannten Steinen und kühlt sie gleichzeitig ab. Die Anlage gestattet den weiteren Anbau von Öfen je nach Bedarf, ohne den Betrieb der vorhandenen zu stören. Da jeder Schachtofen bis zu 15 000 kg gebrannten Kalk liefert, läßt sich die Leistung dieses Ofens auf ein Vielfaches davon steigern, je nach der Anzahl der vorhandenen Schächte. Zu Zeiten geringen Bedarfs läßt sich der Betrieb bis auf einen Ofen einschränken.

Löschen des Kalkes. Der so entstandene gebrannte Kalk oder Ätzkalk saugt, wie oben erwähnt, allmählich wieder Kohlensäure aus der Luft auf und bildet sich zu kohlen-saurem Kalk zurück. Er wird daher am besten sofort weiter verarbeitet, d. h. durch Begießen mit Wasser in Kalkhydrat verwandelt. Dieses „Löschen“ des Kalks

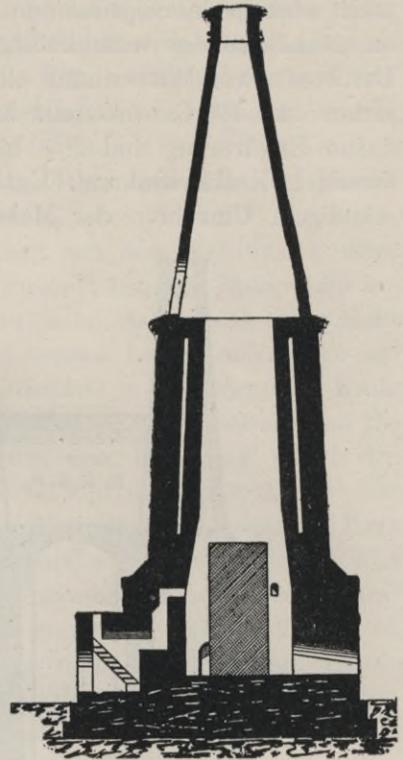


Abb. 71. Durchschnitt.

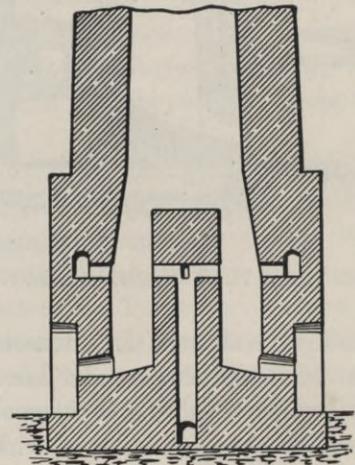


Abb. 72. Gaszuführung.

Abb. 71 und 72. Schachtofen für Gasfeuerung. (*Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop*, G. m. b. H., Berlin.)

geschieht entweder, indem man ihn in Körben in Wasser eintaucht und dann ausschüttet, oder indem man ihn mit einer Sandschicht bedeckt und diese besprengt, meist aber in den sogenannten Löschbänken, das sind flache hölzerne Behälter, die an einer Seite eine verschließbare, mit einem Gitter versehene Abflußöffnung haben. Der Zusatz von Wasser muß allmählich geschehen, da der Kalk sonst „ersäuft“. Er nimmt auf 100 Gewichtsteile 32 Teile Wasser auf und bildet sich dabei unter lebhafter Erwärmung und  $2\frac{1}{2}$ - bis 3facher Vergrößerung seines Volumens zu pulverförmigem Kalkhydrat um. Unter weiterem allmählichen Wasserzusatz und unter beständigem Umrühren der Masse mittels der Löschrücke erhält man den dünn-

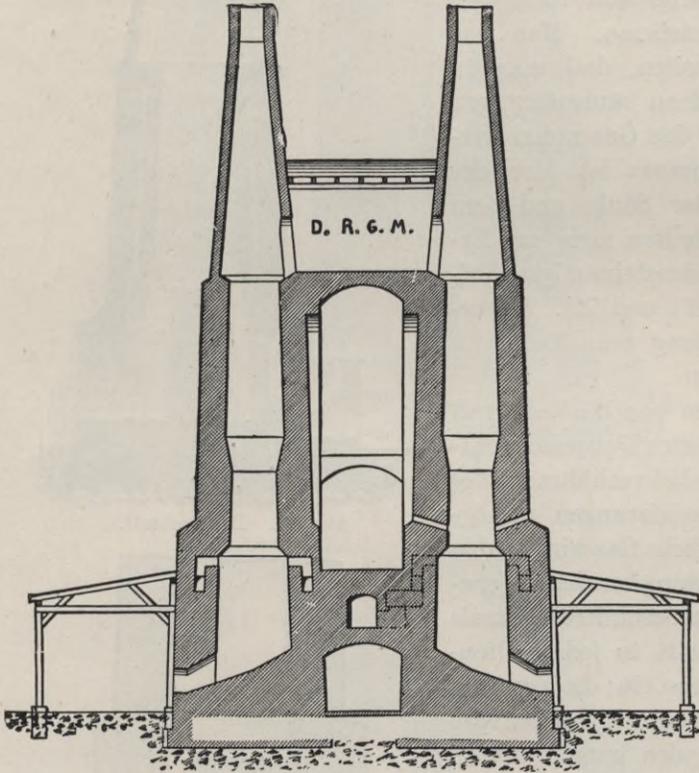


Abb. 73. Durchschnitt.

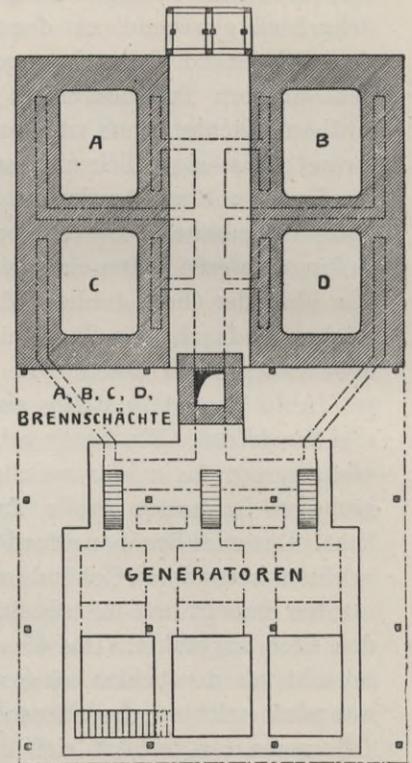


Abb. 74. Grundriß.

Abb. 73 und 74. Doppelschachtofen für Gasfeuerung. (Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

flüssigen Kalkbrei, der nunmehr aufbewahrt wird und zur Mörtelbereitung verwendbar ist. Man läßt ihn aus der Löschbank in die Kalkgrube fließen — nicht ausgemauerte Erdgruben —, wo das überschüssige Wasser noch lösend auf einzelne noch unaufgeschlossene Kalkteilchen wirkt, dann aber versickert und etwaige schädliche Salze gelöst mit fortnimmt. Der so entstandene fette Kalkbrei — Speckkalk — muß geraume Zeit stehen, bis man sicher ist, daß sämtliche Kalkteilchen gelöst sind. Als äußeres Zeichen der Verwendungsbereitschaft nimmt man das Entstehen von 2 bis 3 cm breiten tiefen Rissen im Kalk an. In diesem Zustand läßt sich der Kalk unter Luftabschluß, d. h. mit einer starken Sandschicht bedeckt, lange aufbewahren. Das Ausstechen aus der Grube soll stets in flachen Lagen geschehen, damit der übrigbleibende Teil wieder gut mit Sand zugedeckt werden kann.

Beschaffenheit und Erhärtung des Mörtels. Je nach der Reinheit des Kalkes — fetter oder magerer Kalk — mischt man ihn zur Mörtelbereitung mit 2 bis 4 Teilen Sand. Die Kalkteilchen sollen nur in der Menge im Mörtel vorhanden sein, daß sie die Hohlräume im Sand gerade ausfüllen, und jedes Sandkorn ganz umschließen; üblich ist das Mischungsverhältnis von 1 Teil Kalk zu 3 Teilen Sand. Ein größerer Gehalt an Kalk vermehrt etwas die Festigkeit, aber verlangsamt auch das Abbinden, abgesehen von den größeren Kosten.

1 Raumteil Kalk und 2 Raumteile Sand ergeben 2,4 Raumteile Mörtel; 1 Raumteil Kalk und 3 Raumteile Sand 3,2 Raumteile Mörtel.

Die Erhärtung des Mörtels im Mauerwerk beginnt mit dem Verdunsten eines Teiles des Wassers, der Mörtel „zieht an“; der im Mörtelbett liegende Mauerstein besitzt nach wenigen Augenblicken bereits eine solche Adhäsion, daß er sich nicht mehr bewegen läßt. Der Mörtel nimmt nun aus der umgebenden Luft Kohlensäure auf und verwandelt sich, zunächst in seinen äußeren Flächen, in kohlen-sauren Kalk. Durch langsames Austrocknen verliert er einen Teil seines Wassergehaltes, und die einzelnen Teilchen von Sand und Kalkhydrat schließen sich, begünstigt durch den Druck des Mauerwerks, enger zusammen. Das im Mörtel enthaltene Kalkhydrat löst sich in dem Wasser auf und wird allmählich in kristallinischen kohlen-sauren Kalk durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft verwandelt, welcher einen festen Kitt zwischen den Steinen und dem Sand bildet. Erfahrungsmäßig bindet wasserarmer oder sehr schnell getrockneter Mörtel schlecht ab und ergibt nur geringe Festigkeit. Das energische Trocknen mittels Kokskörben ist daher nicht zu empfehlen. Grund dafür ist der Umstand, daß die Auflösung des Kalkhydrats im Wasser nur in geringem Umfang erfolgen kann, da das Wasser zu schnell verdampft. Daher ist auch gründliches Nässen der Mauersteine, besonders an warmen Tagen, notwendig. Das Mauern mit Kalkmörtel kann noch bei einer Außentemperatur von  $-2^{\circ}$  erfolgen; bei Verwendung warmen Wassers noch bis zu  $-3$  bis  $-4^{\circ}$ . Gut bereiteter Kalkmörtel erlangt eine Druckfestigkeit von etwa 40 kg/qcm, aber keine Zugfestigkeit, worauf bei der Berechnung von exzentrisch belasteten Bauteilen (Strebepfeilern, Kappenwiderlagern u. dgl.) Rücksicht zu nehmen ist.

Der zum Wandputz verwendete Kalk muß besonders gut durchgelöscht sein, da Teilchen ungelöschten Kalkes treiben und Ausplatzungen an der Wand verursachen würden. Er wird in der Regel etwas fetter gemischt wie Mauermörtel, meist im Verhältnis 1 :  $2\frac{1}{2}$ . Zum inneren Wand- und Deckenputz wird meist ein geringer Zusatz von Gips zum schnelleren Anziehen und besseren Haften des Putzes genommen.

5. Schamottemörtel. Zum Vermauern der feuerfesten Schamottesteine in Feuerungsanlagen benutzt man den aus einem Gemenge von zerkleinerten Schamottesteinen (Schamottemehl) und gepulverter Tonerde mit Wasser angemachten Schamottemörtel. Seine Erhärtung findet nur durch Austrocknen statt, daher empfiehlt es sich, das Mauerwerk mit engen Fugen und gut gegen Feuchtigkeit isoliert aufzuführen. Die Benutzung der Anlage darf erst nach völligem Trocknen des Mörtels erfolgen, da er sonst reißt.

## II. Wassermörtel.

Wie beim Kalkmörtel bereits erwähnt, ist der Gehalt der Kalksteine an Ton- und Kieselerde — neben anderen weniger wichtigen Beimengungen — entscheidend für sein Verhalten bei und nach dem Brennen und damit für seine Verwendungsart als

Mörtel. Zum Weißkalkmörtel können nur Kalksteine verwandt werden, die höchstens 10% fremde Beimischungen besitzen; sie löschen sich unter lebhafter Wärmeentwicklung und Raumvergrößerung mit Wasser zum fetten Kalk. Je höher nun der Gehalt an Ton- und Kieselerde steigt, desto magerer wird der Kalk. Er läßt sich bis zu einem Gehalt von etwa 15 bis 20° noch zu einem grobkörnigen Pulver ablöschen, welches schwache hydraulische Eigenschaft zeigt, d. h. es erhärtet mit Wasser angemacht, unter Abschluß der Luft (in feuchtem Erdreich oder unter Wasser) zu einer festen Masse. Bei noch höherem Gehalt an Ton- und Kieselsäure — etwa 20 bis 30% — verliert er die Eigenschaft, sich nach dem Brennen mit Wasser zu löschen, sondern muß zermahlen werden und ergibt nunmehr, mit Wasser angemacht, einen stark hydraulischen Mörtel von großer Festigkeit.

Die große Zahl der für die Bereitung von Wassermörtel in Frage kommenden Gesteine kann man in 3 Gruppen einteilen, die gleichzeitig etwa die historische Entwicklung darstellen. Das sind 1. die Puzzolanen oder hydraulischen Zuschläge; sie ergeben, mit fettem Kalk angemacht, hydraulischen Mörtel; 2. die natürlichen hydraulischen Kalke (Romazemente), die aus Kalksteinen durch einen nicht bis zur Sinterung getriebenen Brand erhalten werden und noch freien Kalk enthalten. Hierzu gehören die Romazemente, welche nach dem Brennen nicht mehr zu pulverförmigem Kalk gelöscht werden können, sondern erst gemahlen werden müssen; 3. die Portlandzemente, die aus natürlichen oder künstlichen Gemischen mit bis zur Sinterung getriebenem Brand erhalten werden und gebrannt keinen freien Kalk mehr enthalten. Während von den Luftmörteln nur der Gipsmörtel auch hydraulische Eigenschaften besitzt und als Wassermörtel verwandt werden kann, können umgekehrt die hydraulischen Kalke und Zemente sämtlich als Luftmörtel benutzt werden. Sie eignen sich in hohem Grade dafür nicht nur wegen ihrer großen Wetterfestigkeit (z. B. als Außenputz), sondern weil sie infolge ihres erheblich schnelleren Abbindens und Erhärtens dem Weißkalkmörtel gegenüber dem frischen Mauerwerk sehr bald eine erhebliche Standfestigkeit verleihen. Der Zementmörtel ist für stark beanspruchte Mauerkörper unentbehrlich.

**1. Puzzolanmörtel.** Eine Anzahl der in der Natur vorkommenden Erden und Gesteine, meist vulkanischen Ursprungs, besitzt einen hohen Gehalt an Kieselsäure bereits in aufgeschlossenem Zustand; sie erhärten daher, mit fettem Kalk in Wasser angemacht, unter Wasser durch Bildung von kieselsaurem und kohlen-saurem Kalk. Zu diesen Tonerdesilikaten, die man auch Zemente im engeren Sinne nennt, gehört von natürlichen Gesteinen zunächst die Puzzolanerde selbst, welche der ganzen Gruppe den Namen gegeben hat, und schon im alten Rom als Wassermörtel vielfach verwendet worden ist, wie wir durch *Plinius* und *Vitruv* wissen. Sie findet sich am Südwestabhang der Apenninen von Rom bis Neapel, hauptsächlich bei Puzzuoli, und ist ein vulkanischer, erdiger Tuff, dessen Farbe vom Gelblichen bis zum Aschgrauen wechselt, im Bruch feinkörnig, von erdiger, leicht zerreiblicher Beschaffenheit. Sie wird noch heute nicht nur in Italien, sondern auch in Frankreich und England viel verwandt.

Traß, auch Tuffstein oder Duckstein genannt, findet sich an den östlichen Abhängen des Eifelgebirges, hauptsächlich im Brohltal und Nettetal bei Andernach und Neuwied, als Erzeugnis der erloschenen Eifelvulkane. Während die oberen Schichten der Traßlager von lockerer, erdiger Beschaffenheit sind, findet er sich in den unteren

Schichten als ziemlich festes Gestein vor, welches, zu aschgrauem Pulver zermahlen, einen guten Wassermörtel ergibt. Er findet noch heute am Niederrhein und in Holland viel Verwendung, da seine Härte derjenigen des Zements fast gleichkommt. Das Mischungsverhältnis beträgt zweckmäßig 1 Teil Kalkbrei, 2 Teile Traß mit oder ohne 1 Teil Sand.

Santorinerde, ebenfalls ein Erzeugnis vulkanischer Tätigkeit, findet sich auf den griechischen Inseln Santorino, Therasia und Asprosini und ist dem Traß sehr ähnlich, nur besitzt sie einen größeren Gehalt an Kieselsäure. Sie soll sich vorzüglich für Bauten in Meerwasser bewährt haben.

Dieselbe Wirkung wie diese drei natürlichen Zemente haben auch die künstlich hergestellten Tonerdesilikate, d. h. gebrannte und gemahlene Tonziegel, nur in schwächerem Maße, ebenso Braun- und Steinkohlenasche sowie besonders Hochofenschlacke von günstiger Zusammensetzung, d. h. einem Gehalt von etwa 50 bis 60% Kieselerde und 15 bis 20% Tonerde. Sie ergeben, mit Kalkbrei angemacht, einen langsam bindenden, sehr fest werdenden Wassermörtel. Viel verwandt wird neuerdings Eisenportlandzement, welcher aus 70% reinem Portlandzement und 30% gekörnter Hochofenschlacke besteht (vgl. Normen S. 79).

Während diese Mörtel in früherer Zeit sehr vielfach verwandt wurden, sind sie allmählich von den sie an Gleichmäßigkeit und Härte übertreffenden künstlichen Zementen verdrängt worden und finden heute mehr oder weniger nur noch in der Umgebung ihrer Fundorte und den auf Wasserstraßen leicht erreichbaren anschließenden Ländern Verwendung, da sie dort erheblich billiger sind als andere Zemente.

**2. Natürliche hydraulische Kalke.** Die für die Darstellung der hydraulischen Kalke verwandten Rohstoffe sind die Mergel. Sie bestehen bei im einzelnen sehr verschiedener Zusammensetzung in der Hauptsache aus kohlen saurem Kalk, Tonerde, freier Kieselsäure, kohlen saurer Magnesia, Eisenoxyd, Alkalien. Man unterscheidet gewöhnlich je nach dem Gehalt des Mergels an Tonerde: Mergelkalke (20% Ton), Kalkmergel (20 bis 25%) und Tonmergel (25 bis 80%), Dolomitmergel (5 bis 30% kohlen saure Magnesia), Sandmergel und bituminöse Mergel bei starkem Vorhandensein dieser Stoffe. Sie verlieren, wie oben erwähnt, bei zunehmendem Gehalt an Tonerde die Fähigkeit, sich mit Wasser zu löschen, sondern müssen zu Pulver zermahlen werden. Beim Brennen, welches nicht bis zur Sinterung getrieben werden darf, wird die Kohlen säure fast vollständig ausgetrieben und die vorhandene Kieselsäure aufgeschlossen; ein Teil des Kalkes verbindet sich mit einem Teil der Kieselsäure bereits zu kieselsaurem Kalk. Der gebrannte Stein enthält also noch freien Kalk, welcher sich erst unter Einfluß des Mörtelwassers mit der übrigen Kieselsäure zu schnell erhärtenden, sehr festen Silikaten verbindet. Je nach ihrer Zusammensetzung ist Dauer und Höhe der Erhitzung beim Brennen verschieden; im allgemeinen verlangen Mergel mit vielem Tongehalt eine scharfe, kurze Hitze, dagegen tonarme Mergel milderer, aber längerer Brand. Die Steine werden etwa zur Faustgröße zerkleinert, und in Schachtföfen mit kurzer oder langer Flamme, auch in Ringöfen gebrannt. Die zur Verwendung kommenden Zerkleinerungsmaschinen sind dieselben wie bei der Portlandzement-Herstellung und sind dort genauer beschrieben (siehe S. 64ff.). Bei der wechselnden Zusammensetzung eines Kalksteinbruches in seinen verschiedenen Lagen und Adern ist zur Erzielung eines gleichmäßigen Erzeugnisses die dauernde Überwachung der Ge-

steine durch chemische Analyse erforderlich. Da der gebrannte und gemahlene Kalk Kohlensäure aus der Luft anzieht und dadurch minderwertig wird, ist luftdichte Verpackung und vor allem Verwendung von nur frischgebrannter Ware zu empfehlen. Da der auch vielfach als Luftmörtel verwandte hydraulische Kalkmörtel bei nicht genügendem Vorhandensein von Wasser nur schlecht abbindet und wenig erhärtet, ist das Anfeuchten der Ziegel und Nässen des Mauerwerks, besonders an heißen, trockenen Tagen notwendig. Der Mörtel soll ein bis zwei Tage vor der Verwendung angemacht werden und muß vor dem Gebrauch gut durchgearbeitet sein. Als Mischungsverhältnisse für die guten Sorten gelten 1 Teil Kalk zu 2 Teilen Sand für Mauerwerk im nassen Boden, 1 Teil Kalk zu 7 bis 9 Teilen Sand für aufgehendes Mauerwerk, 1 Teil Kalk zu 5 bzw. 6 Teilen Sand für Außen- und Innenputz. Die Verwendung der hydraulischen Kalke als Luftmörtel bürgert sich infolge ihrer großen Festigkeit und Wetterbeständigkeit für Außenputz immer mehr ein, besonders da er infolge seiner mageren Mischung kaum teurer wird, als Weißkalkmörtel.

Nachstehend einige der bekannten Sorten:

Romanzement ist ein wegen seiner Verwandtschaft mit dem Puzzolanzement „römischer Zement“ genannter, aus dem Septarienton an den Ufern der Themse bei London gewonnener Zement von rotbrauner Farbe und dem spezifischen Gewicht 0,82 lose und 1,27 gerüttelt.

Kufsteiner Romanzement entstammt den Brüchen von Kufstein, Reichenhäll, Perlmoos, Staudach u. a., gleicht in Farbe und Eigenschaften dem vorigen.

Bielefelder Romanzement, aus Wiesenmergeln gebrannt, in Westdeutschland viel gebraucht, Farbe hellbraun.

Portaer Romanzement aus der Mindener Gegend (Porta Westfalica), von hellgelber, sandsteinähnlicher Farbe, bindet sehr schnell (in 10 bis 15 Minuten) ab; zu wasserdichtem Putz und für Herstellung von Zementgußwaren viel verwandt.

Rüdersdorfer hydraulischer Kalk aus den bei Berlin gelegenen, gleichnamigen Kalkbergen; Farbe hellgrau.

Förderstedter hydraulischer Kalk aus dolomitischen Mergeln der Magdeburger Gegend hergestellt; Farbe gelblich.

Staudnitzer hydraulischer Kalk, aus einem Muschelkalkstein bei Jena hergestellt; Farbe grau bis gelblich

und andere mehr.

**3. Portlandzement.** Da die zur Herstellung von hydraulischem Kalk verwandten Kalkmergel in ihrer Zusammensetzung sehr schwanken, so ist auch demgemäß die Güte der daraus erbrannten Mergel eine wechselnde. Untersuchungen guter hydraulischer Kalke haben erwiesen, daß das Mischungsverhältnis von Ton zu Kalk sich in festen, ziemlich engen Grenzen halten muß, wenn der Kalk seine erforderliche Festigkeit bekommen soll. Man kam daher schon sehr bald dazu, die Zufälligkeiten der Natur in der Zusammensetzung der Rohstoffe auszuschalten und ein künstliches Gemisch von Ton und Kalk bestimmter Zusammensetzung zur Herstellung von Kalken — nunmehr Zement genannt — zu benutzen. In England gelang es 1824 *F. Aspdin*, aus einem Gemisch von Tonschlamm der Themse- und Medwaybuchten und Kalk, welches in bestimmtem Verhältnis fein gemahlen und gebrannt wurde, einen langsam bindenden aber sehr harten Zement von grünlichgrauer Farbe herzustellen, welchen er wegen seiner Ähnlichkeit mit dem Portlandstein Portlandzement

nannte. Diese Bezeichnung ist bis heute für den Zement und die ihn schaffende Industrie geblieben; man versteht unter Portlandzement „ein Produkt, entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und tonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandteilen bis zur Sinterung und darauffolgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit“.

In dieser Begriffserklärung, die die deutschen „Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement“ enthalten, sind die drei Hauptabschnitte des Herstellungsverfahrens gegeben: 1. das innige Mischen der Rohstoffe, 2. das Brennen, 3. das Zerkleinern bis zur Mehlfeinheit. Bevor die Herstellung selbst besprochen wird, ist einiges über Art und Auswahl der Rohstoffe zu sagen.

a) Rohstoffe. Als Kalk eignet sich am besten ein nicht zu harter, möglichst wenig Verunreinigungen enthaltender Kalkstein mit großem Gehalt an kohlenstoffsaurem Kalk, z. B. Kreide, Wiesenalk, Mergelkalk. Außer seiner chemischen Zusammensetzung kommt seine physikalische Beschaffenheit in Frage, da man weichen Stein wegen der leichteren Zerkleinerung dem harten vorzieht. Man hat bei Verwendung von hartem Kalkstein diesen zuerst gebrannt, abgelöscht und das entstehende Kalkhydrat dann mit Ton gemischt. Doch ist dieser Weg der Zerkleinerung der kostspieligere, und man betritt ihn daher bei der heutigen Vervollkommnung der Zerkleinerungsmaschinen für harte Steine nur noch in Ausnahmefällen.

Der zur Verwendung kommende Ton soll ebenfalls möglichst rein sein und viel Kieselsäure in leicht aufschließbarem Zustand enthalten. Daher ist ein Gehalt an Quarzsand unerwünscht. Feuerfeste Tone, d. h. Tone, die fast nur aus kieselsaurer Tonerde und Quarz bestehen, eignen sich nicht zur Zementherstellung, es scheint, daß die Anwesenheit von Alkalien und von Eisenoxyd, welche den Ton leichter schmelzbar machen, erforderlich ist.

b) Die Mischung der Rohstoffe. Das Verhältnis, in dem die beiden Rohstoffe miteinander zu mischen sind, ist abhängig von der jedesmaligen chemischen Zusammensetzung. Es wird durch Versuche festgestellt und muß dann sorgfältig innegehalten werden, da ein Überwiegen des einen oder des anderen die Güte des Zementes erheblich herabsetzt. Bei einem Überschuß des Kalkes tritt die unangenehme Eigenschaft des „Treibens“ des Zementes ein; ist der Ton im Überschuß, so bindet der Zement zu schnell ab, was stets auf Kosten der Festigkeit geschieht, sofern nicht schon die Zementklinker beim Brennen durch Zerrieseln (Zerfallen) unbrauchbar werden. Ungefähr wird das Verhältnis von Ton zu Kalk etwa 2 : 7 sein.

Die sorgfältige Aufbereitung der Rohstoffe und die Innigkeit der Mischung vor dem Brande ist von großem Einfluß auf die Güte des Zements. Sie wird erreicht, indem man Kalk und Ton für sich trocken zerkleinert und dann vermischt, oder indem man sie im Wasser löst bzw. zerteilt und naß mischt, oder indem man einen der beiden Stoffe in Wasser zerteilt und mit dem andern trocken zerkleinerten mischt. Je nachdem spricht man von dem trockenen, nassen oder halbnassen Verfahren. Welchem von diesen der Vorzug verdient, kann nur von Fall zu Fall durch örtliche Prüfung der Verhältnisse, Rohstoffe usw. festgestellt werden. Das nasse Verfahren bringt eine sehr innige Mischung beider Stoffe mit sich, bedarf aber infolge der großen Schlammgruben ausgedehnter Anlagen und eine dauernde Prüfung der Schlammmasse auf Richtigkeit der Zusammensetzung. Das trockene Verfahren verlangt gut

arbeitende Zerkleinerungsmaschinen, hat aber bei sonstiger guter Beschaffenheit der Rohstoffe den Vorzug der Einfachheit des Betriebes.

Das halbnaasse Verfahren tritt da ein, wo es erforderlich ist, nur einen Rohstoff, z. B. den Ton zu schlämmen, um ihn von starkem Sandzusatz zu befreien.

Die Herstellung beginnt mit dem Zerkleinern der Rohstoffe. Dazu bedient man sich je nach Art derselben verschiedener Maschinen, und zwar der Kollergänge, Walz-

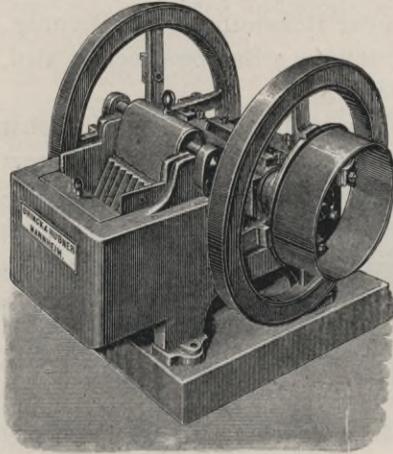


Abb. 75. Steinbrecher.  
(Brinck & Hübner-Mannheim.)

werke, Steinbrecher, Desintegratoren, Kugel- und Schleudermühlen, Mahlgänge und ähnlicher. Die ersten beiden Arten sind die nämlichen wie zur Ziegelherstellung verwandt werden (siehe diese). Die Steinbrecher, von denen Abb. 75 eine Art aus der Fabrik von *Brinck & Hübner* in Mannheim darstellt, bestehen im wesentlichen aus einem starken gußeisernen Gestell, in dem sich zwei geriffelte Backen aus Hartguß unter einem spitzen Winkel gegenüberstehen. Die eine sitzt fest am Gestell, die andere ist beweglich und wird durch einen auf der Achse sitzenden Exzenter vor- und zurückbewegt. Die oben hineingeworfenen Steine werden mit großer Gewalt zerdrückt und fallen unten durch einen Spalt zwischen den beiden Backen heraus, der verstellbar ist und somit die Kleinheit der Bruchstücke zu regeln gestattet.

Zur weiteren Zerkleinerung dienen die Desintegratoren (siehe Abb. 76). Diese Mühlen bestehen aus vier, sechs oder acht konzentrisch ineinanderlaufenden Trommeln, deren zylindrische Umfassungswände aus Stäben gebildet sind, welche an der einen

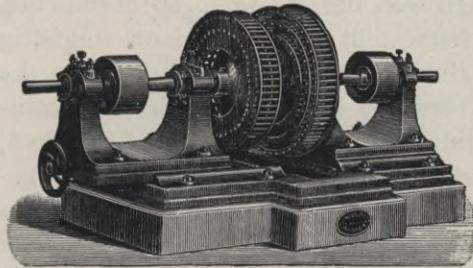


Abb. 76. Desintegrator.  
(Brinck & Hübner-Mannheim.)

Umhüllungskasten vollständig abgenommen; ein Spindelkasten herausgezogen.

Seite in Scheiben und an der andern in Ringen vernietet sind. Die erste, dritte und fünfte Trommel bilden ebenso wie die zweite, vierte und sechste ein zusammenhängendes Ganze, welches auf je einer Achse mit Riemenscheibe befestigt ist. Beide Teile werden in schnelle entgegengesetzte Bewegung versetzt und sind von einem eisernen Umhüllungskasten mit oberem Einwurfstrichter umgeben. Die zu zermahlenden Stoffe werden durch die Stäbe der einzelnen Trommeln teils zerschlagen, teils gegen die in entgegen-

gesetzter Richtung drehenden Stäbe der nächsten geschleudert und fallen immer mehr zerkleinert von Trommel zu Trommel, bis sie zu feinem Pulver zermahlen den Apparat an der Unterseite verlassen.

Eine andere Art Zerkleinerungsmühlen sind die Kugelmühlen, deren Durchschnitt Abb. 77 darstellt. In einer zylindrischen Trommel sitzt auf derselben Achse eine zweite prismatische, mit Spalten und kleinen Löchern versehene Trommel, die in ihrem Innern eine große Zahl gehärteter Stahl- oder Feuersteinkugeln verschiedener Größe enthält. Zwischen beiden sitzt ein feinmaschiges Drahtsieb. Das Mahlgut wird von

oben eingefüllt, durch das Aufeinanderfallen der Kugeln beim Drehen zerkleinert, geht durch das Sieb und fließt als Pulver durch die untere Öffnung wieder ab. Die im Sieb verbleibenden Rückstände gelangen wieder in das Innere der Trommel.

Zum Feinmahlen der gebrannten Klinker benutzt man meist Mahlgänge, wie sie Abb. 78 darstellt. Um eine senkrechte Achse dreht sich ein aus hartem Stein bestehender Mahlstein — bei neuerer Bauart meist der untere — mit großer Geschwindigkeit, indem er gegen den oberen gedrückt wird, und zerreibt das Mahlgut zur Mehlfeinheit. Die Aufgabe des Mahlguts geschieht oben durch einen Trichter, der Abfluß an der Unterseite.

Beim nassen Verfahren werden die beiden Rohstoffe — der Kalk nach vollständiger Zerkleinerung — in Schlämmgruben geschlämmt, wobei sich schwere Stoffe wie Sand, Steinstücke des Tons — absetzen, dann in Rührwerken durchgemischt und

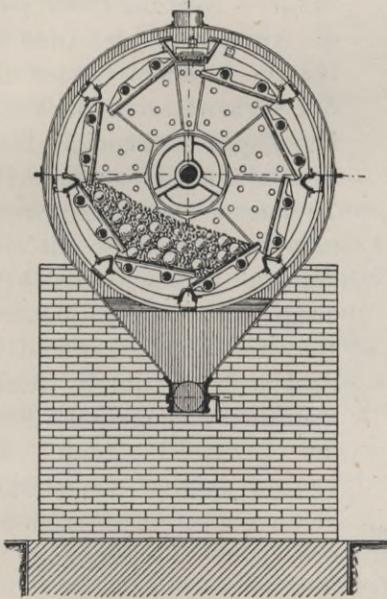


Abb. 77. Kugelmühle [Schnitt].  
(Brinck & Hübner-Mannheim.)

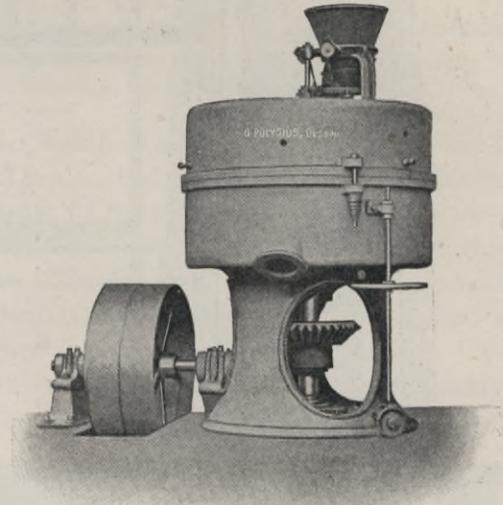


Abb. 78. Unterläufer-Mahlgang.  
(G. Polysius-Dessau.)

in Absatzgruben geleitet, wo die Schlämme durch Verdunsten des Wassers ein steifes, breiartiges Gefüge bekommt.

c) Das Brennen. Das Rohmehl sowohl wie die Schlämme in den Gruben sind nun fertig zum Brennen, müssen jedoch, da man bisher keine dafür geeigneten Brennvorrichtungen besaß, in Stückform übergeführt werden. Dies geschieht genau wie in der Ziegelei durch Einführen des mit dem nötigen Wasserzusatz versehenen Rohmehls bzw. der dicken Schlämme in Tonschneider und Strangpressen, in denen es nochmals gründlich durchgeknetet wird, und die es als ein den Ziegeln entsprechender Strang verläßt, der in einzelne Steine zerschnitten wird. Diese noch etwa 20 bis 25% Wasser enthaltenden Steine werden entweder in offenen Schuppen oder künstlichen Trockenanlagen getrocknet, so daß ihr Wassergehalt auf 8 bis 10% zurückgeht, und können nunmehr gebrannt werden. Beim Brennen treten drei Vorgänge unter verschiedenen Hitzegraden auf. Zuerst entweicht beim Anwärmen das noch vorhandene Wasser; dann wird bei etwa 900 bis 1000° — das ist Rotglut — die Kohlen-

säure ausgetrieben, und beim letzten und wichtigsten Teil des Brennvorgangs, der Sinterung bei etwa  $1400^{\circ}$ , findet die Aufschließung des Tonerdesilikats und seine Verbindung mit dem entstandenen freien Kalk zu Zement statt.

Die hierzu benutzten Öfen sind entweder für einmaligen Brand oder für Dauerbrand eingerichtet. Erstere

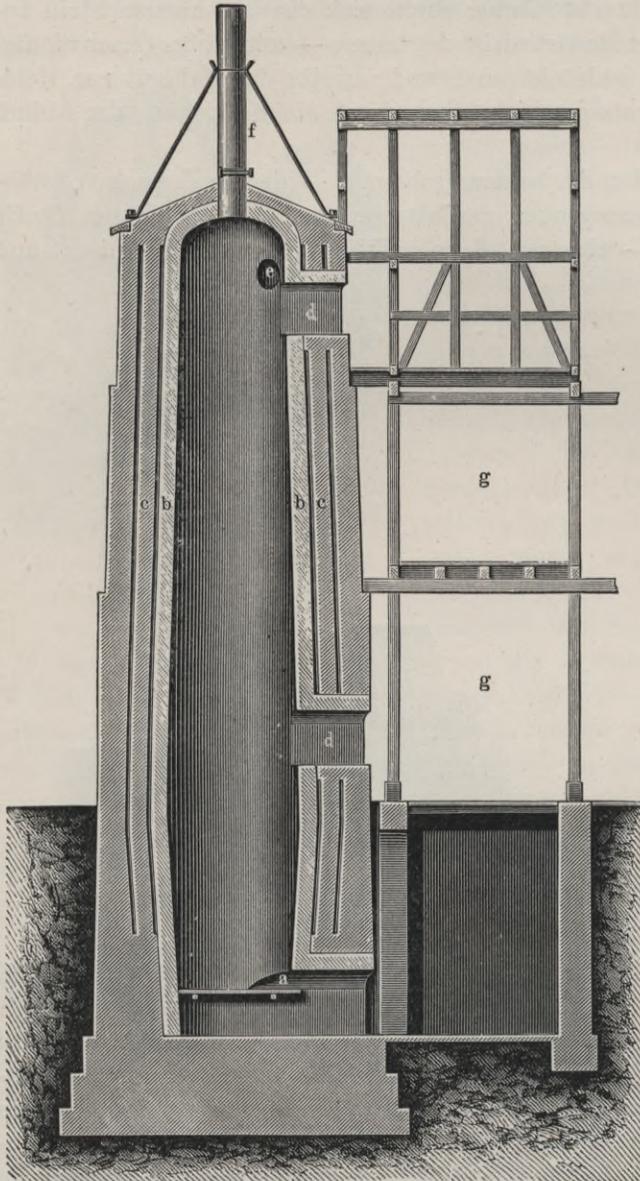


Abb. 79. Durchschnitt.

Abb. 79 und 80. Zementschachtofen.

entsprechen im wesentlichen den zum Kalkbrennen benutzten Schachtofen, letztere sind Ringöfen *Hoffmannscher* Bauart. Infolge der für das Brennen der Zementsteine erforderlichen hohen Temperaturen —  $1500$  bis  $1800^{\circ}$  — ist die Auskleidung der Öfen mit bestem Schamottefutter und das Vorhandensein eines starken Zuges notwendig. Einen Zementschachtofen stellt Abb. 79 und 80 dar. Der zylindrische Innenraum ist mit einer starken Schamotteschicht *b* ausgemauert und enthält zwei Einwurfsöffnungen *d* und ein Schauloch *e*, durch welches man die Vollendung des Brandes feststellen kann. Der Rost *a* besteht aus starken, herausziehbaren eisernen Stäben. Die Beschickung ge-

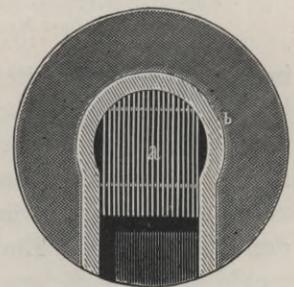


Abb. 80. Grundriß.

schieht, indem der Rost mit leicht entzündlichem Brennstoff (Holz, Reisig) gefüllt wird, worauf lagenweise die Zementsteine und der eigentliche Brennstoff (Koks) eingebracht werden. Danach werden die Einsatzöffnungen geschlossen, und der Ofen in Brand gesetzt. Nach dem Durchbrennen und Erkalten werden die Roststäbe herausgezogen, und die stark geschwundenen, zum Teil zusammengesinterten Zementklinker abgezogen.

Der Ringofen hat sich für die Zementherstellung nicht in dem Maße bewährt, wie für die Ziegelei. Die Zementsteine schwinden sehr stark und lassen daher sehr bald den oberen Teil des Ofens im Querschnitt frei, wodurch den Rauchgasen ein Weg gewiesen wird, der ein gründliches Durchbrennen der Klinker ausschließt. Außerdem bereitet das Ausbringen und Zerkleinern der zusammengesinterten Klinkermassen manche Schwierigkeiten. Dem ersten Übelstand hilft man durch Einbau von Gurtbögen, die allerdings stark ausbrennen und öfter zu erneuern sind, oder durch Anordnung von Öffnungen im Gewölbe, die ein Nachfüllen von Zementsteinen gestatten, ab. Abb. 81 stellt in *A* eine frischgefüllte, in *B* eine Kammer mit zusammengesintertem Einsatz, in *C* eine ebensolche mit Nachfüllung dar.

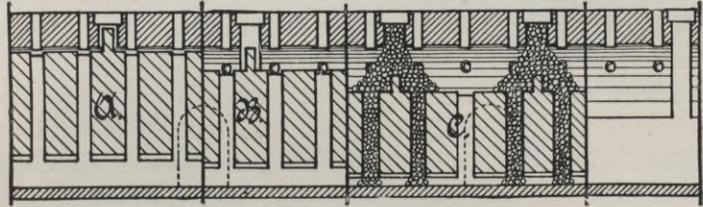


Abb. 81. Nachfüllen von Zementsteinen im Ringofen.  
(Wilhelm Eckardt & Ernst Hotop, G. m. b. H., Berlin.)

d) Das Mahlen und Verpacken. Beim Abziehen der gebrannten Zementsteine werden die glasartig zusammenschmolzenen, verbrannten

Stücke ausgesondert, ebenso wie die hellen, gelblich aussehenden ungarischen, der sog. Leichtbrand; letztere werden im nächsten Ofen nochmals gebrannt. Das Zerkleinern erfolgt genau wie bei den Rohstoffen zunächst in Brechwerken, welche die Masse in nußgroße Stücke bricht, sodann in Kugelmühlen oder Mahlgängen, in denen sie zu feinem Pulver zermahlen werden. Dieses Zementpulver wird zur Ausscheidung größerer Teile nachgesiebt und kommt dann als fertiger Zement in die Silos, aus denen er mittelst selbsttätiger Füllmaschinen oder von Hand in Tonnen von 170 kg oder Säcke von 57 kg Nettogewicht verpackt wird. Die Tonnen sind zur Vermeidung großer Streuverluste und zur besseren Trockenhaltung des Zements mit starkem Papier ausgeschlagen.

e) Moderne Drehrohrofenanlagen. Die unökonomische Ausnutzung der Brennstoffe, die der Schachtofen ergibt, der Umweg, den die Herstellung des Zements durch Nässen des Rohmehls, Formen, Trocknen und schwieriges Zerkleinern der Klinker machen mußte, sowie der Wunsch, sich bei den sich immer schwieriger gestaltenden Arbeiterverhältnissen von Menschenkraft möglichst unabhängig zu machen und gleichzeitig die Leistungen der Fabriken entsprechend den stetig wachsenden Anforderungen zu erhöhen, haben zu Versuchen mit einer neuen, eigenartigen Ofenanlage geführt, die jetzt als im wesentlichen abgeschlossen betrachtet werden kann und allgemein zur Einführung gelangt, das ist der Drehofen. Die ersten derartigen Öfen wurden 1897 in Lollar und 1898 in Haiger in Hessen-Nassau von der zur Einführung dieser Öfen gegründeten Brennofenbauanstalt Hamburg gebaut, deren Hauptbeteiligter *G. P.* war. Die Maschinenfabrik *G. Polysius-Dessau* erwarb die Abteilung *B. B. A.* und hat bis heute bereits etwa 210 Drehöfen gebaut. Während der Gang der Herstellung des Zements im allgemeinen derselbe geblieben ist, nur mit der Änderung, daß das Rohmehl bzw. die Schlämme unmittelbar zum Brennen gelangt ist, hat sich der äußere Charakter der Fabrik völlig geändert, wie aus nachstehendem hervorgehen wird.

Die Rohstoffe gelangen beim Trockenverfahren zuerst in die groben Zerkleinerungsapparate, und zwar der Kalk in Brechwerke, der Ton in Walzwerke. Hierin etwa zur

Nußgröße zerkleinert, werden sie in Trockentrommeln, die durch die aus den Öfen abziehenden heißen Rauchgase geheizt werden, von ihrer Grubenfeuchtigkeit befreit. Diese Trommeln, die je nach Bedarf 10 bis 18 m lang sind und einen Durchmesser von 1,0 bis 1,8 m haben, sind unter einem kleinen Neigungswinkel drehbar um ihre Mittelachse gelagert und werden langsam mittels elektrischer Kraft bewegt. Die Rohstoffe durchlaufen auf diese Weise von einem Ende bis zum andern, indem sie infolge der Drehung dauernd innerhalb der Trommel hinabfallen und so durch den durchgehenden heißen Luftstrom getrocknet werden. Hierauf werden sie, auf getrennten Wegen einem gemeinsamen Behälter zueilend, in diesem nach bestimmten Gewichtsteilen gemischt und gelangen nun in die Kugelmühlen, die ebenfalls Trommeln von ähnlichen Verhältnissen wie oben darstellen und innen eine große Anzahl Kugeln aus Feuerstein oder gehärtetem Stahl enthalten. In diesem zu feinem Pulver zermahlen, werden sie einem über dem Einlaufende der Drehöfen stehenden Vorratsbehälter zugeführt, aus welchem ein beständiger, regelbarer, etwas angefeuchteter Strom des Rohmehls in die Öfen fließt. Diese selbst bestehen nun ähnlich wie die Trocken- und Mehltrommeln aus etwas geneigt gelagerten, drehbaren eisernen Kesseln von 30, neuerdings sogar über 70 m Länge und 2 bis 3 m Durchmesser. Am höherliegenden Ende mündet das Einlaufrohr des Rohmehls, am andern Ende ist die Einströmöffnung für die heiße Luft, welche mit Ventilator eingepreßt wird und den ihr von oben zufließenden Kohlenstaub mit sich reißt und zu hoher Glut ( $1800^{\circ}$ ) bringt. Abb. 82 zeigt die Kopfseite eines Drehrohrofens mit dem Zuführungsrohr für die heiße Luft und den Kohlenstaub. Der Kopfteil des Ofens ist auf Rädern montiert, um für Instandsetzungen im Ofen gelöst und entfernt werden zu können. Der Ofen ist innen mit einer 25 cm starken Schamotteschicht ausgemauert. Das Rohmehl gelangt in den oberen Teil des Ofens, wird dort gänzlich ausgetrocknet und fällt infolge der Drehung immer weiter nach vorn, verliert dann in der Mitte des Ofens in einer Hitze von  $900$  bis  $1000^{\circ}$  seine Kohlensäure und kommt im letzten Drittel des Ofens, der Sinterzone, in helle Weißglut ( $1400^{\circ}$ ). Durch einen Kanal fällt der glühende Zement, nunmehr wieder zu etwa nußgroßen Stücken zusammengesintert, in die unter dem Drehofen liegende Kühltrommel, die in Größe und Anordnung der Bewegung den Trockentrommeln gleicht, aber an dem Auslaufende ganz offen ist (siehe Abb. 83). Ein Ventilator saugt kalte Luft in die Kühltrommel hinein, die dem heißen Zement entgegenströmt, sich dadurch selbst erwärmt und dann in die Drehöfen eingeblasen wird. Die gekühlten Zementklinker werden dann nach den Zerkleinerungsmaschinen hinbefördert und dort zu Pulver gemahlen, welches in Silos gesammelt und von dort in Tonnen oder Säcke verpackt wird. Die zum Brennen erforderliche Kohle wird ähnlich wie die Rohstoffe in Trommeln getrocknet, zerkleinert und dann als Kohlenstaub eingeblasen. Die heißen Abgase der Drehöfen werden von dem mitgerissenen Zementstaub befreit, indem sie durch eine Erweiterung des Rauchkanals gehen, in der der Staub sich absetzen kann; er wird gesammelt und selbsttätig dem Rohstoffbehälter wieder zugeführt.

Die Beförderung sämtlicher Stoffe vom Eingeben in den Betrieb an bis zum Einfüllen in die Tonnen und Säcke geschieht selbsttätig durch Maschinen bzw. Förderwerke. Diese sind für stückige Stoffe sog. Förderschwingen, schmale eiserne Tische von beliebiger Länge, die durch rüttelnde Bewegung die Stoffe verschieben (siehe Abb. 83 und 84); für pulverisierte Rohstoffe Förderschnecken, die durch Umdrehung

einer Schnecke in einem rohrförmigen Gefäß die Beförderung bewirken, und in senkrechter Richtung durch Becherwerke bekannter Bauart (siehe Abb. 84).

Die Leistungsfähigkeit eines 35 bis 40 m langen Drehofens von 2,0 bis 2,5 m Durchmesser beträgt über 500 Normalfaß täglich, wofür ein Kohlenbedarf von 24 bis 30% des erbrannten Klinkers erforderlich ist.

Abb. 82 und 83 geben die Ansicht des Kopfes eines Drehofens sowie der Kühltrommel, Abb. 84 den Längenschnitt durch die Ofenanlage wieder.

f) Eigenschaften des fertigen Zements. Der Portlandzement ist ein feines, unfühlbare Pulver von blaugrauer oder grünlichgrauer Farbe und schiefrigem, eckigen Gefüge der einzelnen Blättchen. Eine ins gelbliche oder rötliche gehende Farbe ist ungünstig, da sie meist einen zu hohen Gehalt an Kalk oder zu schwachen Brand bedeutet. Von großer Wichtigkeit ist die Feinheit des Kornes, da es, je feiner es ist, umsomehr in der Lage ist, sich gegenseitig beim Abbinden zu einem festen, innigen Gefüge zusammenzuschieben und allseitig Wasser zur chemischen Verbindung aufzunehmen. Die Zusammensetzung deutscher Portlandzemente hält sich in engen Grenzen; sie bestehen aus 58 bis 65% Kalk, 20 bis 26% Kieselsäure, 2 bis 5% Eisenoxyd, 4 bis 10% Tonerde, 0,5 bis 3% Magnesia und etwa je ebensoviel Alkalien und Schwefelsäure. Zusätze von Asche, Ton, Sand, Schlacke verschlechtern die Eigenschaften des Zements und sind daher verboten. Ein Zusatz von 2% ungebranntem Gips ist dagegen gestattet, da er, dem frischgemahlene

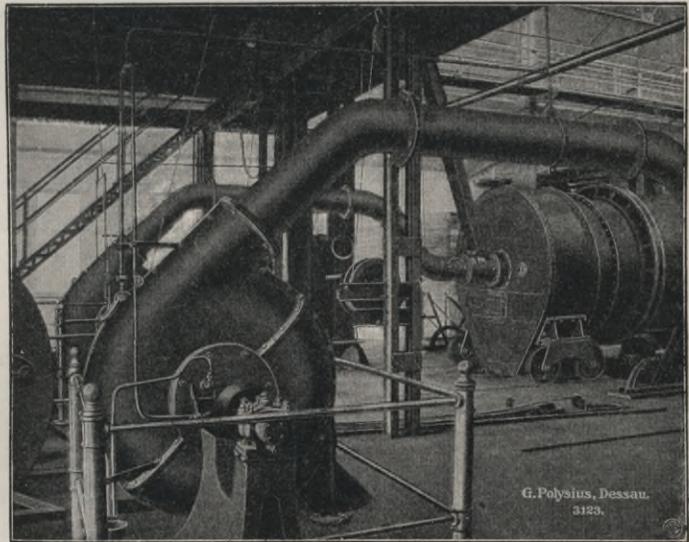


Abb. 82. Drehrohrofen [Kopfende]. (G. Polysius-Dessau.)

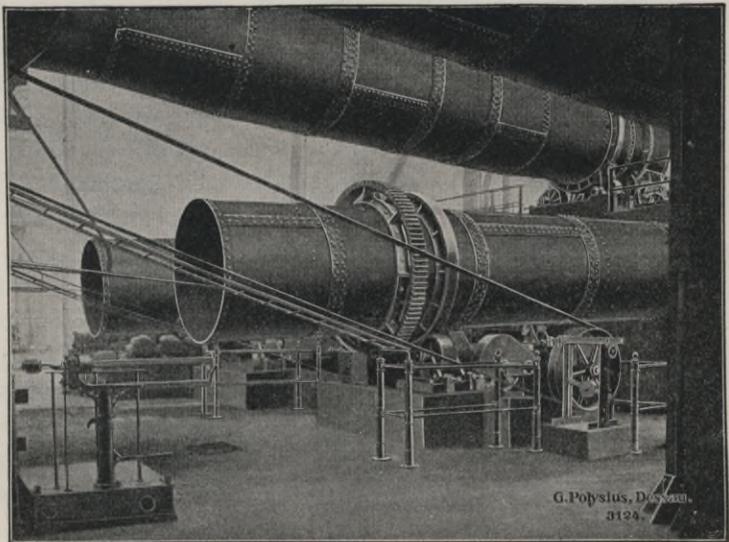


Abb. 83. Drehrohrofen mit Kühltrommel. (G. Polysius-Dessau.)

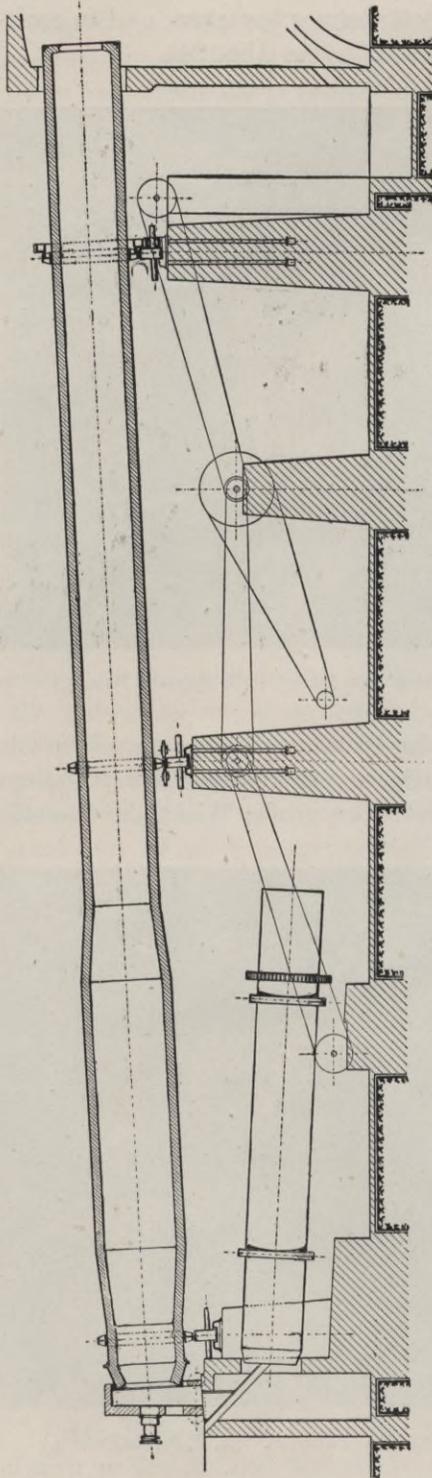


Abb. 84. Längenschnitt durch Drehrohrfen; darunter Kühltrommel. (G. Polygnus-Dessau.)

zugesetzt, ein langsames Abbinden bewirkt. Ein größerer Zusatz verbietet sich von selbst, da der Zement dann zu treiben anfängt. Günstig ist das Ablagern des frischen Zements in luftigen, trockenen Räumen. Er nimmt etwas Kohlensäure aus der Luft auf und bildet an der Oberfläche der Teilchen eine dünne Schicht, welche die sofortige Einwirkung des Wassers verhindert und den Zement dadurch langsamer bindend macht. Außerdem nimmt er durch Zerfallen einzelner Teilchen an Feinheit zu und wird, da dadurch gleichzeitig Spannungsverminderungen eintreten, volumbeständiger. Die Ansicht, daß Zement durch Ablagern an Güte verliert, trifft also nicht zu, wenn er nicht in feuchter Luft gelegen hat, wo er im Laufe der Zeit abzubinden beginnt und hart und stückig wird.

Das Abbinden des Zements beginnt sofort nach dem Anmachen mit Wasser und ist bei schnell bindenden Zementen in 2 Stunden beendet. Es geht unter Temperaturerhöhung — bei schnell bindenden Zementen bis zu  $10^{\circ}\text{C}$  — vor sich. Bei trockenem, warmen Wetter bindet er meist schneller ab als in kalter, feuchter Luft; bei Frost hört das Abbinden ganz auf, so daß bei einer Temperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$  Zementarbeiten nicht mehr ausgeführt werden dürfen. Ebenso ist ein zu großer Wasserzusatz nicht günstig; 25 bis 30% Anmachewasser sind genügend. Wichtig ist, daß der Zement in den ersten Tagen des Abbindens völlige Ruhe hat und genügend Feuchtigkeit besitzt. An warmen, trockenen Tagen sind daher Zementarbeiten dauernd mit Wasser zu besprengen. Mit dem Abbinden nicht zu verwechseln ist die Erhärtung des Zements, welche erst nach diesem beginnt. Sie ist in ihren Ursachen und Erscheinungen noch nicht genug aufgeklärt, scheint aber auf der Bildung eines wasserhaltigen Kalksilikats mit Tonerdehydrat und eines Kalkhydrats zu beruhen; bei Erhärtung

an der Luft findet auch Bildung von kohlensaurem Kalk statt. Das chemisch aufgenommene Wasser beträgt etwa 12 bis 20%. Eine wichtige Eigenschaft ist die

Raumbeständigkeit des Zements. Sie unterliegt naturgemäß geringen Schwankungen bei zu- oder abnehmender Wärme, wie alle Körper, kommt aber in der Praxis kaum in Betracht, besonders, da es sich selten um reinen Zement, sondern um Zement mit Sandzusatz handelt, dessen Wärmeausdehnung noch geringer ist. Fehlerhafte Zemente weisen aber eine mangelnde Beständigkeit auf, die man mit Treiben bezeichnet. Ihre Ursachen glaubte man bisher in zu hohem Kalkgehalt, besonders im Vorhandensein von schwefelsaurem Kalk (mehr als 2%) oder in der Ungleichheit der Mahlung zu sehen. Nach den neueren Untersuchungen von *Michaelis* sind sie aber in den Molekularspannungen, die dem Zementpulver an und für sich schon innewohnen, zu suchen und die zu einer Umlagerung der Moleküle im physikalischen und chemischen Sinne und einer Bildung von Kalkhydratkristallen führen können. Das spezifische Gewicht des Zements beträgt: im festen Zustand (Klinker) 3,18 bis 3,25, als Pulver lose 1,3, eingerüttelt 1,95. Es gestattet nicht, wie vielfach angenommen wird, einen Schluß auf die Festigkeit, die der Zement erreichen wird, mindestens wäre dabei die Voraussetzung gleicher Korngröße zu machen. Diese ist vielmehr abhängig von der Dichtigkeit des Mörtels, dem langsamen und ungestörten Abbinden, der Feinheit und Gleichmäßigkeit des Kornes. Die Zunahme der Festigkeit ist in den ersten Tagen nach dem Abbinden am größten, wird dann allmählich kleiner und findet erst nach Jahren ihren Abschluß. So beträgt sie nach Verlauf eines Jahres das  $1\frac{1}{2}$ -fache der Festigkeit nach 28 Tagen, welche bei den Prüfungen zugrunde gelegt wird. Das Verhältnis von Zug- zur Druckfestigkeit beträgt bei einer Mischung von 1 Teil Zement zu 3 Teilen Sand etwa 1 : 10; die absolute Festigkeit auf Zugbeanspruchung rund 25, auf Druck etwa 250 bis 300 kg/qcm. Da sich diese Festigkeitszahlen auf eingestampfte Probekörper beziehen, wird man für Mauermörtel aus 1 Teil Zement und 3 Teilen Sand etwa  $\frac{3}{5}$ , aus 1 Teil Zement und 2 Teilen Sand etwa  $\frac{2}{3}$  und aus 1 Teil Zement und 1 Teil Sand etwa  $\frac{3}{4}$  dieser Festigkeit zu rechnen haben. Für die Verwendung zum Mauern wird daher eine Mischung von 1 : 3 meist genügen. Zur Herstellung von wasserdichtem Putz verwendet man die Mischung 1 : 1.

Zur Erhöhung der Festigkeit gewöhnlicher Luftmörtel ist ein Zusatz von Portlandzement sehr geeignet, da er die Festigkeit bedeutend erhöht. So ergibt ein Kalkmörtel 1 : 4 mit Zusatz von 1 Teil Zement eine Festigkeit von etwa 90 kg/qcm (verlängerter Zementmörtel).

Seit 1907 fertigt die Portlandzementfabrik „Stern“ in Stettin weißen Portlandzement an, der sich für Herstellung von Kunststeinen, Fliesen, sowie zum Putz von Wandflächen gut zu eignen scheint. Seine Zugfestigkeit nach 28 Tagen soll 18 bis 21 kg/qcm, seine Druckfestigkeit 190 bis 200 kg/qcm betragen. Bei der hohen Bedeutung, die der Zement in seiner Verwendung als Mörtel und als Beton im Bauwesen einnimmt, ist die Möglichkeit einer einheitlichen Prüfung von großem Wert. Der Verein deutscher Portlandzementfabrikanten hat daher Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement aufgestellt, nach denen die Lieferung für alle staatlichen und städtischen Behörden, und die Prüfung in allen Versuchsanstalten stattfindet.

### *Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement.*

*Dezember 1909.*

#### **I. Begriffserklärung von Portlandzement.**

Portlandzement ist ein hydraulisches Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gewichtsteilen Kalk (CaO) auf 1 Gewichtsteil lösliche Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ ) + Tonerde ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) + Eisenoxyd ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), hergestellt

durch feine Zerkleinerung und innige Mischung der Rohstoffe, Brennen bis mindestens zur Sinterung und Feinmahlen. Dem Portlandzement dürfen nicht mehr als 3 v. H. Zusätze zu besonderen Zwecken zugegeben sein.

Der Magnesiagehalt darf höchstens 5 v. H., der Gehalt an Schwefelsäure-Anhydrid nicht mehr als  $2\frac{1}{2}$  v. H. im geblühten Portlandzement betragen.

#### Begründung und Erläuterung.

Portlandzement unterscheidet sich von allen anderen hydraulischen Bindemitteln durch seinen hohen Kalkgehalt, welcher eine innige Mischung der Rohstoffe in ganz bestimmtem Verhältnisse bedingt, wie sie (sehr wenige natürliche Vorkommen ausgenommen) mit Sicherheit nur auf künstliche Weise durch feinstes Mahlen oder Schlämmen und innigste Mischung unter chemischer Kontrolle zu erreichen ist.

Es muß im Interesse der Abnehmer verlangt werden, daß ähnliche, aus natürlichen Steinen durch einfaches Brennen hergestellte Erzeugnisse als „Naturzemente“ bezeichnet werden.

Durch das Brennen bis zur Sinterung (beginnende Schmelzung) erhält das Erzeugnis eine sehr große Dichte (Raumgewicht), welche eine wesentliche Eigenschaft des Portlandzements ist.

Ein Magnesiagehalt bis zu 5 v. H., wie er bei Verwendung dolomithaltigen Kalksteins im Portlandzement vorkommen kann, hat sich als unschädlich erwiesen, wenn bei Bemessung des Kalkgehalts der Magnesiagehalt berücksichtigt wurde.

Um den Portlandzement langsam bindend zu machen, ist es üblich, ihm beim Mahlen rohen Gips (wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk) zuzusetzen, außerdem enthalten fast alle Portlandzemente schwefelsaure Verbindungen aus den Rohstoffen und Brennstoffen.

Zusätze zu besonderen Zwecken, namentlich zur Regelung der Bindezeit, sind nicht zu entbehren, jedoch in Höhe von 3 v. H. begrenzt, um die Möglichkeit von Zusätzen lediglich zur Gewichtvermehrung auszuschließen.

Ein Gehalt bis zu  $2\frac{1}{2}$  v. H. Schwefelsäure-Anhydrid hat sich als unschädlich erwiesen.

#### II. Verpackung nach Gewicht.

Portlandzement wird in der Regel in Säcken oder Fässern verpackt. Die Verpackung soll außer dem Bruttogewicht und der Bezeichnung „Portlandzement“ die Firma oder Marke des Werkes in deutlicher Schrift tragen.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 v. H. nicht beanstandet werden.

#### Begründung und Erläuterung.

Da bei Verpackung sowohl in Säcken wie in Fässern verschiedene Gewichte im Gebrauch sind, so ist die Aufschrift des Bruttogewichts unbedingt nötig.

Durch die Bezeichnung „Portlandzement“ soll dem Käufer die Gewißheit gegeben werden, daß die Ware der diesen Normen vorgedruckten Begriffserklärung entspricht<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Der Verein deutscher Portlandzementfabrikanten verpflichtet und kontrolliert seine Mitglieder auf die Innehaltung der den Normen vorgedruckten Begriffserklärung und der darin festgelegten Eigenschaften des Portlandzements.

Diese Verpflichtung lautet:

„Die Vereinsmitglieder dürfen unter der Bezeichnung „Portlandzement“ nur ein Erzeugnis in den Handel bringen, welches dadurch entsteht, daß eine innige Mischung von feinerkleinerten, kalk- und tonhaltigen Stoffen oder Kalk-Tonerde-Silikaten bis zur Sinterung gebrannt und bis zur Mehlfeinheit zerkleinert wird. Sie verpflichten sich, jedes Erzeugnis, welches auf andere Weise, als oben angegeben, entstanden ist oder welchem während oder nach dem Brennen fremde Körper beigemischt wurden, nicht als Portlandzement anzuerkennen und den Verkauf derartiger Erzeugnisse unter der Bezeichnung „Portlandzement“ als eine Täuschung des Käufers anzusehen. Doch sollen von dieser Verpflichtung kleine Zusätze unbetroffen bleiben, welche zur Regelung der Abbindezeit des Portlandzements oder zu anderen besonderen Zwecken bis zur Höhe von 3 v. H. erforderlich sein können.

Die Vereinsmitglieder verpflichten sich ferner, den Portlandzement in allen Beziehungen gemäß den Bestimmungen dieser Normen zu liefern.

Wenn ein Konsument für besonderen Zweck ausnahmsweise gröber gemahlten Portlandzement, als in den Normen vorgeschrieben, oder gefärbten Portlandzement verlangt, so ist diese Lieferung gestattet.

Wenn ein Vereinsmitglied den vorstehend angegebenen Verpflichtungen zuwiderhandelt, soll dasselbe vom Verein ausgeschlossen werden. Der erfolgte Ausschluß ist öffentlich bekannt zu machen.“

Die Fabrikate der Vereinsmitglieder werden alljährlich im Vereinslaboratorium in Karlshorst bei Berlin nach jeder Richtung auf Einhaltung dieser Verpflichtung geprüft, das Resultat wird in der Generalversammlung bekanntgegeben.

### III. Abbinden.

Der Erhärtungsbeginn von normal bindendem Portlandzement soll nicht früher als eine Stunde nach dem Anmachen eintreten. Für besondere Zwecke kann rascher bindender Portlandzement verlangt werden, welcher als solcher gekennzeichnet sein muß.

#### Begründung und Erläuterung.

Der Erhärtungsbeginn von normal bindendem Portlandzement wurde auf mindestens eine Stunde festgesetzt, weil der Beginn des Abbindens von Wichtigkeit ist; dagegen ist von der Festsetzung einer bestimmten Bindezeit Abstand genommen, weil es bei der Verwendung von Portlandzement von geringer Bedeutung ist, ob der Abbindeprozeß in kürzerer oder längerer Zeit beendet wird. Etwaige Vorschriften über die Bindezeit sollten daher nicht zu eng begrenzt werden.

Um ein Unheil über das Abbinden eines Portlandzements zu gewinnen, rühre man 100 g des reinen, langsam bindenden Portlandzements 3 Minuten, des rasch bindenden 1 Minute lang mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glasplatte einen etwa 1,5 cm dicken, nach dem Rande hin dünn auslaufenden Kuchen. Die zur Herstellung dieses Kuchens erforderliche Dickflüssigkeit des Portlandzementbreies soll so beschaffen sein, daß der mit einem Spatel auf die Glasplatte gebrachte Brei erst durch mehrmaliges Aufstoßen der Glasplatte nach dem Rande hin ausläuft, wozu in den meisten Fällen 27 bis 30 v. H. Anmachwasser genügen. Man beobachte die beginnende Erstarrung.

Zur Feststellung des Erhärtungsbeginns und zur Ermittlung der Bindezeit bedient man sich der zylindrischen Normalnadel von 1 qmm Querschnitt und 300 g Gewicht, die senkrecht zur Achse abgesehritten ist. Man füllt einen auf eine Glasplatte gesetzten konischen Hartgummiring von 4 cm Höhe und 7 cm mittlerem, lichtem Durchmesser mit dem Portlandzementbrei (aus etwa 300 g Portlandzement) von der oben angegebenen Dickflüssigkeit und bringt ihn unter die Nadel. Der Zeitpunkt, in welchem die Normalnadel den Portlandzementkuchen nicht mehr gänzlich zu durchdringen vermag, gilt als der „Beginn des Abbindens“. Die Zeit, welche verfließt, bis die Normalnadel auf dem erstarrten Kuchen keinen merklichen Eindruck mehr hinterläßt, ist die „Bindezeit“.

Da das Abbinden von Portlandzement durch die Wärme der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflußt wird, insofern hohe Temperatur das Abbinden beschleunigt, niedrige Temperatur es dagegen verzögert, so ist es nötig, die Versuche, um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, bei 15 bis 18° C mittlerer Zement-, Wasser- und Luftwärme vorzunehmen und auch Geräte und Sand vorher auf diese Temperatur zu bringen.

Die Meinung, daß Portlandzement bei längerem Lagern an Güte verliere, ist irrig, sofern der Portlandzement trocken und zugfrei gelagert wird. Vertragsbestimmungen, welche nur frische Ware vorschreiben, sollten deshalb in Wegfall kommen.

### IV. Raumbeständigkeit.

Portlandzement soll raumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein auf einer Glasplatte hergestellter und vor Austrocknung geschützter Kuchen aus reinem Portlandzement, nach 24 Stunden unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

#### Erläuterung.

Zur Ausführung der Probe wird der zur Beurteilung des Abbindens angefertigte Kuchen bei langsam bindendem Portlandzement nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser gelegt. Bei rasch bindendem Portlandzement kann dies schon nach kürzerer Frist geschehen. Die Kuchen, namentlich von langsam bindendem Portlandzement, müssen bis nach erfolgtem Abbinden vor Trocknung geschützt werden, am besten durch Aufbewahren in einem bedeckten Kasten. Es wird hierdurch die Entstehung von Schwindrissen vermieden, welche in der Regel in der Mitte des Kuchens entstehen und von Unkundigen für Treibrisse gehalten werden können.

Zeigen sich bei der Erhärtung unter Wasser Verkrümmungen oder Kantenrisse, so deutet dies unzweifelhaft „Treiben“ des Portlandzements an, d. h. es findet infolge einer Raumvermehrung Zerklüften des Portlandzements unter allmählicher Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhangs statt, welches bis zu gänzlichem Zerfallen des Portlandzements führen kann.

Die Erscheinungen des Treibens zeigen sich an den Kuchen in der Regel bereits nach 3 Tagen; jedenfalls genügt eine Beobachtung bis zu 28 Tagen.

### V. Feinheit der Mahlung.

Portlandzement soll so fein gemahlen sein, daß er auf dem Siebe von 900 Maschen auf ein Quadratmeter höchstens 5 v. H. Rückstand hinterläßt. Die Maschenweite des Siebes soll 0,222 mm betragen.

## Begründung und Erläuterung.

Zu der Siebprobe sind 100 g Portlandzement zu verwenden.

Genaue Siebe sind im Handel nicht zu haben, deshalb sollen Schwankungen der Maschenweite zwischen 0,215 bis 0,240 mm zulässig sein.

Da Portlandzement fast nur mit Sand, in vielen Fällen sogar mit hohem Sandzusatz verarbeitet wird, die Festigkeit eines Mörtels aber um so größer ist, je feiner der dazu verwendete Portlandzement gemahlen war (weil dann mehr Teile des Portlandzements zur Wirkung kommen), so ist die feine Mahlung des Portlandzements von Wichtigkeit.

Es wäre indessen irrig, wollte man aus der feinen Mahlung allein auf die Güte eines Portlandzements schließen.

## VI. Festigkeitsproben.

Der Portlandzement soll auf Druckfestigkeit in einer Mischung von Portlandzement und Sand nach einheitlichem Verfahren geprüft werden, und zwar an Würfeln von 50 qcm Fläche.

## Begründung.

Da man erfahrungsgemäß aus den mit Portlandzement ohne Sandzusatz gewonnenen Festigkeitsergebnissen nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand schließen kann, namentlich wenn es sich um Vergleichung von Portlandzementen aus verschiedenen Fabriken handelt, so ist es geboten, die Prüfung von Portlandzement auf Bindekraft mittels Sandzusatz vorzunehmen.

Weil bei der Verwendung die Mörtel in erster Linie auf Druck in Anspruch genommen werden und die Druckfestigkeit sich am zuverlässigsten ermitteln läßt, ist nur die Prüfung auf Druckfestigkeit entscheidend.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräte zu benutzen, wie sie beim Königlichen Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde in Gebrauch sind<sup>1)</sup>.

## VII. Festigkeit.

Langsam bindender Portlandzement soll mit 3 Gewichtsteilen Normensand auf 1 Gewichtsteil Portlandzement nach 7 Tagen Erhärtung — 1 Tag in feuchter Luft und 6 Tage unter Wasser — mindestens 120 kg/qcm erreichen (Vorprobe); nach weiterer Erhärtung von 21 Tagen in Luft von Zimmertemperatur (15 bis 20° C) soll die Druckfestigkeit mindestens 250 kg/qcm betragen. Im Streitfalle entscheidet nur die Prüfung nach 28 Tagen.

Portlandzement, der für Wasserbauten bestimmt ist, soll nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag in feuchter Luft, 27 Tage unter Wasser — mindestens 200 kg/qcm Druckfestigkeit zeigen.

Zur Erleichterung der Kontrolle auf der Baustelle kann eine Prüfung auf Zugfestigkeit dienen. Der Zement soll in einer Mischung von 1 Teil Zement zu 3 Teilen Normensand nach 7 Tagen Erhärtung (1 Tag in der Luft, 6 Tage unter Wasser) mindestens 12 kg/qcm Zugfestigkeit aufweisen.

Bei schnell bindenden Portlandzementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen geringer, als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit aufgeführt werden.

## Begründung und Erläuterung.

Da verschiedene Portlandzemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Portlandzemente die Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als normales Verhältnis wird angenommen: 3 Gewichtsteile Sand auf 1 Gewichtsteil Portlandzement, da mit 3 Teilen Sand der Grad der Bindefähigkeit bei verschiedenen Portlandzementen in hinreichendem Maße zum Ausdruck gelangt.

Wenn aber die Ausnutzungsfähigkeit eines Portlandzements voll dargestellt werden soll, empfiehlt es sich, auch noch Versuchsreihen mit höheren Sandzusätzen auszuführen.

Portlandzement, welcher eine höhere Festigkeit zeigt, gestattet in vielen Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie auch schon wegen seiner größeren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Da die weitaus größte Menge des Portlandzements Verwendung im Hochbau findet und in kürzerer Zeit die Bindekraft sich nicht genügend erkennen läßt, so wird als maßgebende Prüfung die auf Druckfestigkeit nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag in feuchter Luft, 6 Tage unter Wasser und dann 21 Tage in Luft von Zimmertemperatur (15 bis 20° C) — bestimmt und damit den Verhältnissen der Praxis angepaßt.

Für den zu Wasserbauten bestimmten Portlandzement wird der praktischen Verwendung entsprechend die Prüfung nach 27 Tagen Wasserehärtung beibehalten.

<sup>1)</sup> Das Königliche Materialprüfungsamt führt auf Antrag die Prüfung und den Vergleich aller Geräte und Vorrichtungen zur Materialprüfung aus.

Da aus der Zugfestigkeit des Zements nicht in allen Fällen auf eine entsprechende Druckfestigkeit geschlossen werden kann, empfiehlt es sich bei sehr hohen Zugfestigkeitszahlen, nach 7 tägiger Erhärtung die Druckfestigkeit des Zements besonders zu prüfen.

Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muß überall Sand von gleicher Korngröße und gleicher Beschaffenheit (Normensand) benutzt werden.

Der deutsche Normensand wird aus einem tertiären Quarzlager der Braunkohlenformation in der Nähe von Freienwalde a. d. Oder gewonnen. Der fast weiße Rohsand wird in einer Waschmaschine gewaschen und künstlich getrocknet. Die Absiebung des trockenen Sandes geschieht auf Schwingsieben, die pendelnd aufgehängt sind. Auf dem einen Siebe wird erst das Grobe abgeseibt und dann auf dem anderen das Feine. Von jeder Tagesfertigung wird eine Probe auf Korngröße und Reinheit im Königlichen Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde kontrolliert.

Zur Kontrolle der Korngröße dienen Siebe aus 0,25 mm dickem Messingblech mit kreisrunden Löchern von 1,350 und 0,775 mm Durchmesser<sup>1)</sup>.

Der nach wiederholten Kontrollproben für gut befundene Normensand wird gesackt und jeder Sack mit der Plombe des Königlichen Materialprüfungsamts verschlossen<sup>2)</sup>.

#### Beschreibung der Proben zur Ermittlung der Festigkeit.

Da es darauf ankommt, daß bei Prüfung desselben Portlandzements an verschiedenen Orten übereinstimmende Ergebnisse erzielt werden, so ist auf die genaue Einhaltung der im nachstehenden gegebenen Regeln ganz besonders zu achten.

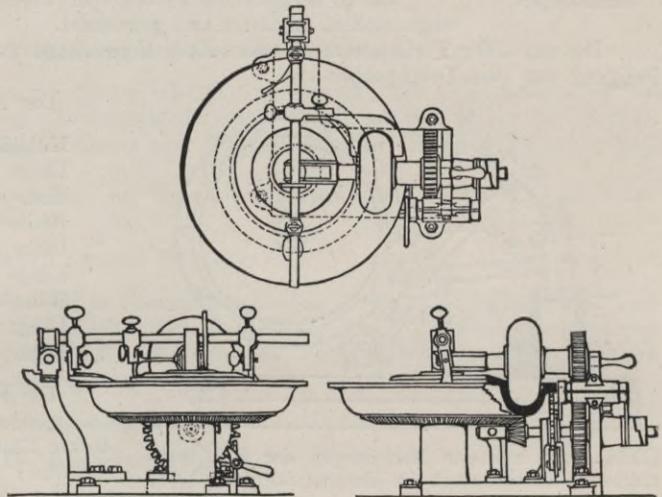
Zur Erzielung richtiger Durchschnittszahlen sind für jede Prüfung mindestens 5 Probekörper anzufertigen.

#### Anfertigung der Portlandzementsandproben.

Herstellung des Normalmörtels (1:3) und der Probekörper für die Festigkeitsversuche.

##### a) Mischen des Mörtels.

Das Mischen des Mörtels aus 1 Gewichtsteil Portlandzement und 3 Gewichtsteilen Normensand soll mit der Mörtelmischmaschine Bauart Steinbrück-Schmelzer (siehe die Abbildung) wie folgt geschehen: 400 g Portlandzement und 1200 g Normensand werden zunächst trocken mit einem leichten Löffel in einer Schüssel eine Minute lang gemischt. Dem trockenen Gemisch wird die vorher zu bestimmende Wassermenge zugesetzt. Die feuchte Masse wird sodann eine weitere Minute lang gemischt, dann in dem Mörtelmischer gleichmäßig verteilt und durch 20 Schalenumdrehungen bearbeitet.



Der Apparat soll haben:

Gewicht		Dicke	Durchmesser	Abstand der Walze von der Schale cm	Abstand vom Drehpunkt der Schale bis Mitte Walze cm
mit Achse	ohne Achse				
kg	kg	cm	cm	cm	cm
21,5—22,0	19,1—19,4	8,08	20,25—20,35	0,50—0,60	19,7—19,8

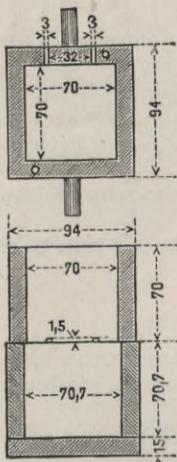
##### b) Bestimmung des Wasserzusatzes.

Die Ermittlung des Wasserzusatzes zum Normenmörtel erfolgt unter Benutzung von Würfelformen in folgender Weise:

<sup>1)</sup> Die Kontrollsiebe fertigt das Königliche Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde.

<sup>2)</sup> Den Verkauf dieses plombierten „Deutschen Normensandes“ hat das Laboratorium des Vereins Deutscher Portlandzementfabrikanten, Karlshorst, übernommen.

Trockene Mörtelgemische in oben angegebener Menge werden beim ersten Versuch mit 128 g (8 v. H.) und, wenn nötig, beim zweiten Versuch mit 160 g (10 v. H.) Wasser angemacht und im Mörtelmischer, wie vorgeschrieben, gemischt.



(Maße in Millimetern)  
Skizze der Druckform für die Versuchskörper.

850 bis 860 g des fertig gemischten Mörtels werden in die Druckform, deren Aufsatzkasten am unteren Rande mit zwei Nuten nach nebenstehender Abbildung versehen ist, gefüllt und im Hammerapparat von *Böhme* mit Festhaltung (nach *Martens*) mit 150 Schlägen eingeschlagen.

Nach dem Verhalten des Mörtels beim Einschlagen ist zu beurteilen, welcher Grenze der richtige Wasserzusatz am nächsten liegt; danach sind die Versuche mit verändertem Wasserzusatz fortzusetzen.

Der Wasserzusatz ist richtig gewählt, wenn zwischen dem 90. und 110. Schläge aus einer der beiden Nuten Portlandzementbrei auszufließen beginnt.

Das Mittel aus drei Versuchskörpern mit gleichem Wasserzusatz ist maßgebend und gilt für Anfertigung der Proben.

Der Austritt des Wassers erfolgt bei noch trockenen Aufsatzkästen langsamer als bei schon einmal benutzten, deshalb ist der Versuch bei erstmaliger Benutzung des Aufsatzkastens unsicher.

### c) Herstellung der Probekörper.

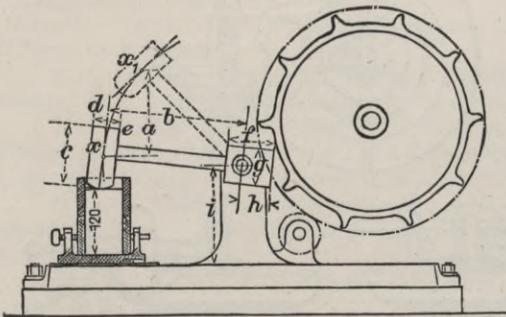
Die Anfertigung der Probekörper aus Normenmörtel soll wie folgt geschehen: 850 bis 860 g des vorschriftsmäßig gemischten Mörtels werden in die Normalwürfelformen<sup>1)</sup> gebracht und im Hammerapparat (Bauart *Böhme*, siehe die Abbildung) mit Festhaltung (Bauart *Martens*) unter Anwendung von 150 Schlägen eingeschlagen.

Die so hergestellten Probekörper werden an der Oberfläche mit einem Messer abgestrichen, geglättet und gezeichnet.

Die aus 400 g Portlandzement und 1200 g Normensand angemachte Mörtelmenge reicht zur Anfertigung von zwei Druckproben aus.

Der Apparat soll haben:

Hubhöhe des Hammers ( <i>a</i> )	= 168 mm
Länge des Hammerhebels ( <i>b</i> )	= 250 „
Höhe des Hammerkopfes ( <i>c</i> )	= 112 „
Breite des Hammerkopfes ( <i>d</i> )	= 51 „
Dicke des Hammerkopfes ( <i>e</i> )	= 51 „
Länge des Schwanzstückes ( <i>f</i> )	= 85 „
Höhe des Schwanzstückes ( <i>g</i> )	= 70 „
Länge des kurzen Hebels ( <i>h</i> )	= 61 „
Lagerhöhe ( <i>i</i> )	= 170 „



(Entnommen aus den Mitteilungen der Kgl. technischen Versuchsanstalt in Berlin, Jahrgang 1898, 2. Heft.)

Die Körper werden mit der Form auf nicht absaugender Unterlage in feucht gehaltene bedeckte Kästen gebracht und nach etwa 20 Stunden entformt; 24 Stunden nach erfolgter Herstellung kommen die Körper aus den Kästen unter Wasser von 15 bis 18° C.

Die für die Erhärtung unter Wasser bestimmten Probekörper dürfen erst unmittelbar vor der Prüfung dem Wasser entnommen werden. Das Wasser soll nicht mehr als 2 cm über den Probekörpern stehen und alle 14 Tage erneuert werden.

Die für die Erhärtung in Luft bestimmten Probekörper müssen einzeln freistehend auf dreikantigen Holzleisten im geschlossenen Raum zugfrei bei Zimmertemperatur gelagert werden.

### Behandlung der Proben bei der Prüfung.

Bei der Prüfung soll, um einheitliche Ergebnisse zu erhalten, der Druck stets auf zwei Seitenflächen der Würfel ausgeübt werden, nicht aber auf die Bodenfläche und die bearbeitete obere Fläche. Das Mittel aus den 5 Proben soll als die maßgebende Druckfestigkeit gelten.

<sup>1)</sup> Die Formen müssen vor Ingebrauchnahme gut gereinigt und leicht geölt sein. Am besten verwendet man eine Mischung aus  $\frac{2}{3}$  Rüböl und  $\frac{1}{3}$  Petroleum.

## *Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Eisenportlandzement.*

Dezember 1909.

### **I. Begriffserklärung von Eisenportlandzement.**

Eisenportlandzement ist ein hydraulisches Bindemittel, das aus mindestens 70 v. H. Portlandzement und höchstens 30 v. H. gekörnter Hochofenschlacke besteht. Der Portlandzement wird gemäß der Begriffserklärung der Normen des Vereins Deutscher Portlandzementfabrikanten hergestellt. Die Hochofenschlacken sind Kalk-Tonerde-Silikate, die beim Eisen-Hochofenbetrieb gewonnen werden. Sie sollen auf 1 Gewichtsteil lösliche Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ ) + Tonerde ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mindestens 1 Gewichtsteil Kalk und Magnesia enthalten. Der Portlandzement und die Hochofenschlacke müssen fein vermahlen, im Fabrikbetriebe regelrecht und innig miteinander vermischt werden. Zusätze zu besonderen Zwecken, namentlich zur Regelung der Bindezeit, sind nicht zu entbehren, jedoch in Höhe von 3 v. H. der Gesamtmasse begrenzt, um die Möglichkeit von Zusätzen lediglich zur Gewichtsvermehrung auszuschließen.

#### Begründung und Erläuterung.

Durch langjährige, staatlich ausgeführte Versuche ist festgestellt worden, daß, wenn geeignete, gekörnte Hochofenschlacke bis zu 30 v. H. mit Portlandzementklinker fabrikmäßig innig gemischt wird, der so erhaltene Zement „Eisenportlandzement“ dem Portlandzement als gleichwertig zu erachten ist und nach dessen Normen beurteilt werden kann.

Der Eisenportlandzement steht unter der regelmäßigen Kontrolle des Vereins Deutscher Eisenportlandzementwerke, dessen Mitglieder sich gegenseitig verpflichtet haben, den Eisenportlandzement genau nach der vorstehenden Begriffserklärung herzustellen.

### **II. Verpackung und Gewicht.**

Eisenportlandzement wird in der Regel in Säcken oder Fässern verpackt. Die Verpackung soll außer dem Bruttogewicht und der Bezeichnung „Eisenportlandzement“ die Firma oder Marke des Werkes, sowie das in die Zeichenrolle des Patentamtes eingetragene Warenzeichen des Vereins in deutlicher Ausführung tragen.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 v. H. nicht beanstandet werden.

#### Begründung und Erläuterung.

Da bei Verpackung sowohl in Säcken wie in Fässern verschiedene Gewichte im Gebrauch sind, so ist die Aufschrift des Bruttogewichts unbedingt nötig. Durch die Bezeichnung Eisenportlandzement und Führung des Warenzeichens des Vereins soll dem Käufer die Gewißheit gegeben werden, daß die Ware der diesen Normen vorgedruckten Begriffserklärung entspricht.

### **III. Abbinden.<sup>1)</sup>**

### **IV. Raumbeständigkeit.**

### **V. Feinheit der Mahlung.**

### **VI. Festigkeitsproben.**

### **VII. Festigkeit.**

#### b) Sand und Kies.

Man bezeichnet damit die losen Mengen der kleinsten Trümmerteilchen der Gesteine, die durch Verwitterungsvorgänge entstanden, losgelöst, fortgeschwemmt und an anderer Stelle abgelagert sind. Sie bestehen aus Quarz, Kalkstein, Glimmer, Feldspat und ähnlichen Mineralien. Für Bauzwecke wichtig ist der Quarzsand, der zur

<sup>1)</sup> Die Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Eisenportlandzement sind von III (siehe Seite 75 und Folge) ab gleichlautend mit den entsprechenden Normen für Portlandzement vom Dezember 1909.

Mörtelbereitung benutzt wird. Er soll scharfkantig, grobkörnig und frei von allen organischen oder erdigen und lehmigen Bestandteilen sein, da diese die innige Verbindung der Quarzkörner mit dem Bindemittel, die zur Erhärtung des Mörtels notwendig ist, verhindern würden. Nicht genügend reinen Sand kann man durch Waschen in flachen, rinnenförmigen Behältern oder besonderen Waschmaschinen verbessern. Sand, der einzelne grobe Beimengungen enthält, kann durch Sieben auf ein mäßig engmaschiges Sieb davon befreit werden. Je nach seinem Fundort unterscheidet man Gruben-, Dünen- oder Flußsand.

Zur Erzielung gleichwertiger Ergebnisse bei der Festigkeitsprüfung von Zementproben benutzt man Sand von gleicher Korngröße und gleicher Beschaffenheit. Dieser Sand wird dadurch gewonnen, daß man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen auf 1 qcm siebt, dadurch den größten Teil ausscheidet, und aus dem so erhaltenen Sande mittels eines Siebes von 120 Maschen auf 1 qcm noch die feinsten Teile entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll 0,38 mm bzw. 0,32 mm betragen.

Der zur Betonbereitung erforderliche Kies enthält Bestandteile von 2 mm aufwärts bis zur Nußgröße und ist am geeignetsten, wenn er möglichst sämtliche dazwischenliegenden Korngrößen enthält. Aus dem Grunde ist ein Zusatz von etwa 1 Teil scharfen Sand zu 6 bis 8 Teilen Kies günstig, da der daraus hergestellte Beton die wenigsten Hohlräume, somit das dichteste Gefüge und die größte Festigkeit erhält. Als Zusatz zum Mörtel wird feiner Kies zur Erzielung malerischen Aussehens bisweilen beim Fassadenputz verwandt. Eine Probe auf Reinheit von Kies und Sand macht man, indem man ein Wasserglas zur Hälfte damit anfüllt, dann Wasser darauf gießt und umrührt. Die Trübung des Wassers gibt die Verunreinigung mit Lehm, Kohleteilchen und anderen Beimengungen an.

### c) Wasser.

Auch die Beschaffenheit des Wassers ist von großem Einfluß auf die Güte des Mörtels. Am besten ist Regenwasser, da es das reinste, weichste, wenig Kohlensäure enthaltende Wasser ist. Auch Flußwasser ist, sofern es von schlammigen und organischen Bestandteilen frei ist, gut verwendbar. Brunnen- und Quellwasser führt vielfach Kohlensäure, Kalk, Magnesia oder Gips mit sich und ist, wenn diese Stoffe reichlich vorhanden sind — etwa 0,1% — zur Mörtelbereitung nicht geeignet. Derartig kalkhaltiges — hartes — Wasser ist daran zu erkennen, daß es beim Kochen Flocken absetzt, und mit Seife nicht schäumt, sondern trübe wird. Seewasser mit etwa 3% Salzgehalt ist ganz ungeeignet zur Mörtelbereitung, da es, besonders beim Zement, die chemischen Verbindungen stört bzw. auflöst.

## 3. Zubereitung des Mörtels.

Sie erfolgt durch Mischen der einzelnen Bestandteile entweder mit der Hand oder mittels Maschinen. Das erstere erfolgt auf der sog. Mischbank, einem mit sauberen Brettern dicht abgedeckten Platz von etwa 4 × 6 m Größe. Die Bestandteile werden nach Raummaßen im bestimmten Verhältnis derart zusammengetan, daß zuerst der Sand in einem flachen Haufen aufgebracht wird, darauf das Kalk- bzw. Zementpulver.

Dann wird von zwei Arbeitern der ganze Haufen mittels Spaten zweimal umgesetzt, während ein dritter das Umgesetzte durchharkt ohne Zusatz von Wasser; erst beim dritten Mal wird mit einer Gießkanne gleichmäßig soviel Wasser darauf gegeben, daß der Mörtel gut durchfeuchtet wird.

In größeren Verhältnissen bedient man sich zur Mörtelbereitung der Maschinen, die entweder mittels der Hand oder mittels Dampf- bzw. elektrischer Kraft getrieben werden. Sie sind meist nach der Art der Ton-schneider gebaut und bestehen aus einem länglichen Gefäß mit darin liegender Schneckenwelle.

Abb. 85 stellt eine Mörtelmaschine für Hand-, Göpel- und Dampftrieb dar, mit einer stündlichen Leistung von 1 cbm Mörtel; Abb. 86 eine Maschine für Dampftrieb mit einer stündlichen Leistung von 6 bis 8 cbm Mörtel.

Die Mörtelbereitung muß mit großer Sorgfalt geschehen, insbesondere ist auf inniges Durchmischen Wert zu legen. Ein zu starkes Annässen der Mischung beim Bereiten mit der Hand ist schädlich, da das Wasser das pulverförmige Bindemittel fortspült. Die Gefäße und Kalkkästen müssen vor dem Einbringen neuen Mörtels von

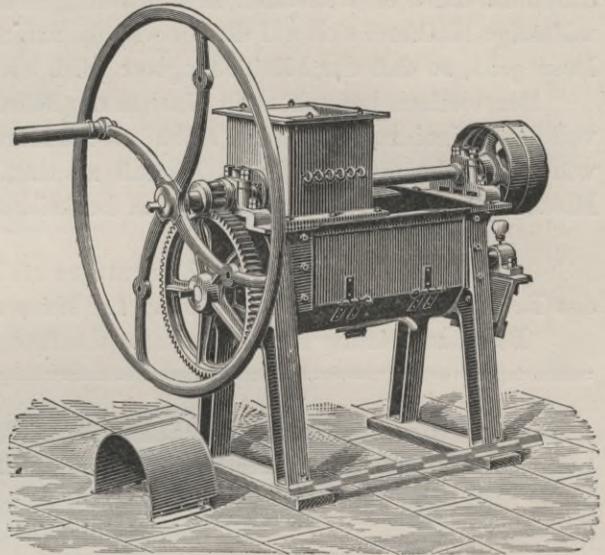


Abb. 85. Mörtelmischmaschine für Handbetrieb.  
(Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen.)

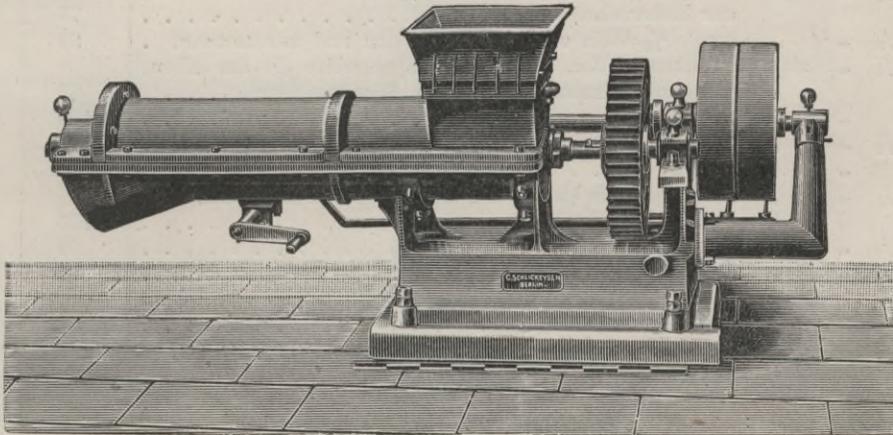


Abb. 86. Mörtelmischmaschine für Kraftantrieb.  
(Rixdorfer Maschinenfabrik G. m. b. H. vorm. C. Schlickeysen.)

alten, bereits hart gewordenen Resten gereinigt sein. Weißkalk und hydraulische Mörtel sollen 2 Tage vor dem Verbrauch angemacht sein, damit sie gleichmäßiger werden, und etwaiger freier Kalk noch ablösen kann. Zementmörtel und Beton dürfen nicht lange liegen, sondern sollen eine halbe Stunde nach dem Anmachen verarbeitet sein, da sie sonst abzubinden beginnen.

In großen Städten bestehen vielfach Mörtelwerke, die Weißkalkmörtel in großem Betriebe maschinenmäßig herstellen und in gebrauchsfertigem Zustand anliefern. Hierbei ist öfter festgestellt worden, daß beim Fahren der Mörtelwagen über Pflaster durch die dabei entstehenden Erschütterungen der Sand nach unten sinkt, der dünne, wässrige Kalkbrei sich auf der Oberfläche sammelt und dort während der Fahrt verloren geht, so daß der Mörtel magerer wird, als ursprünglich gemischt.

Der vielfach herrschenden Unsitte der Mörtelträger, in die Mulde 4 bis 5 Spaten voll Sand hineinzutun, um das Anhaften des Mörtels zu verhüten, wozu 1 bis 2 genügen würden, suche man möglichst Einhalt zu tun, da dadurch ein erheblich magereres Mischungsverhältnis, als ursprünglich beabsichtigt, zustande kommt.

**Zusammenstellung**  
des Bedarfes an Steinen und Mörtel für Maurer- und Dachdeckerarbeiten nach der  
Dienstanweisung für die Lokalbaubeamten der Staatshochbauverwaltung.

Gegenstand	Ziegel Stück	Mörtel Liter
1 cbm volles Mauerwerk aus Bruchsteinen erfordert 1,25 bis 1,30 cbm regelmäßig aufgesetzte Steine . . . . .	—	330
1 „ volles Ziegelmauerwerk erfordert . . . . .	400	280
1000 Ziegel in Wänden		
1000 „ „ Schornsteinen zu vermauern erfordern . . . . .	—	700
1000 „ „ „ Gewölben		
1 qm 1/2 Stein starke Ziegelmauer ohne Öffnungen erfordert . . . . .	50	35
1 „ 1 „ „ „ „ desgl. erfordert . . . . .	100	70
1 „ 1 1/2 „ „ „ „ desgl. „ . . . . .	150	105
1 „ 2 „ „ „ „ desgl. „ . . . . .	200	140
1 „ 1/2 „ „ „ Fachwerkwand auszumauern . . . . .	35	25
1 „ 1/2 „ „ „ desgl. zu verblenden (einschl. 1/2 Stein breiter Einfassung des Holzwerkes) . . . . .	75	50
1 „ 1/2 „ „ „ desgl. 1/2 Stein stark zu verblenden und auszumauern . . . . .	85	60
1 „ 1/2 „ „ starkes Tonnengewölbe, bis zu 4 m Spannweite (in der Ebene gemessen) einschl. der üblichen Hintermauerung . . . . .	95	70
1 „ 1 „ „ „ „ desgl. . . . .	190	140
1 „ 1/2 „ „ „ „ gedrücktes Gewölbe (elliptischen Querschnittes) desgl. . . . .	90	65
1 „ 1 „ „ „ „ desgl. . . . .	180	130
1 „ 1/2 „ „ „ „ Kreuzgewölbe (halbkreisförmig, die Grate 1 1/2 Stein breit und 1 Stein hoch) . . . . .	125	90
1 „ 1/2 „ „ „ „ desgl. (flachbogig, sonst wie vor) . . . . .	95	70
1 „ 1/2 „ „ „ „ Kappengewölbe (flachbogig, ohne Verstärkungsrippen) . . . . .	75	55
1 „ 1/2 „ „ „ „ desgl. (flachbogig, die Verstärkungsrippen 1 1/2 Stein breit und 1 Stein hoch) . . . . .	82	60
1 m freistehender Schornsteinkasten mit russischen Röhren (13: 20 cm) und 1/2 Stein starken Wangen bei 1 Rohr . . . . .	60	45
„ „ „ „ „ „ 2 Röhren . . . . .	100	70
„ „ „ „ „ „ 3 „ „ . . . . .	140	100
1 „ „ desgl. mit 1 russ. Rohr bei 1 Stein starken Wangen . . . . .	85	60
1 qm flachseitiges Ziegelpflaster in 12 mm starker Kalkmörtelbettung . . . . .	32	17
1 „ „ desgl. mit vergossenen Fugen, in Sandbettung . . . . .	32	8
1 „ „ hochkantige; Ziegelpflaster mit 6 mm starken Stoßfugen, in Mörtelbettung . . . . .	56	30
1 „ „ desgl. mit 6 mm starken Stoßfugen, ohne Mörtelbettung . . . . .	56	15
1 „ „ Beton-Estrich, 10 cm stark (8 cm Betonierung, 2 cm starker Überzug von Zementmörtel) . . . . .	—	50
1 „ „ Fliesenpflaster aus Granit-, Sandstein-, Schiefer- und Tonplatten, durchschnittlich . . . . .	—	25
1 m Rollschicht mit vollen Fugen. . . . .	13	10

Gegenstand	Ziegel Stück	Mörtel Liter
1 qm Verblendungsmauerwerk ohne Öffnungen, aus ganzen und halben Steinen im Kreuzverbande (gleichzeitig mit der Hintermauerung auszuführen) . . .	75	52
1 „ desgl. ohne Öffnungen, aus halben und viertel Verblendsteinen (nachträglich auszuführen) an viertel Steinen . . . . .	50	} 40
„ halben „ . . . . .	50	
1 „ glatter Wandputz, 1,5 cm stark . . . . .	—	17
1 „ „ „ 2 „ „ . . . . .	—	20
1 „ „ „ auf ausgemauerten Fachwerkwänden . . . . .	—	15
1 „ schlichter Fassadenputz mit Fugen . . . . .	—	20 bis 25
1 „ Ausfugung bei Feldstein- oder Bruchsteinmauerwerk . . . . .	—	15
1 „ „ „ Ziegelmauerwerk . . . . .	—	5
1 „ „ „ Fachwerk . . . . .	—	3
1 „ Rapp-Putz . . . . .	—	13
1 „ glatter Putz, auf halbkreisförmigen Tonnen- oder Kreuzgewölben, durchschnittlich . . . . .	—	26
1 „ „ „ auf gedrückten (elliptischen) Tonnen- oder Kreuzgewölben, durchschnittlich . . . . .	—	23
1 „ „ „ auf flachen oder böhmischen Kappengewölben . . . . .	—	20
1 „ Deckenputz, auf einfach gerohrter Schalung, mit Gipszusatz . . . . .	—	17
1 „ „ „ auf einfach gerohrter Schalung, ohne Gipszusatz . . . . .	—	20
1 „ „ „ auf doppelt gerohrter Schalung, mit Gipszusatz . . . . .	—	30
1 „ Wand- und Gewölbeflächen 2 mal zu schleimen: 0,5 Liter Kalk		
1000 Stück Dachsteine (Biberschwänze), böhmisch in Kalk zu legen . . . . .	—	720
1000 „ „ „ nur mit Kalk zu verstreichen . . . . .	—	480
1000 „ Dachpfannen in Kalkmörtel zu legen . . . . .	—	1200
1000 „ Hohlziegel (zur Dachdeckung) desgl. . . . .	—	720
1000 „ „ mit Kalkmörtel zu verstreichen . . . . .	—	350
1 qm Kalkleisten an Giebeln und Schornsteinen . . . . .	—	5
1 qm einfaches Dach aus Biberschwänzen auf 20 cm weiter Lattung . . . . .	35	—
1 „ Doppeldach „ „ „ 14 „ „ „ . . . . .	50	—
1 „ Kronendach „ „ „ 25 „ „ „ . . . . .	55	—
1 „ Deckung mit kleinen holländ. Pfannen (34 : 24 cm, 2 cm stark) . . . . .	20	—
1 „ „ „ großen „ „ (39 : 26 „ 1,5,, „ ) . . . . .	14	—
1 „ Falzziegeldach auf 31 cm weiter Lattung . . . . .	16	—
1 m Deckung des Firstes mit Hohlziegeln (40 : 17 cm, 2 cm stark) . . . . .	4	—

## II. Asphaltarbeiten.

### A. Entstehung, Vorkommen und Gewinnung des natürlichen Asphalts.

Unter Asphalt oder Bitumen versteht man eine Gruppe von meist schwefelhaltigen Kohlenwasserstoffen, die in verschiedener Form in der Natur sich vorfinden. Je nach der Art ihrer Flüchtigkeit und Flüssigkeit unterscheidet man flüssige Bitumina: Naphtha und Petroleum, die unter 200° C flüchtig werden, zähflüssige: Bergteer oder Malthe, zwischen 200 und 250° C flüchtig und feste: Erdpech, Asphalt im engeren Sinne, über 250° C flüchtig. In baulicher Hinsicht am wichtigsten ist der letztere; er findet sich nur vereinzelt und in geringen Mengen rein vor, meist ist er mit mineralischen oder quarzigen Beimengungen versetzt oder er durchdringt lockere porige Gesteine, wie z. B. Kalksteine, Dolomite usw. Diese bituminösen Gesteine pflegt man in der Technik auch kurz Asphalt zu benennen.

Über die Entstehung der Bitumina gehen die Ansichten noch auseinander. Die Annahme, er sei auf anorganischem Wege entstanden, scheint jetzt zurückzutreten

gegenüber derjenigen, die in ihm das Ergebnis einer Zersetzung bzw. natürlicher Destillation ausgedehnter pflanzlicher und tierischer Überreste sehen will, das unter hohem Druck und großer Wärme in die porigen Gesteinsmassen eingepreßt worden ist und diese völlig durchtränkt hat.

Von den zahlreichen Fundstellen des Asphalts ist das Tote Meer die älteste und bekannteste. Zahlreiche kleine, aus heißen Quellen entstammende Gewässer führen reinen Asphalt in geschmolzenem Zustande mit sich, und lagern ihn im Toten Meer ab, auf dessen Oberfläche er, da er leichter ist, als das stark salzhaltige Wasser, schwimmt. Er kühlt ab und lagert sich an den Ufern als harte glänzende schwarze Masse ab.

Eine der bedeutendsten Fundstellen ist die Insel Trinidad (Kleine Antillen), auf der sich der Asphalt in und an einem kleinen Binnensee in unerschöpflicher Menge vorfindet. Er ist nicht so rein wie der aus dem Toten Meer, sondern mit Sand und Wasser vermischt; er wird meist dort schon in großen eisernen Kesseln gekocht, von Wasser und einem Teil des Sandes befreit und kommt so in Fässern von 160 bis 170 kg als „Trinidad épuré“ in den Handel.

Weitere Fundorte sind Venezuela, Ita della Marina und Tampico in Mexiko, Kalifornien, Texas und Südungarn.

Während sich in allen diesen Orten der Asphalt in ziemlich reinem Zustande, nur vermischt mit wenigen mineralischen Beimengungen findet, enthalten die europäischen Asphaltlager ihn in Form von durchtränktem Kalkstein mit einem Gehalt an Bitumen von 1 bis 35%. Je weicher der Kalkstein ist, je weniger kohlen-saures Magnesium und je mehr Asphalt er enthält, desto wertvoller ist das Gestein für die Bearbeitung. Die wichtigsten Fundstellen sind Val de Travers im Kanton Neuchâtel, Seystel a. d. Rhône bei Genf, Lobsann im Unter-Elsaß, Ragusa auf Sizilien, Limmer bei Hannover und Vorwohle zwischen Kreiensen und Holzminden. Andere Fundstellen in Spanien, Dalmatien usw. sind ohne größere Bedeutung.

Das Asphaltgestein liegt meist in wagerechten Schichten und Lagern von mehr oder weniger großer Mächtigkeit, die oft durch Verwerfungen versetzt sind. Je nach der Höhe des darüberliegenden Abbaus und der Art des Geländes findet der Abbau im Tagebau, durch Stollen oder auch Minenbetrieb statt, und erfordert stellenweise, wie z. B. im Val de Travers starke Wasserhaltung. Das Lösen der Steine erfolgt durch Absprengen.

## B. Eigenschaften und Verwendung.

Die Eigenschaften, welche den Asphalt zu einem so wichtigen Baustoff gemacht haben, sind seine völlige Wasserundurchlässigkeit, seine Elastizität, seine Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse im Verein mit seiner leichten Formgebung und Verarbeitung. Der reine Asphalt ist eine schwarze, glänzende, zähflüssige Masse von eigenartigem Geruch und dem spezifischen Gewicht 1,1 bis 1,2. Der Asphaltstein weist je nach seinem Gehalt an Bitumen eine hell- bis dunkelbraune Färbung auf; das spezifische Gewicht beträgt je nach der Art des Gesteins 2,0 bis 2,2. Seine Verwendung im Baufach zerfällt in zwei Gruppen, nämlich 1. zur Abdichtung von Bauteilen gegen Feuchtigkeit und Wasserandrang und 2. zu Fußbodenbelägen für Innenräume sowohl wie für Straßen und Höfe. Diese zweite Art der Verwendung ist in Abschnitt XI, Fußbodenbeläge, S. 230 u. 231 behandelt. Seine Verwendung zu Abdichtungszwecken geschieht in der Form von

**1. Gußasphalt**, dessen Herstellung auf folgende Weise erfolgt. Der in den Minen gewonnene Asphaltstein wird nach Aussonderung des zu wenig Bitumen enthaltenden „tauben“ Gesteins zur Mehlfeinheit zerkleinert, was früher allgemein durch Erwärmen der handgroßen Stücke auf etwa 100° geschah. Dabei zerfällt das Gestein zu Pulver, nimmt jedoch Wasser auf, welches sich bei der weiteren Bearbeitung störend bemerkbar machte. Man hat neuerdings dies Verfahren verlassen und bedient sich jetzt fast ausschließlich der Hartzerkleinerungsmaschinen, Steinbrecher, Kollergänge, Desintegratoren u. a., wie sie bei der Herstellung der Ziegel, S. 10ff. und des Portlandzements, S. 66ff. beschrieben sind. Dies Rohmehl kommt, in Jutesäcke verpackt, in den Handel. Sein Gehalt an Bitumen ist zu gering, um damit völlig wasserundurchlässige Beläge zu erzielen; es läßt sich auch nicht flüssig verarbeiten. Beides wird durch Zusatz einer größeren Menge Bitumen zum Rohmehl erreicht. Man benutzte hierzu früher reinen, aus Asphaltgestein ausgeschmolzenen Bitumen, der in seinen Eigenschaften zwar vorzüglich war, aber so teuer, daß man von seiner Verwendung bei dem jetzigen Umfang der Industrie absehen mußte. Ein gutes Ersatzmittel bietet der Trinidad *épuré*, der auch heute meist verwandt wird; da er an sich aber zu spröde ist, um als Flußmittel verwandt zu werden, bedarf er noch eines Zusatzes von gutem Öl, um ein dem natürlichen Bitumen gleichwertiges Bindemittel zu ergeben. An Stelle des teuren Öls, für welches auch Rückstände von Rohpetroleum oder Braunkohlenteer verwandt werden dürfen, werden vielfach minderwertige Stoffe, welche in ihren mechanischen und chemischen Eigenschaften den vorigen nachstehen, wie Holz- und Steinkohlenteerpräparate zugesetzt, deren Erkennung in dem fertigen Erzeugnis nicht leicht ist.

Die Herstellung dieser Masse aus Rohmehl, Bitumen und Ölzusatz, die man Asphalt-Mastix nennt, geschieht in großen zylindrischen Kochkesseln, die ein Rührwerk enthalten, in der Weise, daß der Bitumen mit dem Öl zuerst eingebracht und bei 140° zum Schmelzen gebracht wird. Danach gibt man unter fortwährendem Umrühren einen Teil des Rohmehles zu, und wenn dieser gut durchgerührt ist, in ein oder zwei Sätzen den Rest, erhitzt bis auf etwa 180 bis 200° und läßt so lange durchrühren, bis die Masse völlig gleichmäßig ist. Sie läuft dann in eiserne Formen ein, welche den Stempel der Fabrik tragen und erhärtet. Diese sog. Mastixbrote sind rund 25 kg schwer, müssen beim Schlagen mit einem kräftigen Hammer in mehrere Stücke zerspringen, eine gleichmäßig tiefschwarze Farbe und einen glatten, gleichmäßigen Bruch aufweisen.

Zum Teil aus Sparsamkeitsrücksichten, zum Teil um dem Asphaltbelag größere Härte zu verleihen, verwendet man die Mastix nicht im reinen Zustande zum Gußasphalt, sondern setzt ihr etwa  $\frac{1}{3}$  des Gewichts an reinem gewaschenem Flußsand bzw. feinkörnigem Kies zu. Dieser Zusatz bedingt, um sie nicht zu strengflüssig zu machen, einen entsprechenden Zusatz von Bitumen und Öl (Gudron). Das Mischen dieser drei Stoffe geschieht in ähnlicher Weise wie die Herstellung des Mastix. Bei geringem Bedarf in kleinen eisernen Kesseln, die mit Holz gefeuert werden; man bringt zuerst den Gudron, dann die zerschlagenen Mastixbrote ein und läßt beides bei 160° sich gut vermischen; dann erfolgt der Zusatz von Kies oder Sand in Absätzen, so daß ein gutes Verrühren desselben möglich ist. Die fertige Masse muß so beschaffen sein, daß ein eingetauchter glatter Holzstab weder festklebt, noch zu großen Widerstand findet; im ersteren Fall hat noch ein Zusatz von Kies, im andern von Gudron zu erfolgen. Die Masse wird in eisernen Eimern zur Verwendungsstelle gebracht und

dort mit Holzspachteln breitgestrichen. Die Stärke des Belages beträgt 1, 1 $\frac{1}{2}$  oder 2 cm. Zur Asphaltierung größerer Flächen bedient man sich mit Vorteil fahrbarer Kessel, welche während der Fahrt geheizt werden können und in denen ein Rührwerk durch die Übertragung der Wagenräder in Tätigkeit gesetzt wird. Bei Ankunft des Wagens auf der Baustelle ist die Masse meist fertig; das Umrühren bei einer neuen Füllung, während der Wagen stillsteht, geschieht mittels aufgesetzter Kurbel durch den Arbeiter.

**2. Gudron.** Zur Abdichtung geneigter oder senkrechter Flächen bedarf man des Asphalts in einem dünnflüssigeren Zustand, in dem er sich mit dem Pinsel streichen läßt, und in dem er frei von erdigen und sandigen Bestandteilen ist. Man stellt ihn in der Form dar, indem man natürliches Bitumen, meist Trinidad épuré mit leichtflüssigeren Ölen oder Teer verkocht. Als solche werden meist Rückstände aus der Herstellung des Rohpetroleums benutzt (sog. Petrolasphalt). Das Kochen der Masse geschieht in großen eisernen Kesseln, in denen zunächst der Trinidad Asphalt zum Schmelzen gebracht wird, sodann die Petroleumrückstände, etwa 25%, dazu getan werden und die ganze Masse bei 160 bis 180° gut durchgekocht wird, bis keine Ausstoßung von rauchenden Gasen mehr erfolgt und die Oberfläche der Masse blank bleibt. Vermittels eines Ablaufhahnes wird der Gudron dann in Fässer von etwa 230 kg Inhalt gefüllt, in welchen er in den Handel kommt.

Bei der Verwendung wird er in eisernen Kesseln erhitzt und in dünnflüssigem Zustande gut deckend mit einem starken Pinsel auf die zu streichenden Flächen aufgetragen. Sind minderwertige Zusätze bei der Herstellung verwandt, so wird er im Laufe der Zeit hart und brüchig, da sich einzelne Bestandteile verflüchtigen. Er bildet eine zähe, elastische, glänzenschwarze Masse, und wird besonders zum Schutz von in dem Erdreich liegenden Bauteilen gegen Nässe verwandt. Bei guter Ausführung genügt ein einmaliger Anstrich, doch ist ein doppelter wegen der größeren Sicherheit vorzuziehen.

### C. Künstliche Asphalte.

Die Bestrebungen, das natürliche Bitumen durch billigere, möglichst gleichwertige künstliche Stoffe ganz oder teilweise zu ersetzen, sind erst seit der Zeit von einigem Erfolg gewesen, als man in verschiedenen Zweigen der Industrie (Herstellung von Leuchtgas usw.) Teer in großen Mengen als Nebenerzeugnis erhielt. Obwohl die aus diesem Steinkohlen-, Braunkohlen-, Holzteer, Ölschiefer- und Ölgasteer hergestellten Asphalte den natürlichen nicht ganz gleichkommen, finden sie in manchen Gebieten der Asphaltindustrie, z. B. der Herstellung der Dachpappe und ihrer Klebemittel, eine geeignete Verwendung, da die ihnen innewohnenden Eigenschaften als ausreichend dafür angesehen werden und ihr Preis ein erheblich geringerer ist, als der des natürlichen Asphalts. Auch als Zusatzmittel zu Asphaltmastix und Gudron werden sie vielfach verwandt; es ist deshalb bei Vergebung dieser Arbeiten die Verwendung derartiger künstlicher Stoffe ausdrücklich auszuschließen.

### D. Isolierpappen.

In manchen Fällen kann die Abdichtung der Gebäude gegen aufsteigende Feuchtigkeit anstatt durch Gußasphalt auch durch eine genügend starke gute Lage von Dach-

pappe erreicht werden, sofern die Pappe so elastisch ist, daß sie beim ungleichmäßigen Setzen eines Gebäudeteiles nicht reißt. Gut eignet sich hierfür die Ruberoid-Isolierpappe (siehe S. 86 ff.), welche in einer Stärke von 3 mm und Breiten entsprechend der Mauerstärke von 12,25, 38,51 cm usw. in Rollen von etwa 20 m Länge geliefert wird. Der Vorteil der Papplagen gegenüber dem Gußasphalt besteht darin, daß ein Herausdrücken der Masse durch die daraufkommende Last nicht stattfinden kann, und daß bei geneigten und gewölbten Flächen eine größere Standsicherheit der darauf befindlichen Bauteile eintritt, da ein Rutschen der Masse selbst nicht stattfindet. Besser als die immerhin noch leicht zerreißbare Pappe eignet sich ein Jutegewebe, das mit Asphalt überzogen wird. So besteht „Tektolith“ aus einem Gewebe, welches mit einem Gemisch von Leim, Glycerin, Zellulose und Wasser getränkt, auf beiden Seiten mit dünner Holzpappe bezogen und mit einem Asphaltüberzug versehen ist; „Pachytect“ ist in ähnlicher Weise aus einem Jutegewebe hergestellt, welches auf beiden Seiten mit Asphalt überzogen und besandet ist. Es wird in Rollen von 1 m Breite und 10 bis 20 m Länge hergestellt. Noch widerstandsfähiger, aber teurer sind Asphaltfilzplatten, welche aus gutem Filz, der durch und durch mit Asphalt getränkt und besandet ist, hergestellt werden. Sie werden als „einfache“ 0,7 cm stark und „doppelte“ 1 cm stark, 80 cm bis 3,0 m lang, den Mauerbreiten entsprechend breit angefertigt. Die Asphalt-Blei-Isolierung von *Siebel* besteht aus einer Platte von Walzblei (in 4 verschiedenen Stärken), die beiderseitig von einer dünnen Schicht Asphaltfilz bedeckt ist; die Gesamtstärke beträgt 4 bis 5 mm; die Rollen sind 15 bis 20 m lang und entsprechen den Mauerbreiten bis zur Breite von 1 m. Ein besonderer Vorteil ist die sichere Abdichtung der Stöße, die durch Auftrennen, Ineinanderschieben und Verkleben der drei einzelnen Lagen erfolgt. Alle diese Pappen werden außer gegen aufsteigende Feuchtigkeit und Grundwasser auch zum Abdecken von Tunnels, Kanälen, Festungsbauten und ähnlichen teilweise von Erdreich bedeckten Bauwerken mit Vorteil verwandt.

### III. Steinmetzarbeiten.

#### A. Allgemeines.

Unter Steinmetzarbeiten versteht man die Gewinnung und Bearbeitung der natürlichen Gesteine zu Bausteinen, einer der wichtigsten Gruppen der Baustoffe, da sie wegen ihrer Verbreitung über die ganze Erde und ihrer Ursprünglichkeit von alters her einer der meistverwendeten Baustoffe waren. Sie sind als Stoff überall vorhanden und, abgesehen von der ihnen zu gebenden Form, fertig zur Verwendung, im Gegensatz zu den künstlichen Steinen, welche erst durch irgendeine Behandlung ihrer Rohstoffe, meist ein Brennen bei hohen Temperaturen, ihren verwendungsfähigen Zustand erhalten. Die Anzahl der als Werksteine zur Verwendung kommenden Gesteinsarten ist sehr groß, ihre Eigenschaften sind naturgemäß sehr verschieden. Da bei der Leichtigkeit der modernen Beförderungsmittel die Verwendung einzelner Gesteine für Bauzwecke weit über die engere Heimat der Gesteine hinausgeht, ist eine gründliche Kenntnis von ihnen unumgänglich, wenn man in der Lage sein will, sich ein eigenes Urteil über einzelne zu bilden bzw. die von dem Lieferanten gemachten An-

gaben zu prüfen. Um diese zu erreichen, soll ein kurzer Abriß über die Entstehung der Gesteine vorausgeschickt werden, aus welchem sich ihre grundsätzliche Beschaffenheit und Einteilung ergibt.

## B. Entstehung, Einteilung und Lagerung der Gesteine.

Nach dem bisherigen Stand der Forschungen über die Entstehung der Erde hat die Annahme den höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit für sich, nach welcher die Erde ursprünglich ein feurigflüssiger Körper von hoher Temperatur war, dessen Oberfläche durch Abgabe von Wärme an den kalten Weltenraum allmählich erstarrte und so eine feste Kruste bildete, deren Zusammensetzung und Form im Lauf der Erdgeschichte einer Reihe von Veränderungen unterworfen war und bis auf den heutigen Tag noch ist. Der Erforschung der Erdkruste in größeren Tiefen stehen viele Schwierigkeiten entgegen, die ein weiteres Vordringen nach unten unmöglich machen; z. B. die auf je 30 m um 1° zunehmende Temperatur; so ist es bis jetzt nur gelungen, etwas über 2000 m tief einzudringen (Bohrloch bei Paruschowitz in Oberschlesien 2003 m, bei Czuchow, Kreis Rybnik, über 2004 m), was im Verhältnis zu dem Erddurchmesser [äquatorial 12 756, von Pol zu Pol 12 712 km<sup>1</sup>)] eine bescheidene Strecke vorstellt. Man unterscheidet unter den Gesteinsmassen drei große Gruppen: 1. Eruptivgesteine; sie drangen als feurigflüssige Massen aus dem Schoß der Erde bis an oder auf die Oberfläche empor oder wurden explosionsartig hervorgeschleudert und erstarrten dort. 2. Sedimentgesteine; sie sind Niederschläge aus dem Wasser oder aus der Atmosphäre, Ergebnisse der zerstörenden Tätigkeit des Wassers, welches Teilchen der bestehenden alten Gesteine ablöst, fortführt und an anderer Stelle absetzt. 3. Kristallinische Schiefer; ihre Entstehung und Umwandlung ist noch nicht mit Sicherheit geklärt, da sie die am tiefsten liegenden Gesteinsmassen darstellen; man glaubt in ihnen die ältesten Formationen, das sind die Urgebirge, die eigentliche Erstarrungskruste der flüssigen Erde zu ersehen. Da die geologischen Verhältnisse und die Eigenschaften der verschiedenen Gesteinsarten in engem Zusammenhang mit ihrer Bildung stehen, so sei auf die Entstehung und Entwicklung hier etwas näher eingegangen.

Die Erstarrung der Erdkruste, so nimmt man an, geschah unter einer starken Zusammenziehung und Schrumpfung, die einen Druck auf den inneren feurigflüssigen Kern zur Folge hatte. Die Schmelzmassen wurden somit nach oben gepreßt und suchten sich ihren Weg in vorhandenen Spalten und Höhlungen der Erdrinde. Sie gelangten teilweise bei großer Mächtigkeit der über ihnen lagernden Schichten nicht bis an die Oberfläche und erstarrten daher in der Tiefe, indem sie die Höhlungen ausfüllten; oder sie durchbrachen die Erdrinde völlig und wurden an die Oberfläche geschleudert. Diese Durchbruchstellen des glutflüssigen Erdkerns bezeichnen die Vulkane, von denen eine große Zahl erloschen ist, da infolge der stetig zunehmenden Abkühlung der Erdoberfläche die Erdrinde an Stärke zunahm und das Durchbrechen erschwerte. Man teilt nun, je nach dem Ort ihrer Erstarrung die Eruptivgesteine in plutonische oder Tiefengesteine und vulkanische oder Oberflächengesteine ein. Zu ersteren gehören u. a. Granit, Syenit, Diorit, Diabas und Gabbro, zu den letzteren

<sup>1</sup>) Aus Rinne: Gesteinskunde. S. 2.

Porphyr, Trachyt, Basalt und Lava. Für die Formen, in denen die Gesteine auftreten, hat man besondere Bezeichnungen; die plutonischen Gesteine erscheinen meist in Stöcken, das sind unregelmäßige, meist sehr ausgedehnte Massen, oder in Gängen, das sind Ausfüllungen von Erdspalten, daher nach einer Richtung hin von erheblich geringerer Ausdehnung, der Plattenform angenähert. Die vulkanischen Gesteine bilden häufig an ihrer Ausbruchsstelle bergförmige Erhöhungen, von welchen sich die flüssige Masse als Lavastrom ergießt und bei größerer Breitenausdehnung eine Decke bildet. Anders die Sedimentgesteine, welche im Wasser fortgeschwemmte und an anderer Stelle wieder abgesetzte Massen darstellen. Sie lagern sich in horizontalen Schichten oder Lagen von mehr oder minder großer Mächtigkeit, auch Bänke, Platten oder Flöze genannt. Sie geben naturgemäß einen genauen Abdruck der von ihnen eingenommenen Lagerfläche mit allen Erhabenheiten und Vertiefungen und sind insofern für die Geschichte der Erde von großer Bedeutung, als sie dadurch die erste Kunde vom Tier- und Pflanzenleben geben, dessen Reste sie als Versteinerungen bewahrt haben. So ist es gelungen, das Alter verschiedener Gesteinsarten annähernd festzulegen. Je nachdem die Sedimentgesteine nun den Niederschlag von Ausscheidungen aus Lösungen, meist Wasser, oder die mehr oder weniger chemisch unveränderten Trümmer älterer Gesteine darstellen, teilt man sie in Ausscheidungssedimente und Trümmergesteine ein; letztere in verkittete und lose, je nachdem die Trümmer durch ein festes Bindemittel wieder zu einer festen Gesteinsart geworden sind, oder in unverbundener loser Form auftraten. Zu den Ausscheidungssedimenten gehören Kalkstein, Dolomit, Gips, Anhydrit, Kieselgesteine und Quarz; zu den verkitteten Trümmergesteinen Sandsteine, Grauwacke, Schiefertone und Tonschiefer, Konglomerate und Breccien, während man unter den losen Trümmergesteinen Gerölle Geschiebe, Lehm, Sand und Erde versteht. Die dritte Gruppe, die kristallinen Schiefer, zeigen keine ausgesprochenen Formationen wie die beiden ersten; man glaubt in ihnen teils eruptives, teils sedimentäres Material zu sehen, was durch den in seinen Lagerungstiefen herrschenden Gesteinsdruck im Verein mit der erhöhten Temperatur und dem Wasser den verschiedenartigsten Umwandlungen unterworfen ist. Ältere Schiefergesteine zeigen vielfach schiefrige Schichtung, führen aber keine Versteinerungen, wie sie in den jüngeren kristallinischen Schiefen häufig gefunden werden. Zu dieser Gruppe gehören: Gneis, Glimmerschiefer, Hornblendegesteine, Serpentin und Eklogit.

Die Gesteinsmassen sind nun nicht immer in der von ihnen ursprünglich eingenommenen Lage und Form geblieben, sondern mannigfachen gewaltsamen Änderungen unterworfen, die sich aus ihrer jetzigen Erscheinungsform leicht erkennen lassen. Als äußere Kräfte, welche diese Änderungen veranlaßt haben, sind die Zusammenziehungen der erstarrenden Erdkruste anzusehen, welche sich an schwachen Stellen, dem beiderseitigen Druck folgend in Falten legte. So entstanden Sättel und Mulden. Nicht selten bricht die Schicht durch und eine Hälfte sinkt infolge ihrer Schwere und Nachgeben des Untergrunds ein und verschiebt so die Schichten gegen die andere, eine Erscheinung, die sich sehr häufig vorfindet und Verwerfung genannt wird. Entstehen infolge ungleichen Setzens oder einseitigen Druckes Risse und Spalten in einer Schicht, welche später von flüssigem und dann erstarrendem Gestein ausgefüllt werden, so finden wir dieses als Gänge oder Adern vor. Naturgemäß finden sich bei den härteren, meist in großen mächtigen Stöcken in tieferer Lage auftretenden Eruptivgesteinen weniger derartige Lagerungsstörungen als bei den Sedimenten, die in ausgedehnten

plattenförmigen, meist im Verhältnis zu ihrer Größe nicht sehr starken Schichten mehr oder weniger an der Oberfläche liegen und den mannigfaltigsten Bewegungen und Umänderungen in ihrer Lage ausgesetzt sind. Die Kenntnis dieser Verhältnisse ist von Fall zu Fall besonders beim Bau von Tunneln, Bergstraßen, bei der Anlage von Steinbrüchen und Bergwerken wichtig. Die Lagerungsstörungen der kristallinen Schiefer sind entsprechend ihrer jeweiligen größeren Verwandtschaft zu Eruptiv- oder

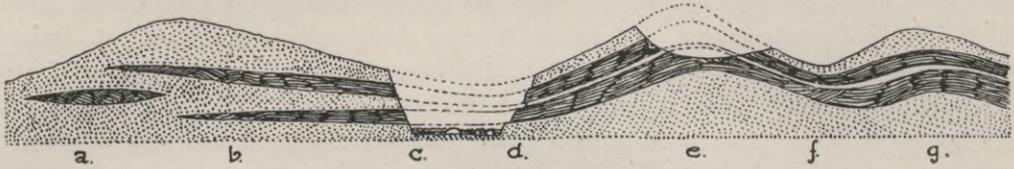


Abb. 87. Lagerungsverhältnisse in der Erdoberfläche.

(Aus: Kraut und Meyer, Die Bau- und Kunstarbeiten des Steinbauers. Leipzig, E. A. Seemann.)

zu Sedimentgesteinen entsprechenden Änderungen ihrer Lagerungsverhältnisse unterworfen; sie finden sich zuweilen infolge des in ihren Tiefen herrschenden starken Druckes in ihren Formationen völlig zerdrückt und von fremden Bestandteilen durchsetzt. Nachstehende Abb. 87 und 88 mögen einige besonders bezeichnende Lagerungsverhältnisse schematisch veranschaulichen. Es bedeutet in Abb. 87: *a* Linse, *b* Auskeilen, *c* Schichtenkopf, *d* Absätzig, *e* Luftsattel, *f* Mulde, *g* Sattel, und in Abb. 88:

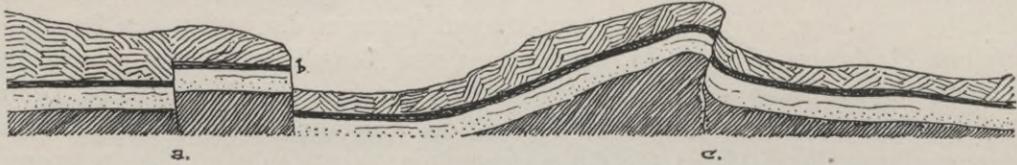


Abb. 88. Lagerungsverhältnisse in der Erdoberfläche.

(Aus: Kraut und Meyer, Die Bau- und Kunstarbeiten des Steinbauers. Leipzig, E. A. Seemann.)

*a* Verwerfung oder Bruch, *b* Spiegel, *c* geschleppte Verwerfung. Zum Schluß möge der Vollständigkeit halber eine Tabelle der Erdformationen und -Zeitalter, wie sie die Geologie festgestellt hat, angefügt werden; sie wird bei der Besprechung der einzelnen Gesteine von Wert sein.

Zeitalter der Erde.

Urzeit

Alte Zeit

(Paläozoische Periode)

	}	Cambrium
		Silur
	}	Untersilur
		Obersilur
		Devon
	}	Unterdevon
		Mitteldevon
		Oberdevon
	}	Carbon
		Untercarbon
	}	Obercarbon
		Dyas
	}	Rotliegendes
		Zechstein

Mittlere Zeit (Mesozoische Periode)	Trias	Buntsandstein
		Muschelkalk
		Keuper
	Jura	Lias (schwarzer Jura)
		Dogger (brauner Jura)
		Melm (weißer Jura)
	Kreide	Neocom nebst Wealden
		Gault
		Cenoman
Turon		
Senon		
Neuere Zeit (Känozoische Periode)	Tertiär	Eocän
		Oligocän
		Miocän
		Pliocän
	Quartär	Diluvium
		Alluvium

## C. Zusammensetzung und Gefüge.

Alle Gesteine sind aus Mineralien zusammengesetzt, die selten ein einfaches Element, sondern meist eine chemische Verbindung darstellen. Von den etwa 80 Elementen, die wir kennen, sind es nur wenige, die gesteinsbildend auftreten. Je nach der Anzahl der Gemengteile eines Gesteins unterscheidet man einfache Gesteine, wenn nur ein Mineral, und gemengte Gesteine, wenn deren mehrere am Aufbau des Gesteins beteiligt sind. Zu jenen gehört z. B. der Marmor, zu diesen der Granit u. a. Die Gesteinskunde lehrt ferner, daß außer den zum Bau eines Gesteins notwendigen charakteristischen Mineralien auch einzelne andere dabei sein können, die ohne Einfluß auf die besondere Art desselben und seine Eigenschaften sind; man unterscheidet danach die wesentlichen Bestandteile von den zufälligen (accessorischen). Mineralien, die in einem Gestein wesentliche sind, können in einem andern natürlich zufällige sein.

Die hier als gesteinsbildend in Betracht kommenden Mineralien sind hauptsächlich der Quarz, die Feldspatgruppe, die Glimmergruppe, Augit und Hornblende, Olivin, Dolomit, Kalkspat, Anhydrit und Gips, Magnetit, Schwefelkies und einige zufällig vorkommende weniger wichtige Minerale. Eine kurze Besprechung im einzelnen ist zum Verständnis des Aufbaus der Gesteine wichtig.

1. Quarz.  $\text{SiO}_2$  ist wasserfreie Kieselsäure; er erscheint in unregelmäßigen Körnern, durchsichtig und farblos als Bergkristall, rötlich als Amethyst, rauchig dunkel als Rauchtöpas, besitzt keine ausgesprochene Spaltfläche. Sein spezifisches Gewicht ist 2,60, seine Härte nach der *Mohs'schen* Härteskala = 7<sup>1)</sup>. Er ist unzerstörbar, und wird nur von Flußsäure angegriffen. Er ist eins der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien, und beim Aufbau der meisten Eruptivgesteine, der kristallinen Schiefer und einer Reihe von Sandsteinen beteiligt, denen er Härte und Widerstandsfähigkeit verleiht. Außerdem sei darauf hingewiesen, daß der Quarz auch bei der Herstellung

<sup>1)</sup> Siehe S. 94.

von künstlichen Steinen, Glas, sowie zur Mörtelbereitung u. a. eine ungemein wichtige Rolle spielt.

**2. Die Feldspatgruppe.** Die Feldspate gehören zu den Tonerdesilikaten, die entweder mit Kali, mit Natron oder mit Kalk verbunden sind. Der Kalifeldspat oder Orthoklas,  $\text{KA}_2\text{Si}_3\text{O}_8$  kristallisiert und besitzt eine vollkommene Spaltbarkeit nach zwei zueinander senkrechten Richtungen; sein spezifisches Gewicht ist 2,5, seine Härte = 6. Er kommt als gemeiner Feldspat von undurchsichtiger weißlicher bis rötlicher Farbe oder als farblos durchsichtiger, manchmal grauer Sanidin in den Eruptivgesteinen, als ebenfalls farbloser Adular in den kristallinen Schiefen vor.

Der Natronfeldspat oder Albit  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , der Kalkfeldspat oder Anorthit  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  und die gemischten Kalknatronfeldspate — Oligoklas, Labradorit — sind ebenfalls nach zwei Richtungen spaltbar und haben dieselbe Härte wie der Orthoklas, aber spezifische Gewichte von 2,62 (Albit) bis 2,76 (Anorthit). Sie sind meist farblos oder hell und werden alle von Flußsäure zersetzt. Sie sind Bestandteile der meisten Eruptivgesteine und gelangen nach Verwitterung derselben in Trümmergesteine. Große Bedeutung erlangen sie in Gestalt der Tonlager bei der Herstellung gebrannter Ziegelsteine.

**3. Glimmergruppe.** Die Glimmer sind wasserhaltige Aluminiumsilikate mit Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium und Eisen, und kristallisieren in der Form sechseckiger Tafeln, nach deren Fläche sie sehr leicht spaltbar sind. Ihre Härte ist 2,5 bis 3, ihr spezifisches Gewicht 2,7 bis 3,1. Man unterscheidet den Muskowit von heller, bräunlicher Farbe von dem Biotit, der kräftig braun erscheint. Beide haben lebhaften perlmuttartigen Glanz, verwittern nicht, sind aber infolge ihrer leichten Spaltbarkeit und ihres starken Eisengehalts (Biotit) bei zahlreicher Anwesenheit in den Gesteinen keine schätzbare Zugabe. Sie kommen häufig in Eruptivgesteinen, in den kristallinen Schiefen, auch in den Sedimentgesteinen vor.

**4. Augit und Hornblende** sind ähnlich zusammengesetzte Tonerdesilikate mit Kalk und Magnesia vom spezifischen Gewicht 3 bis 3,5 und der Härte 4 bis 6; ihre Farbe ist lebhaft grün, bräunlich bis schwärzlich. Die Hornblende oder Amphibol kommt ebenso wie der Augit oder Pyroxen in Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefen vor, erstere hauptsächlich in Syeniten, Dioriten und Basalten, letzterer in Diabasen und im Gabbro.

**5. Olivin.** Er ist ein mit kieselsaurem Eisenoxydul gemischtes Magnesiasilikat von der Härte 6 und spezifischem Gewicht 3,3; schlecht spaltbar; die Farbe ist gelblichgrün bis bräunlich und glänzend. Er kommt in vielen Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefen vor, in Melaphyren als zufälliger Bestandteil.

**6. Dolomit** ( $[\text{MgCa}]\text{CO}_3$ ) ist ein Kalkmagnesiicarbonat von der Härte 3,5 bis 4 und dem spezifischen Gewicht 2,9. Seine Farbe ist weiß bis grau; die Bruchfläche glänzend. Er ist unschmelzbar und bildet den Hauptstoff der Dolomiten-Kalksteine, kommt auch in einigen kristallinen Schiefen vor.

**7. Kalkspat**  $\text{CaCO}_3$  ist Calciumcarbonat von der Härte 3 und dem spezifischen Gewicht 2,6 bis 2,8. Er ist meist farblos, zuweilen aber grau, bläulich, rötlich oder schwärzlich gefärbt. Er ist noch leichter als der Dolomit in Salzsäure löslich und braust dabei, unter Abgabe von Kohlenstoff, auf. Er ist ebenfalls unschmelzbar und bildet allein die Kalksteine und den Marmor, ist aber auch am Aufbau einiger kristalliner Schiefer beteiligt und führt vielfach Versteinerungen.

8. **Anhydrit und Gips.** Das Anhydrit ist das Calciumsulphat  $\text{CaSO}_4$  von der Härte 3 bis 3,5 und dem Gewicht 3. Es spaltet nach drei Richtungen und ist von weißer, grau oder rötlich getönter Farbe. Unter Aufnahme von Kristallwasser verwittert der Anhydrit zu Gips  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  mit der Härte 1,5 bis 2 und dem spezifischen Gewicht 2,3. Die Farbe gleicht dem Anhydrit. Beide kommen als Sedimentgestein vor. Eine milchig durchsichtige, schöngefärbte Abart ist unter dem Namen Alabaster bekannt.

9. **Magneteisen**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  besitzt die Härte 6 und das spezifische Gewicht 5. Es ist schwer schmelzbar, undurchsichtig schwarz und kommt als zufälliger Bestandteil in kristallinen Schiefen und in Sedimenten vor.

10. **Eisenglanz, Roteisenstein**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  von der Härte 5,5 bis 6,5 und dem spezifischen Gewicht 5,19 ist unschmelzbar und von schwarzer Farbe, in dünnster Verteilung rot (Magneteisen schwarz), Vorkommen wie der letztere.

11. **Schwefelkies, Eisenkies**  $\text{FeS}_2$  von der Härte 6 bis 6,5 und dem spezifischen Gewicht 4,9 bis 5,2. Seine Farbe ist gelb; er verwittert leicht unter Bildung von Eisenvitriol, Schwefelsäure und Brauneisenstein. Er kommt in fast allen Gesteinen in mehr oder minder großen Mengen vor und erzeugt beim Zersetzen Rostflecken auf den Steinen.

Ebenso wichtig wie die einzelnen gesteinsbildenden Mineralien selbst für die technische Brauchbarkeit eines Gesteines sind, ist die Art ihrer Zusammensetzung im Gestein, d. h. das Gefüge oder der Aufbau des Steins, da davon Gewicht, Härte, Festigkeit, Spaltbarkeit und Wasseraufnahmefähigkeit abhängen.

Von einem eigentlichen Aufbau kann natürlich nur bei den Eruptivgesteinen die Rede sein, teilweise auch noch bei den kristallinen Schiefen, während man bei den aus Trümmern dieser Gesteine nachträglich wieder verkitteten Sedimenten mehr von einem Verband spricht. Zeigt sich die Bruchfläche eines Gesteins aus einzelnen regellos nebeneinanderliegenden, annähernd gleich großen Teilchen zusammengesetzt, so nennt man das Gefüge körnig und unterscheidet dabei grob-, mittel- oder feinkörnig, je nachdem man mit bloßem Auge oder nur mit dem Vergrößerungsglas die einzelnen Körner erkennen kann. Die Begriffe geben keine absolute Festlegung der Korngröße, sondern gelten meist relativ zur Gesteinsart, da z. B. ein feinkörniger Granit immer noch gröberes Korn haben wird, als ein grobkörniger Kalkstein. Sind die Teilchen so klein, daß sie nur im Dünnschliff<sup>1)</sup> unter dem Mikroskop zu erkennen sind, so nennt man das Gefüge dicht; sind auch dann noch keine einzelnen Teile zu unterscheiden, so hat man ein glasiges Gefüge vor sich. Schieferig nennt man ein Gestein, wenn die Anordnung einzelner Mineralien mehr oder weniger parallel in einer Ebene stattfindet, nach welcher das Gestein dann gut spaltet. Blättrig wird es, wenn die Spaltteile nur geringe Ausdehnung besitzen und abblättern. Porphyrisch nennt man das Gefüge, wenn in einer feinkörnigen oder dichten Grundmasse sich einzelne größere Kristallkörner deutlich abheben. Sind Luftteilchen im Gestein mit eingeschlossen und bilden darin Hohlräume, so hat man blasiges oder poriges Gefüge im Stein. Unter oolithischem Gefüge versteht man kuglige, durch ein Bindemittel zusammengesetzte Konkretionen (Rogenstein). Der Verband der Sedimentgesteine besteht in der Verkittung der Trümmer durch ein mehr oder weniger festes Bindemittel.

<sup>1)</sup> Unter Dünnschliff ist eine vorsichtig abgeschliffene, auf eine Glasplatte geklebte 0,01 bis 0,03 mm dicke Scheibe des Gesteins zu verstehen.

Je nach der Größe der Trümmer unterscheidet man Konglomerate und Breccien, Sandsteine und Tone. Erstere setzen sich aus größeren Gesteinsresten bis hinab zur Erbsengröße zusammen, und zwar bei Breccien aus scharfkantigen, bei den Konglomeraten aus abgeschliffenen runden Stücken; die Sandsteine zeigen Körner von Linsengröße bis zum Stecknadelkopf, die Tone bestehen aus staubförmigen Mineralien mit ebensolchem Bindemittel und stellen weiche, erdige Massen dar. Die letzteren, ebenso wie die losen Trümmergesteine, Geschiebe, Gerölle, Kies und Sand gehören nicht in diesen Abschnitt über Steinmetzarbeiten und sind an anderer Stelle eingehend besprochen (siehe S. 79).

Der Aufbau der Gesteine im großen ist entweder geschichtet oder ungeschichtet massig. Je nach der Stärke der Schichten spricht man von Platten oder Bänken. Diese Schichtungen im Verein mit Verwerfungen und ähnlichen Lagerungsstörungen sind im Steinbruch grundlegend für die Größe der aus ihnen zu erzielenden Werksteine. Die Sedimente sind ihrer Natur nach meist geschichtet, doch hat sich die ursprünglich horizontale Lagerung der abgesetzten Schichten durch mannigfaltige Umwandlungs- und Zerstörungsvorgänge innerhalb der Erdkruste in den meisten Fällen durch Bildung von Sätteln und Falten verschoben.

## D. Eigenschaften.

Die Eigenschaften, die das Gestein zu einem baulich wichtigen machen und auf die sich in erster Linie die Prüfung zu erstrecken hat, sind allgemein die Härte, von der die mehr oder weniger leichte Bearbeitungsfähigkeit und die Abnutzung abhängt, seine Farbe und Politurfähigkeit, seine Wetterfestigkeit, bestehend in Wasseraufnahmevermögen, Frostbeständigkeit, Widerstand gegen chemische und pflanzliche Einflüsse; sodann eine Reihe physikalischer Eigenschaften, unter denen das spezifische Gewicht, sowie die Festigkeit gegen Druck, Zug, Biegung und Abscheren, sowie die Porosität, das Ausdehnungsvermögen und die Feuerfestigkeit die wichtigsten sind.

**1. Härte.** Unter Härte des Gesteins versteht man den Widerstand, den es dem Eindringen fremder Körper in seine Oberfläche und der Trennung seiner Teilchen entgegensetzt. Sie ist nicht nur von der Art, d. h. der Härte der erzeugenden Mineralien, sondern ebenso von dem Gefüge des Steins abhängig. So z. B. ist die Härte der Sandsteine im allgemeinen eine geringe, trotzdem ihr wesentlicher Bestandteil der sehr harte Quarz ist. Der Grund dafür ist der, daß das Bindemittel der einzelnen Quarzkörner, die beim Bearbeiten meist unzerstört bleiben, weich und leicht bearbeitbar ist. Bei einfachen kristallinen Gesteinen ist die Härte meist gleich der des bildenden Minerals, bei gemengten etwa gleich dem Durchschnitt der Härten seiner Mineralien unter Berücksichtigung der Menge ihres Auftretens. Zur kurzen Bezeichnung der Härte eines Gesteins bedient man sich der *Mohs'schen Härteskala*, welche 10 Mineralien in der Reihenfolge ihrer zunehmenden Härte angibt, so daß jedes vom folgenden geritzt wird, dagegen selbst die vorhergehenden ritzt. Es sind folgende 10 Körper: Härte 1: Talk; 2: Steinsalz; 3: Kalkspat; 4: Flußspat; 5: Apatit; 6: Feldspat; 7: Quarz; 8: Topas; 9: Korund; 10: Diamant. Die Härteunterschiede zwischen den 10 Mineralien sind nicht gleichmäßig groß, sondern am Ende viel größer als im Anfang der Reihe. Für oberflächliche Härtebestimmungen kann man sich einiger

bekannter Gegenstände bedienen, deren Härte man kennt; z. B. des Messerstahls = 6, des Glases = 5, des Fingernagels = 3.

Die Härte eines Gesteins steht meist im Verhältnis zu seiner Dichtigkeit, aber nicht zur Festigkeit. Abhängig von der Härte ist dagegen seine Abnutzung, worauf bei der Wahl von stark der Abnutzung ausgesetzten Werksteinen (Treppenstufen, Radabweisern, Pflaster u. dgl.) Rücksicht zu nehmen ist. Nach Angabe der mechanisch-technischen Versuchsanstalt Berlin-Gr. Lichterfelde haben sich aus größeren Versuchsreihen mit der *Bauschingerschen* Abschleifmaschine die folgenden Mittel der Abnutzung ergeben, welche unter sich einen Schluß auf die verschiedenartige Bearbeitungsmöglichkeit gestatten: 1. Basalte 7,3 cbcm; 2. Granite 8,3 cbcm; 3. Grauwacken 10,8 cbcm; 4. Kalksteine 36,0 cbcm; 5. Porphyre 6,8 cbcm; 6. Sandsteine 61,7 cbcm.<sup>1)</sup> So lange die Steine noch bruchfeucht sind, d. h. die sämtlichen Poren mit Wasser gefüllt sind, ist ihre Härte eine erheblich geringere, etwa  $\frac{2}{3}$  ihrer Härte im trockenen Zustand. Dies trifft naturgemäß weniger bei dichten Gesteinen wie Granit als bei porigen und bei Trümmergesteinen, deren Bindemittel im bruchfeuchten Zustand noch weich ist, zu. Man sucht daher die Bearbeitung der Werksteine möglichst bald nach dem Brechen auszuführen, da Arbeitszeit und Verbrauch an Meißeln erheblich geringer ist, auch der fertige Stein für den Transport leichter ist, als die stets umfangreichere Bosse. Gesteinsarten mit der Härte 6 und mehr sind härter wie Stahl und lassen sich daher schwer, oft nur unter Zuhilfenahme des Diamants bearbeiten.

**2. Farbe und Politurfähigkeit.** Die Farbe der kristallinen Gesteine ist abhängig von der Zusammensetzung derselben und entspricht bei einfachen Gesteinen der Farbe des bildenden Minerals. Ist dieses selbst farblos, so ist das Gestein undurchsichtig weiß. Bei gemengten Gesteinen ist die Farbe ein Gemisch sämtlicher Einzelfarben, und um so klarer, je feinkörniger der Stein ist. Entweder besitzen die Mineralien Eigenfarbe, wie z. B. der Orthoklas die rote Farbe des schwedischen Granits, der Augit die dunkelgrüne einiger Diabase hervorruft, oder es treten zufällige farbgebende Bestandteile hinzu. Diese sind besonders Eisen-, Mangan- oder Chromverbindungen. Erstere färben gelb, braun, rotbraun bis schwarz, Mangan rotbraun bis violett und Chrom grünlich bis gelb; vereinzelt findet sich Kobalt, Nickel, Kupfer oder Bitumen als färbender Bestandteil vor. Für Zwecke des Hochbaus, bei welchen eigentlich nur eine schöne Färbung von Wichtigkeit ist, wird diese erhöht, wenn der Stein nicht eine gleichmäßige Farbe hat, sondern durch helle, dunklere oder andersgefärbte Stellen, Adern, Bänder ein malerisches Ansehen erhält. Besonders geschätzt sind derartige Zeichnungen bei den Werksteinen des inneren Ausbaus, Säulenschäften, Platten für Wandbekleidungen und ähnliche Zierteile. Bei Auswahl der Steine für Fassaden ist besonders auf die Wetterbeständigkeit der Färbung Gewicht zu legen. Da einzelne Gesteine durch die Wirkungen der Luftbestandteile zum Teil nachdunkeln, zum Teil verblässen. Nicht günstig sind meist Eisen- und Manganverbindungen, besonders Eisenkies, da sie leicht verwittern, und beim Zersetzen häßliche braune bis schwarze Rostflecken erzeugen (sächsischer Granit!). Bei den Sedimentgesteinen hängt die Farbe naturgemäß von dem Überwiegen der Gesteinstrümmen oder des Bindemittels ab; bei den Sandsteinen, die meist den farblosen Quarz führen, allein vom Bindemittel. Die färbenden Mineralien sind dieselben wie bei den übrigen Gesteinen.

<sup>1)</sup> Aus *Förster: Baumaterialienkunde* Heft I, S. 91.

Erhöht wird die Farbwirkung der Gesteine durch das Polieren, da es die einzelnen Töne vertieft und satte, volle Farben erzeugt. Da die Wetterbeständigkeit durch Politur erhöht wird, kann man polierte Steine sehr gut für Fassadenteile im Freien verwenden, wovon in neuerer Zeit mit Erfolg Gebrauch gemacht wird. Doch lassen sich nicht alle Steine polieren, da die Fähigkeit dazu nur durch möglichst gleichmäßig hartes und gleichgroßes Gefüge bedingt wird. Auch die Gemengteile selbst verhalten sich verschieden. Während sich Quarz, Kalkspat und die Feldspate gut polieren lassen, ist es bei Augit, Hornblende und Magnetit schon schwieriger; am schlechtesten bei Glimmerteilchen, welche infolge ihrer Weichheit und leichten Spaltbarkeit rauh bleiben und an diesen Stellen auch stets in poliertem Gestein zu erkennen sind. Dementsprechend nehmen Granit, Syenit, Diabas, Marmor, reiner dichter Kalkstein, Basalt, Serpentin und Alabaster leicht Politur an, während Sandsteine, Tuffe, Trachyt und tonige Gesteine nicht zu polieren sind. Etwas poröse und lockere Gesteinsarten (Porphyrtuff, Serpentin) lassen sich unter Verwendung von Ölzusatz polieren, indem die Oberfläche des Steines durch eine Art Ölkitt ausgefüllt und völlig eben wird.

**3. Wetterfestigkeit.** Fast die wichtigste Eigenschaft, die man von einem der Witterung in unserem Klima ausgesetzten Baustein verlangen muß, ist seine Wetterfestigkeit, d. h. das Vermögen, den verschiedenen zerstörenden Einwirkungen, die man unter dem Begriff Verwitterung zusammenfaßt, auf die Dauer Widerstand zu leisten. Diese Einwirkungen sind teils physikalischer, teils chemischer Natur, gehen vielfach Hand in Hand miteinander oder bereiten sich gegenseitig vor. Die wesentlichsten unter ihnen sind die Temperaturschwankungen und Frostwirkungen, die chemischen Lösungen und Umsetzungen infolge atmosphärischer Einflüsse, die pflanzlichen Zerstörungen und die Ausblühungen infolge Bildung von Salzen aus dem Erdboden, Mörtel od. dgl. Die Temperaturschwankungen als solche sind in unserm Klima nicht ohne weiteres gefährlich für die Steine, da die Unterschiede keine bedeutenden sind und nur allmählich ohne schroffen Wechsel eintreten, so daß der Stein ihnen ohne Schaden folgen kann. Anders werden die Verhältnisse sofort beim Hinzutreten von Wasser in den kalten Monaten. Da 1 cbcm Wasser = 1,0908 cbm Eis ergibt, so ist es klar, daß das in dem Stein enthaltene Wasser, wenn es gefriert, eine gewaltige treibende Kraft entwickelt und bestrebt ist, lockere Teilchen an der Oberfläche abzusprengen. Dabei vermag das einmalige Gefrieren natürlich noch keine große Wirkung auszuüben, sondern erst die ununterbrochene Reihe vieler Einzelfälle, von denen jeder die Spalten des Gesteins immer mehr erweitert, bis es zur Lockerung der Teile und zum Absprengen kommt. Daraus folgt, daß dichte Gesteine ohne Poren und Gesteine von lockerem, großporigem Gefüge frostbeständiger sein werden, als kleinporige und tonige oder erdige Gesteine, welche eine große Wasseraufnahmefähigkeit besitzen. Ebenso bieten blätterige, schiefrige und blasige Gesteine dem Frost weniger Widerstand, da sie nach einer Richtung hin schon ihrer Entstehung nach geringeren Zusammenhang besitzen. Als frostbeständig für mittleres Klima können daher Granite, Syenite, Diabase, Porphyre, Basalte, Trachyte und Laven, Marmor, dichte Kalksteine und Dolomite gelten; dagegen nicht vulkanische Tuffe, erdige Tonporphyre, tonige Sandsteine und Glimmerschiefer.

Während die Mehrzahl der hier zuerst genannten Gesteine unter sonst günstigen Verhältnissen als ziemlich frostbeständig gelten kann, sind die chemischen Einflüsse, denen die Gesteine ausgesetzt sind, von größerer Bedeutung für sie. Sie äußern sich

in verschiedener Weise. Zum Teil bewirkt der in Luft und Wasser enthaltene Sauerstoff eine Oxydation einzelner Minerale, z. B. von Kohlenstoff zu Kohlenoxyd (einzelne Dachschieferarten und Kalksteine), die Steine bleichen infolgedessen; zum Teil — und das ist das häufigere — wirkt die in der Luft und im Regenwasser enthaltene Kohlensäure zersetzend. Während die Luft 0,03 bis 0,04% Kohlensäure enthält, ist der Gehalt des Regenwassers ein viel höherer, nämlich 1,8%. Diese wirkt lösend auf kalkhaltige Gesteine, indem der in Wasser unlösliche kohlensaure Kalk in löslichen doppeltkohlensauern Kalk übergeführt wird. Diese Zerstörung macht sich bei den Kalksteinarten besonders bemerkbar, wenn sie auch langsam fortschreitet; man erkennt sie an polierten Kalkstein- und Marmorarten zuerst am Stumpfwerden und an der Glanzlosigkeit der Oberfläche. Sehr leicht verwittert Schwefelkies durch Oxydation und Wasseraufnahme und bildet Abblätterungen und gleichzeitig häßliche Farbenflecken auf dem Stein, so daß Gesteinsarten mit einem Gehalt an Schwefelkies auf keinen Fall zur Verwendung gelangen sollten. In Großstädten und industriereichen Gegenden sind die chemischen Zersetzungen der Gesteine infolge des starken Gehaltes der Luft an schwefliger Säure, die sich als Verbrennungserzeugnis schwefelkieshaltiger Kohle bildet, noch energischer<sup>1)</sup>. Wie leicht ersichtlich, kann hier eine möglichst fehlerfreie mineralogische Zusammensetzung bei sonstigem festen und dichten Gefüge am besten Widerstand gegen diese Zersetzungsprozesse leisten.

Unter besonderen Verhältnissen kann auch Pflanzenwuchs in Form von Moosen, Flechten, Algen, Efeu u. dgl. einen derartigen Umfang annehmen, daß er eine Zerstörung der Oberfläche herbeiführt und damit den vorher erwähnten Verwitterungsprozessen den Weg bahnt. Auf erdigen, tonigen oder porösen Gesteinen mit rauher Oberfläche siedeln sich häufig, besonders in schattigen, daher meist feuchten Teilen, Pflanzen obiger Gattung an, die mit ihren Wurzelfasern in die feinen Haarrisse der Oberfläche eindringen und diese allmählich erweitern, sodann auch durch Verfaulen und Bildung von Humussäure die Zerstörung fortsetzen.

Poröse Gesteine der mit dem Erdboden in Berührung kommenden unteren Sockelschichten saugen, wenn sie nicht gut isoliert sind, aus dem Erdreich zuweilen salzige Lösungen auf, welche sich dann, nach Verdunstung des Wassers, als Ausblühungen auf der Oberfläche absetzen; in Betracht kommen Bittersalz, Alaun, Gips, Salpeter, welche ihrerseits den Bestand des Steins ungünstig beeinflussen können.

Als bestes Mittel gegen jede Art von Verwitterung kommt zuerst die sorgfältigste Auswahl des zu verwendenden Gesteins in bezug auf Gefüge und mineralogische Zusammensetzung in Betracht. Man ist oft in der Lage, durch Besichtigung von Bauwerken, an denen der Stein verwandt ist, und schon eine Reihe von Jahren steht, ein Urteil über seine Wetterbeständigkeit zu gewinnen; am besten liefert es der Steinbruch selbst, in dem das Material jahrhundertlang unter den ungünstigsten Verhältnissen gelagert hat.

Sodann trägt die richtige Behandlung und Verwendung des Steines am Bau viel zu seiner Dauerhaftigkeit bei. Die Art der Oberflächenbehandlung, ob Bruchfläche, gestockt, gekrönelt, scharriert oder poliert, ist für das Anhaften und Eindringen von Regen, Schnee und Tau von großer Wichtigkeit. Die Vermeidung unabgedeckter horizontaler bzw. wenig geneigter Flächen bedingt ein schnelles Abfließen des Regen-

<sup>1)</sup> Vgl. Centralblatt der Bauverwaltung Nr. 69 und 70 vom 29. August und 2. September 1908: Die baulichen Schäden am Kölner Dom.

wassers; das Versetzen des Steines auf seiner natürlichen Lagerfläche (nicht senkrecht zur Schichtung!) vermeidet die Entstehung von Haarrissen infolge falscher Druckverteilung im Stein; überhaupt soll durch richtigen sachgemäßen Fugenschnitt eine möglichst gleichmäßige Beanspruchung aller Teile der Werksteine angestrebt werden.

Die die schnelle Verwitterung der Steine verhütende Schließung der Poren kann auch durch Tränken mit verschiedenen Flüssigkeiten erzielt werden, doch sind die angebotenen Stoffe sorgfältig vorher zu prüfen, ob sie nicht, wie es bei einigen der Fall ist, dem Stein eine andere Färbung verleihen, Flecken erzeugen oder durch dauernd fettigfeuchte Oberfläche die Ansammlung von Staub und Ruß begünstigen. Die früher oft verwandten Anstriche mit Leinöl oder mit reinem Wasserglas haben sich nicht bewährt. Besser ist ein Anstrich mit *Keßlerschen* Fluaten, die aus wasserhellen Lösungen von Metallfluoriden in Kieselsäure bestehen, und, auf den Stein aufgestrichen, selbst erhärten und alle löslichen Teile des Steins in unlösliche Fluß- und Kieselsäureverbindungen verwandeln.

Nicht ganz so gut soll sich Testalin bewährt haben, das aus zwei getrennten Flüssigkeiten besteht, die nacheinander auf den Stein aufgetragen werden und dort eine Verbindung (feste ölsaure Tonerde) eingehen. In letzter Zeit viel verwandt und gelobt wird das Steinschutzmittel Szerelmey, welches verschiedene Bestandteile in leichtflüssigem Öl aufgelöst enthält und in mehreren Anstrichen in Abständen von je 24 Stunden auf den Stein aufgetragen wird.

Anstriche mit derartigen Mitteln verhindern meist auch das Ansetzen von Moos und Flechten an den Stein.

**4. Spezifisches Gewicht.** Die Kenntnis des spezifischen Gewichts ist erforderlich für Berechnung der Frachtkosten, sowie für die statischen Berechnungen eines Baues. Es schwankt im allgemeinen zwischen 2 und 3, nur wenige Gesteine sind leichter als 2 oder schwerer als 3. Vorwiegen quarziger Bestandteile bedingt leichteres, toniger und metallischer Bestandteile schwereres Gewicht. In der nachfolgenden Zusammenstellung<sup>1)</sup> sind die Mittelwerte der spezifischen Gewichte der baulich wichtigen Gesteine und Erden angeführt.

#### Zusammenstellung der spezifischen Gewichte der baulich wichtigen Gesteine und Erden.

Andesit 2,7	Erde, Garten- oder lehm-	Gipsstein 1,8—2,9, i. M. 2,3
Asbest 2,5	haltige, frisch 2,0	Hornblendegestein 2,95
Asphalt i. M. 1,15	„ trocken 1,6	Kalkmergel 2,5
Basalt 2,8—3,3	„ mager 1,3	Kalkstein 1,5—3,0, i. M. 2,6
Bimsstein 0,37—0,9	Felsitporphyr 2,2—2,8	Kaolin 2,2
„ gepulvert 2,4	Gabbro i. M. 2,95	Kies 1,5—1,8
Bimssteintuff 1,25	Glimmerschiefer i. M. 2,7	Konglomerate i. M. 2,2
Diabas i. M. 2,9	Gneis i. M. 2,65	Kreide 1,8—2,6
Diorit i. M. 2,9	Granit 2,55—3,0	Lava 0,7—2,6, i. M. 2,15
Dolerit i. M. 2,8	Granulit 2,6	Marmor 2,5—2,9
Dolomit i. M. 2,9	Grauwacke 2,6	Melaphyr 2,7

<sup>1)</sup> Aus Förster: Baumaterialienkunde. Heft I.

Mergel; erdig 2,3	Sand, grob 1,4—1,5	Schiefer
„ dicht 2,5	Sandstein 1,9—2,7, i. M. 2,2	Tonschiefer 2,7—3,5
Obsidian 2,4	Buntsandstein 2,4—2,6	Serpentin 2,6
Olivingesteine 3,4	Grauwackensandstein 2,5	Speckstein 2,7
Pechstein 2,25	bis 2,8	Syenit 2,5—3,0, i. M. 2,6
Phonolith 2,6	Jurasandstein 2,2—2,4	Ton 1,8—2,6, i. M. 2,2
Phyllit 2,95	Kohlensandstein 2,6—2,9	Torf 0,5—0,7
Porphyr (Quarzp.) 2,5	Quadersandstein i. M. 2,2	Trachyt 2,7
Porphyrit 1,6—2,8	Schiefer	Tuffe
Quarzfels 2,7	Chloritschiefer 2,9	Leucittuff 1,5
Rhyolith 2,55	Dachschiefer 2,65	Felsittuff 1,8—2,2
Sand, fein, trocken 1,4—1,6	Kieselschiefer 2,6—2,9	Porphyrtuff 1,8—2,2
„ fein, feucht 1,9—2,0	Talkschiefer 2,8	

5. Festigkeit. Unter Festigkeit versteht man zum Unterschied von Härte den Widerstand, den ein unter der Einwirkung äußerer Kräfte stehender Körper der Trennung seiner einzelnen Teile entgegensetzt. Je nach der Art dieser äußeren Kräfte unterscheidet man Druck-, Zug-, Biegungs- und Scher- oder Schubfestigkeit. Man hat an Probewürfeln für die hauptsächlich in Betracht kommenden natürlichen Bausteine ihre Festigkeit durch Versuche bestimmt, ist dabei aber entsprechend dem verschiedenartigen Vorkommen der einzelnen Gesteinsarten zu recht ungleichen Ergebnissen gelangt, so daß man im allgemeinen mit den Mittelwerten einer Reihe von Versuchen zu rechnen hat. Geographische Lage, Alter, Verwitterungszustand und Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Gesteins, selbst innerhalb eines und desselben Steinbruchs, beeinflussen die Festigkeitsverhältnisse erheblich. Infolgedessen pflegt man bei statischen Berechnungen mit 20facher Sicherheit zu arbeiten, d. h. man nimmt die Festigkeit =  $\frac{1}{20}$  der wirklichen an. Sie hängt wesentlich von Art und Zusammensetzung des Gesteins ab; dichtes Gefüge mit inniger Verbindung der Einzelminerale weist meist auch erhebliche Festigkeit auf; kieselige Bestandteile der Sedimente bedingen größere Festigkeit als erdige. In bruchfeuchtem Zustand ist die Festigkeit eine erheblich geringere, etwa  $\frac{2}{3}$  der gewöhnlichen. Die für bauliche Zwecke hauptsächlich in Betracht kommende Beanspruchung ist der Druck; Beanspruchungen auf Zug sollen möglichst vermieden werden, da die Steine hierbei etwa nur  $\frac{1}{25}$  bis  $\frac{1}{30}$  ihrer Druckfestigkeit aufweisen, während ihre Biegezugfestigkeit  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{9}$ , und ihre Schubfestigkeit  $\frac{1}{14}$  bis  $\frac{1}{16}$  der Druckfestigkeit betragen. In umstehender Zusammenstellung<sup>1)</sup> sind die Festigkeitsverhältnisse einiger wichtigeren Gesteine angegeben.

6. Porosität, Ausdehnungsvermögen, Feuerfestigkeit. Von dem mehr oder weniger porigen Gefüge des Gesteins hängt seine Wasseraufnahmefähigkeit und seine Wärmeleitung ab, und zwar erstere im unmittelbaren, letztere im umgekehrten Verhältnis dazu, da die die Poren ausfüllende Luft ein schlechter Wärmeleiter ist. Setzt man die Wärmeleitung des Silbers = 100, so ist die der Gesteine im Mittel etwa = 0,5, also sehr gering. Ebenso ist auch die Ausdehnung des Gesteins bei Wärme eine sehr geringe, so daß Zerstörungen des Gefüges durch dauerndes Ausdehnen und Zusammen-

<sup>1)</sup> Aus Förster: Baumaterialienkunde. Heft I.

## Zusammenstellung der Festigkeiten einiger baulich wichtigen Gesteine.

Nr.	Gesteinsart	Mittlere				Zulässige Beanspruchung				Bemerkungen	
		Druck-	Zug-	Biegungs-	Scher-	in kg/qcm auf					
		festigkeit in kg/qcm				Druck	Zug	Biegung	Ab-		
									scheren		
1	Basalt . . . . .	2400	—	200	—	120 <sup>1)</sup> *	4	12	8	1) (75)	
2	Diabas . . . . .	2000	50	—	—	100	3	11	6		
3	Diorit . . . . .	1900	50	—	94	95	3	10	5		
4	Dolomit . . . . .	870	20	120	76	45	1	6	4		
5	Granit . . . . .	2000	30	140	80	100 <sup>2)</sup>	2	7	4	2) (45)	
6	Kalk- stein	Marmor . . . . .	650	50	—	62	2	3	3	3) (24)	
7		dichter Kalkstein . .	800	—	70	80	1	4	4		
8		Muschelkalk . . . . .	700	27	—	60	35 <sup>4)</sup>	2	4	3	4) (25)
										(Rüdersdf. Kalkstein)	
9	Sand- stein	Buntsandstein . . . .	630	22	70	30	30 <sup>5)</sup>	1	3	2	
10		Grauwackensandstein	1800	14	—	102	90 <sup>5)</sup>	—	—	5	5)
11		Kenpersandstein . . .	650	4	—	40	30 <sup>5)</sup>	—	—	2	i. Mittel
12		Quadersandstein . . .	520	20	—	—	25 <sup>5)</sup>	1	3	2	(20)
13	Syenit . . . . .	1300	—	—	165	65	2	7	8		
14	Trachyt . . . . .	1200	—	118	28	60	2	7	1		

ziehen infolge von Temperaturschwankungen des hiesigen Klimas nicht zu befürchten sind. Das Ausdehnungsvermögen einiger bekannter Gesteine beträgt z. B.:

Granit	0,0008—0,0009	Marmor	0,00065—0,0011
Sandstein	0,0009—0,0012	Tonschiefer	0,00104.

Das Verhalten der Steine gegen die unmittelbaren Einwirkungen des Feuers ist verschieden, je nach der Feuerfestigkeit der mineralischen Bestandteile. Gesteine mit vorwiegendem Gehalt von Quarz, Ton, Magnesia und Graphit besitzen hohe Feuerfestigkeit, außerdem auch Widerstand gegen chemische Einflüsse (vgl. feuerfeste Steine), während Sandsteine mit kalkigem oder erdigem Bindemittel, sowie sämtliche Kalksteine vom Feuer zerstört werden. Erstere werden völlig mürbe, aus letzteren entweicht die Kohlensäure (vgl. Brennen der Kalksteine). Besonders stark treten die zerstörenden Einflüsse auf, wenn nur Teile des Steins erhitzt werden, oder wenn, wie dies beim Löschen von Bränden der Fall ist, plötzliche starke Abkühlung eintritt, da die Gemengteile infolge des geringen Ausdehnungs- und Zusammenziehungsvermögens in ihrem Gefüge gelockert werden. Es ist bekannt, daß Granittreppen beim Brand ein sehr gefährliches Verhalten zeigen, da sie infolge großer Sprödigkeit beim Sprengen mit Wasser Risse und Sprünge erhalten und leicht einstürzen.

## E. Gewinnung und Bearbeitung.

Die Gewinnung der Werksteine erfolgt in Steinbrüchen, das sind Betriebe, in denen sie von der natürlichen Felswand losgelöst und für die weitere Bearbeitung vorbereitet werden. Die Anlage von Steinbrüchen erweist sich nur dort als zweckmäßig und nutzbringend, in denen eine genügend große abbaufähige Menge gesunden Felsens vorhanden ist, was durch geologische Untersuchungen vorher festgestellt

\* Die in Klammern unter der Spalte Bemerkungen angeführten Zahlen beziehen sich auf die Vorschriften des Berliner Polizeipräsidiums.

werden muß, und in denen die übrigen Verhältnisse, wie Menge und bequemer Abtrag des „Abraums“, das ist das über dem eigentlichen Felsen liegende Erdreich und die bereits stark verwitterten oberen Schichten, bequeme Förderung der gewonnenen Steine, Höhe der Schichten oder Bänke u. dgl. günstig liegen. Daraus ergibt sich schon, daß bei weitem der größte Teil aller Brüche oberirdisch betrieben wird; nur vereinzelte wertvolle Gesteine werden unterirdisch in bergmännischem Abbau gewonnen, da sie zu tief liegen und daher die Beseitigung der darüberliegenden Abraumschichten in keinem Verhältnis zum Gewinn stehen würde. Dies sind u. a. der Serpentinbruch bei Zöplitz i. Sa., der Burgberger Grünsandsteinbruch bei Sonthofen, der Basaltlavabruch in Niedermendig am Laacher See.



Abb. 89. Sandsteinbruch.

Je nach Art und Entstehung des zu brechenden Gesteins liegen die Steinbrüche entweder auf der Kuppe des Berges (Granitbrüche), am Fuß oder am Hange desselben (Sandsteinbrüche) oder in der Mulde (Kalksteinbrüche). Ihre Anlage geschieht so, daß ein möglichst großer Teil der Wand gleichzeitig als Arbeitsfeld in Angriff genommen werden kann; bei einzelnen Brüchen, in denen der Fels in genügend hohen Schichten steht, erfolgt der Abbau in mehreren übereinanderliegenden Terrassen.

Die Loslösung der Steine vom Felsen erfolgt je nach der Art und Lagerung des abzubauenen Gesteins in verschiedener Weise. Die einfachste Art, das Abspalten mittels Brechwerkzeugen ist nur bei weichstem, schichtenförmig plattenartig gelagertem Gestein wie Tonschiefer möglich; dagegen verlangen Härte und Mächtigkeit der übrigen Werksteinfelsen andere Maßnahmen. Das Loslösen dieser wird dadurch erleichtert, daß das Gestein meist in Bänken oder Plänen, d. h. Schichten von mehr oder weniger Mächtigkeit übereinandergelagert ist, die auf ihren Lagerfugen

nur losen Zusammenhang haben oder durch dünne Schichten lockeren Gesteins verbunden sind. Die Abb. 89 bis 93 stellen eine Anzahl von Steinbrüchen dar, aus denen die Bankung des Felsens gut ersichtlich ist. Weiter erleichtert wird der Abbau, wenn, wie meist der Fall, die einzelnen Bänke von senkrechten Spalten durchzogen sind, so daß sie in große blockartige Teile zerlegt werden. Bei nicht zu großer Mächtigkeit der Schichten, wie z. B. in Kalksteinbrüchen (vgl. Abb. 93), trennt man die Stücke durch Einsetzen und Eintreiben einer Reihe von eisernen Keilen, welche ein Springen des Felsens nach der Linie der Keile zur Folge haben. Auch große Blöcke abgesprengten Sandsteins werden in der Weise zerkleinert, wie Abb. 92 zeigt. Eine Abart des Keilspaltens ist die sog. Schrämarbeit, die darin besteht, daß nach Schaffung einer ebenen

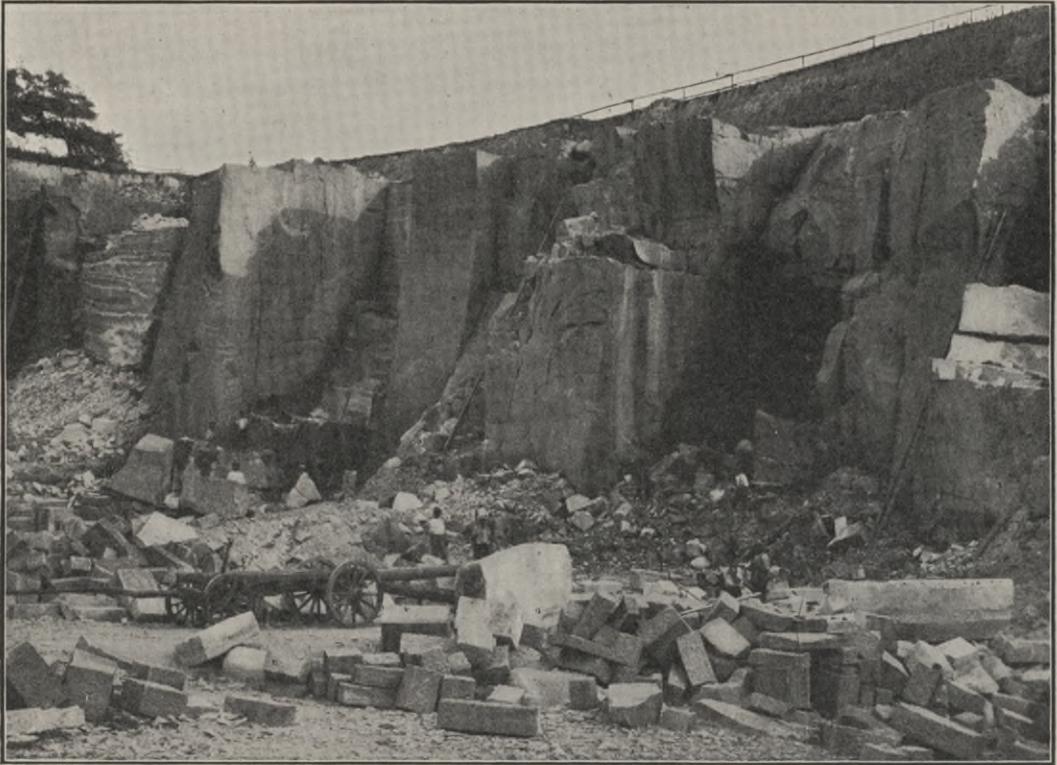


Abb. 90. Sandsteinbruch.

Oberfläche des Felsstücks seitlich tiefe Rillen ausgearbeitet werden, welche ein Prisma begrenzen. Dieses wird durch Anlegen der Keile an seiner Sohle in horizontaler Richtung vom Fels losgelöst.

Am meisten verbreitet und bei harten Gesteinen fast ausschließlich anzuwenden ist die Loslösung mittels Absprengen. Als Sprengmittel dient meist Schwarzpulver, manchmal auch Dynamit, Roburit, Westfalit u. a. Die erforderlichen Bohrlöcher werden mit der Hand oder mittels elektrisch betriebener Bohrmaschine hergestellt, mit der Sprengpatrone geladen und mit Erde, Geröll und Holzkeilen fest verstopft; sodann werden sämtliche Schüsse gleichzeitig durch elektrische Zündung, die der Zündschnur vorzuziehen ist, abgefeuert. Das Absprengen der Felsen schafft eine große Menge Werkstücke sämtlicher Formen und Abmessungen und hat den weiteren

Vorteil, daß der oben auf dem Felsen liegende Abraum infolge des Kippens desselben weit von der Arbeitsstelle fortgeschleudert wird. Bei günstiger Lage der Verhältnisse, d. h. dem Vorhandensein einer lockeren horizontalen Schicht, kann das Sprengen vorbereitet werden durch Unterhöhlen des Blockes, wie es Abb. 91 darstellt. Zur Stützung werden eine Anzahl starker Holzstempel auf Steinsockeln aufgestellt, welche dann zugleich fortgesprengt werden. In größerem Maßstabe und meist da, wo es sich nicht um Gewinnung von Werksteinen, sondern um Entfernung von Felsen handelt, wird die Sprengarbeit in der Weise betrieben, daß ein oder mehrere Stollen tief in den Gebirgsstock hineingetrieben, mit Sprengstoffen versehen, und dann gemeinsam zur Entzündung gebracht werden.

Die abgesprengten Blöcke werden nun nach Bedarf mittels der Keilarbeit

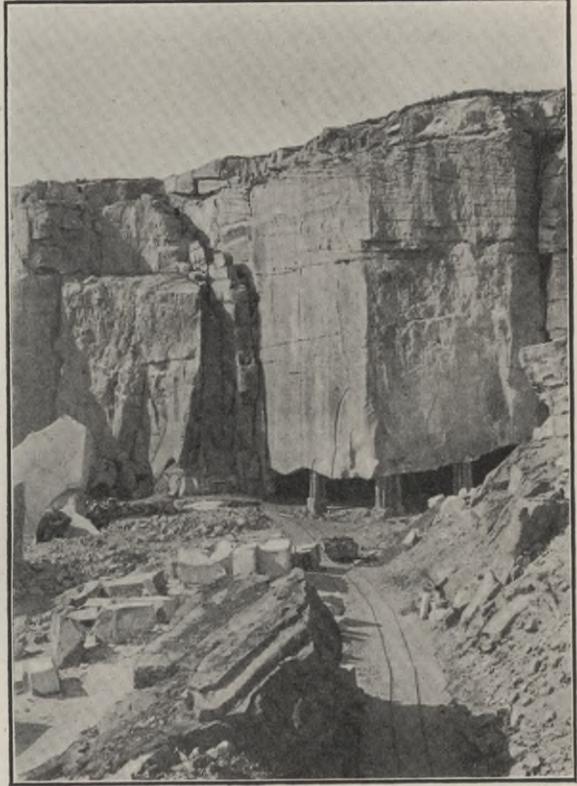


Abb. 91. Sandsteinbruch.



Abb. 92. Sandsteinbruch.

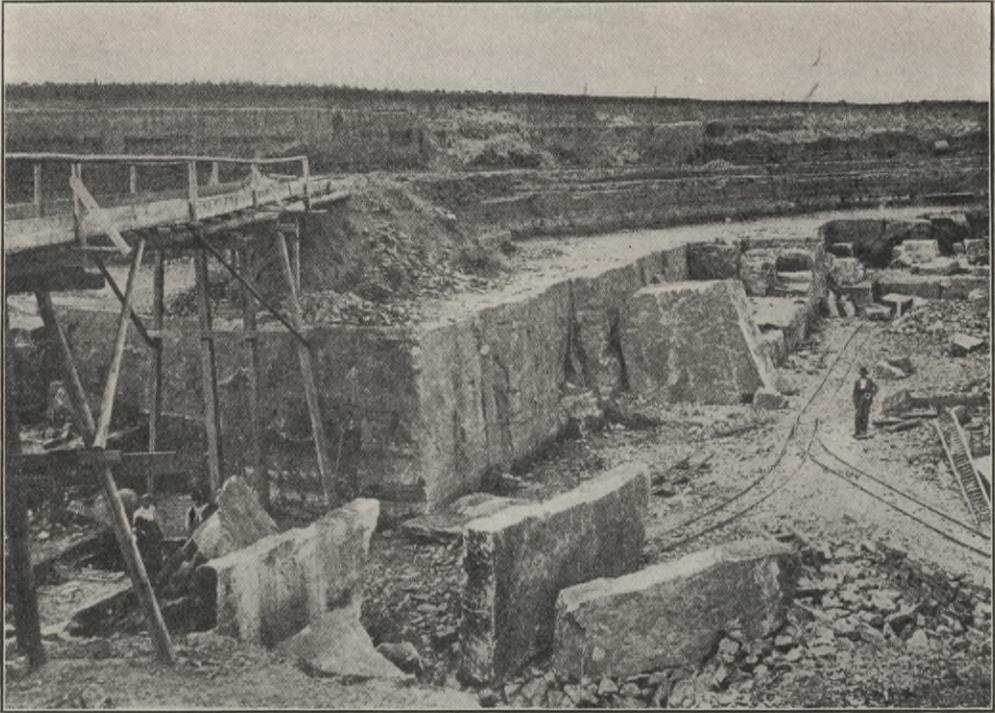


Abb. 93. Kalksteinbruch.



Abb. 94. Steinmetzwerkzeug.

1 Zahneisen, 2 Schlängel-Spitzeisen, 3 Schlageisen, 4 Klöpfel-Spitzeisen, 5 Sprengisen, 6 Schrot-Keil, 7 Scharriereisen, 8 Beizeisen, 9 Nuteisen, 10 kleines Zahneisen, 11 großes Beizeisen, 12 Zahnfläche, 13 Stockhammer, 14 Klöpfel, 15 Schlägel, 16 Krönel, 17 Zirkel, 18 Winkel-Eisen.

zerkleinert und dann „bossiert“, d. h. mittels grober Schläge auf eine rechteckige prismatische Form gebracht, deren Abmessungen nach jeder Richtung um 3 cm größer sind als das spätere Werkstück erfordert, um ein genaues Arbeiten des letzteren zu ermöglichen, der sog. Bruchzoll. Als Werkzeug dient der mit flachen Schneiden versehene kurze Bossierhammer oder bei hartem Gestein der Spitzhammer.

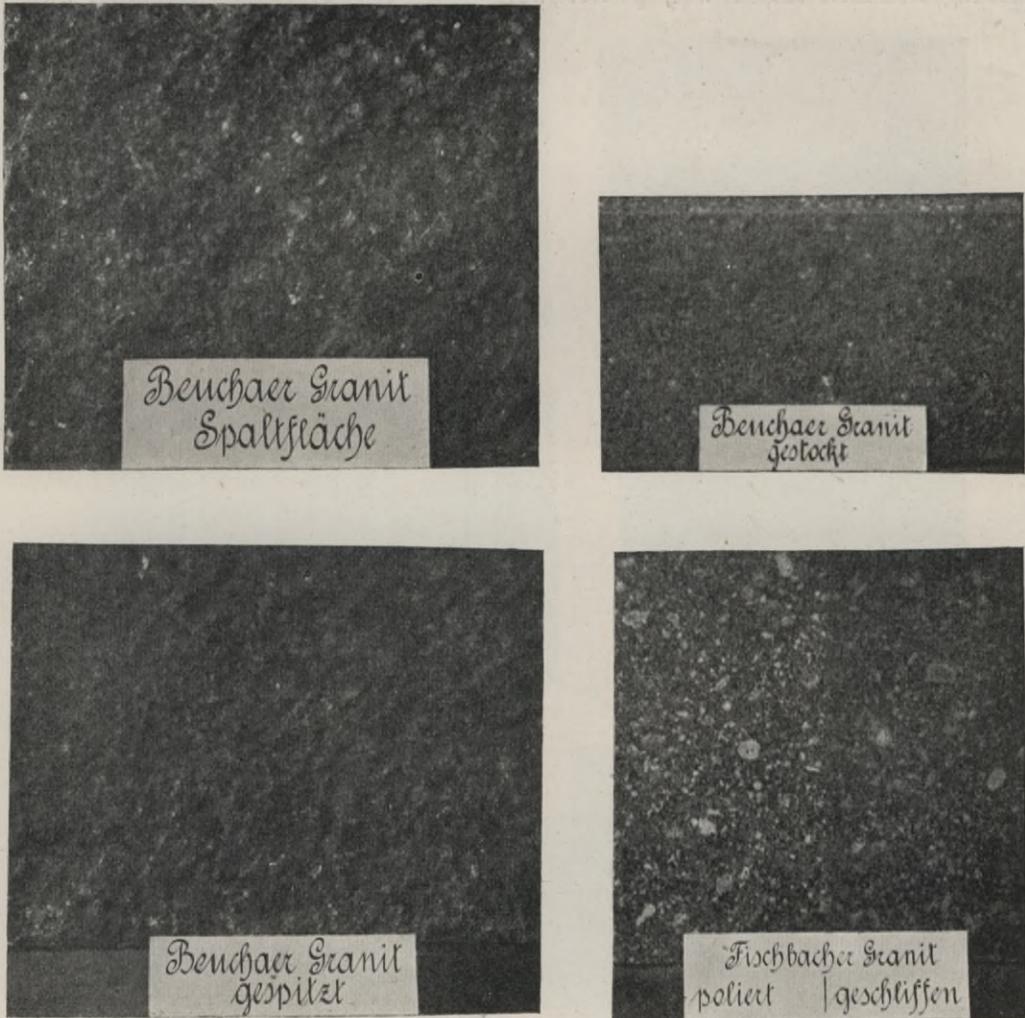


Abb. 95. Oberflächenbearbeitung granitartiger Gesteine.

Die weitere Herstellung der Flächen erfolgt zunächst durch Anarbeiten der sog. „Schläge“ an den Kanten, d. h. etwa 3 cm breite, mit dem Schlageisen (Abb. 94,3) hergestellte, in der künftigen Fläche liegende Streifen; der zwischen ihnen stehende bleibende rauhe Teil heißt die Bosse oder der Posten. Je nachdem die Fläche bearbeitet werden soll, wird nun in verschiedener Weise verfahren. Die Abb. 95, 96 und 97 stellen die gebräuchlichsten Arten der Oberflächenbehandlung von granitartigen und weicheren Steinen dar. Abb. 95a zeigt die beim Spalten sich ergebende rauhe Fläche, welche durch Behandlung mit dem Spitzzeisen ein feineres und gleichmäßigeres Ansehen bekommt, wie Abb. 95b veranschaulicht. Eine weitere Behandlung erfolgt mit

dem Stockhammer (Abb. 94,13) und verleiht der Oberfläche ein feines, durchaus gleichmäßiges Korn (Abb. 95c). In diesem „gestockten“ Zustand werden die meisten Granitarbeiten für Außenteile geliefert (Sockel, Radabweiser, Bordschwellen, Stufen u. dgl.). Für bessere Teile und für Teile des Innenbaus können diese granitartigen Gesteine geschliffen, oder, wenn man ihre Leuchtkraft und Farbenschönheit noch mehr zur Geltung kommen lassen will, poliert werden (Abb. 95d) (Grabdenkmäler, Säulen,



Abb. 96. Oberflächenbearbeitung von Sandsteinen.

Innentreppen). Daß das Polieren des Gesteins seine Wetterfestigkeit bedeutend erhöht, wurde schon oben erwähnt.

Anders gestaltet sich die Flächenbehandlung der weicheren Gesteine, wie Sandsteine, Kalksteine, Tuffsteine und ähnliche. In manchen Fällen wird die Anarbeitung des Randschlages unter Stehenlassen des Bossens in seiner gesprengten bzw. gespaltenen Fläche, wie es Abb. 96a und b darstellt, schon genügen. Eine weitere Bearbeitung kann bei harten Sandsteinen in ähnlicher Weise wie beim Granit mit dem Spitzisen erfolgen (Abb. 96c), oder mit dem Stockhammer, wie bei f derselben Abbildung. Eigenartiger und zutreffender sind aber für diese Gesteine die Formen, die sich aus

der Möglichkeit der Benutzung breiterer Werkzeuge ergeben haben, das ist das in Abb. 96d und c dargestellte Riefeln und Zahnen, vor allem aber der auf Abb. 97a bis d dargestellte Scharrierschlag und das in c veranschaulichte Kröneln. Die Stärke des Scharrierschlages wird durch die Architektur und den persönlichen Geschmack bestimmt; seine Lage ist bei glatten Flächen meist senkrecht oder wagerecht; selten schräg, bei Gesimsen und Profilen auf geraden Flächen senkrecht zur Längsrichtung

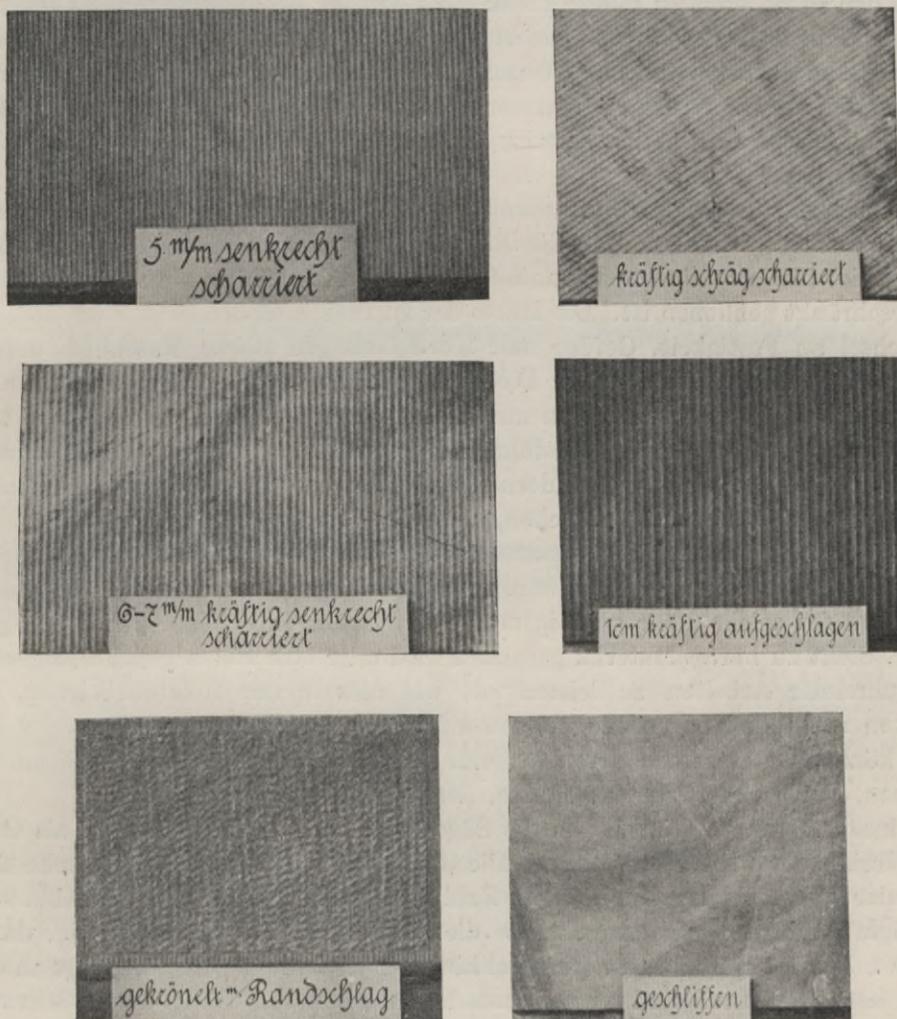


Abb. 97. Oberflächenbearbeitung von Sandsteinen.

des Profils, auf Hohlkehlen, Rundstäben und ähnlichen Gliedern parallel dazu. Eine feinere Bearbeitung für Teile der Innenarchitektur kann durch Schleifen erzielt werden (Abb. 97f); ein Polieren vertragen die meisten Sandsteine infolge ihrer Weichheit nicht, wie oben bereits ausgeführt.

Die für die Bearbeitung der Werksteine gebräuchlichsten Werkzeuge sind in Abb. 94 zusammengestellt; ihre Bestimmung geht meist aus ihrer Benennung hervor.

Zum Schleifen der Steine benutzt man einen härteren Körper, den man auf der Fläche so lange hin und her führt, bis alle Unebenheiten beseitigt und eine vollständig

ebene Fläche entstanden ist. Als solcher kann ein härteres Gestein dienen; meist kommt jedoch ein Schleifpulver zur Verwendung, welches mittels Filz- oder lederbenagelter Holzscheiben auf dem Stein unter stetiger Wasserzuführung verrieben wird, indem man mit einer grobkörnigen Pulversorte beginnt, und immer feinere folgen läßt. Als Schleifpulver werden benutzt: Sandstein, Bimsstein, Sand, Schmirgel, Gußstahlpulver, Granat u. a.

Bei den zu polierenden Flächen wird diese Art der Behandlung unter Verwendung immer feinerer Poliermittel fortgesetzt; als Scheiben dienen bei harten Gesteinen solche aus Metall, bei weicheren Holzscheiben mit Filz oder Lederbezug. Als Poliermittel werden verwandt: feiner Quarzsand, Schwefelblume, Holzkohle, Kreide, Kieselerde und Zinnasche für weiche Gesteine, Schmirgel, Stahlmasse, Eisenoxyd, Diamantin u. a. für harte Gesteine.

Wer sich die Art des Steinmetzhandwerks in ihrer Vielseitigkeit vergegenwärtigt, den wird es nicht wundern, daß die Einführung von Maschinen gerade auf diesem Arbeitsgebiet bis jetzt eine wenig umfangreiche und nur für bestimmte engbegrenzte Fälle beschränkt geblieben ist. Die Härte der zu bearbeitenden Stücke an sich, sowie ihr Wechsel an Festigkeit, Gefüge und Korn bedingen starke Maschinen und verbrauchen ihre Arbeitsteile schnell. Die Verschiedenheit der Anforderungen an Herstellung der Form lassen Maschinen nur immer für wenige Fälle in Tätigkeit treten. Dazu kommt der Wunsch des ausführenden Architekten, an der Bearbeitung der Steine den nie ganz gleichen, sondern in interessanter Abwechslung erscheinenden Meißelschlag des Steinmetzen zu sehen, den eine Maschine wohl regelmäßiger, damit aber gleichzeitig nüchtern und ausdruckslos hervorbringen würde. Alle diese Umstände zusammen haben die Einführung der Maschinen bisher nur in solchen Betrieben und für solche Fälle günstig erscheinen lassen, in denen ein ziemlich gleichmäßiges, nicht zu hartes Material gefunden wird oder eine Reihe gleichmäßiger, stets wiederkehrender Arbeiten zu leisten ist, wie dies in der Holzbearbeitung, deren Maschinen meist hierfür vorbildlich geworden sind, der Fall ist.

So können an einzelnen Arten folgende unterschieden werden: Steinsägen, Fräsmaschinen, Drehbänke, Bohrmaschinen, Schleif- und Poliermaschinen.

Steinsägen werden ähnlich wie die Sägemaschinen der Holzindustrie als Gattersägen, Kreis- oder Bandsägen gebaut. Die Gattersägen sind entweder einfache Trenngatter oder Vollgatter für eine größere Zahl von Sägeblättern. Wie aus Abb. 98, die ein Vollgatter darstellt, hervorgeht, ist die Anordnung desselben derartig, daß der Rahmen mit den Sägeblättern horizontal hin und her bewegt wird; er hängt an einem starken eisernen Gestell und wird während der Arbeit selbsttätig durch Schrauben- oder Zahngetriebe gesenkt. Der Stein liegt fest unter dem Gatter. Die Sägeblätter bestehen entweder aus glatten Stahlbändern mit oder ohne Zähne; dann ist die Anwendung eines Schleifmittels erforderlich; oder sie sind mit Diamanten besetzt, was ihre Leistungsfähigkeit gegenüber der ersten Art sehr erhöht. Während des Schneidens ist Wasserspülung, sowohl zur Kühllhaltung des Sägeblattes, als zur Entfernung der abgeschliffenen Körner erforderlich.

Die Anordnung der Band- und Kreissägen entspricht derjenigen für Holzsägen. Die Ausbildung der Sägeblätter ist ebenso wie oben bei den Gattersägen erläutert. Statt des Sägeblattes der Bandsägen wird vielfach Stahldraht oder dünnes Drahtseil benutzt. Die Kreissägen sind vielfach den Fräsmaschinen angegliedert, mit deren

Art sie verwandt sind. Diese dienen zum Anfräsen glatter oder profilierter Kanten an Platten u. dgl. und bestehen aus einem eisernen Gestell, an welchem ein oder mehrere drehbare Stahlscheiben derartig angebracht sind, daß ein in einer bestimmten Richtung vorbeigleitendes Steinstück an der Kante abgearbeitet wird, und zwar entsprechend dem Profil der Scheibe. Auf diese Weise lassen sich durch Anwendung mehrerer verschieden profilierter Scheiben eine Anzahl oft wiederkehrender Arbeiten, wie profilierte Treppenstufen, Gesimse, Baluster, Grabdenkmäler u. a. billiger ausführen, als durch Handarbeit. Statt der Stahlscheiben für Fräsmaschinen verwendet man neuerdings vielfach ebenso wie für Sägeblätter Carborundscheiben, das sind Scheiben aus dem mittels besonderen Verfahren auf elektrischem Wege hergestellten Siliciumcarbid, dessen Härte zwischen der des Corunds und des Diamants steht.

Die Drehbänke für Werksteine sind ebenfalls denen für Holzwaren nachgebildet, nur, wie alle Steinmaschinen entsprechend kräftiger gebaut, um Schwankungen des

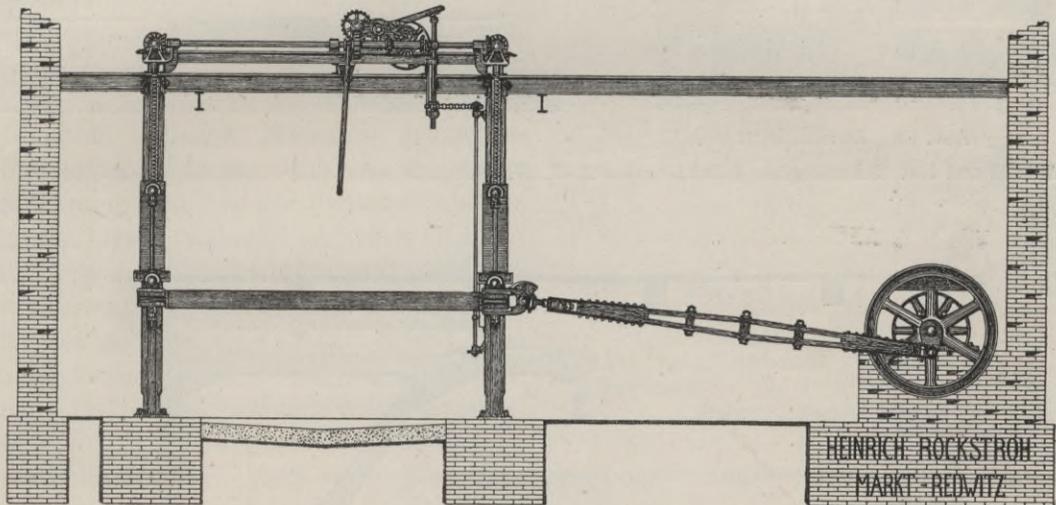


Abb. 98. Vollgatter für Steinbearbeitung.  
(Maschinenbau-A.-G. Markt-Redwitz vorm. Heinr. Rockstroh, Markt-Redwitz.)

abzudrehenden Werkstücks zu vermeiden, die ein unsauberes Arbeiten zur Folge hätten. Statt des Drehstahls lassen sich auch Schälmeißel in die Drehbank einspannen. Diese bestehen aus schmalen, im Winkel abgebogenem flachen Stahl, welcher mit seiner Diamantschneide vor dem Kopf der Säule und in der Nähe des äußeren Umfangs angesetzt und unter Beibehaltung seiner Anfangseinstellung parallel zur Säulenachse vorgetrieben wird. Dabei schneiden die Diamanten von der sich drehenden, roh zugearbeiteten Säule ringförmige Schalen aus, welche von Zeit zu Zeit, bevor der senkrechte Schenkel des Winkelschälers anstößt, abgeklopft werden, so daß damit Stück für Stück ein Säulen Kern von glatter kreisrunder Oberfläche freigelegt wird. Diese Schälmaschinen eignen sich naturgemäß nur für weichere und mittelharte Gesteine.

Die Bohrmaschinen dienen zum Einbohren von Löchern für Platten, Dübel, Walzenachsen und, wenn statt des vollen Bohrers eine ringförmige Bohrkronen benutzt wird, auch zum Ausbohren von Walzen aus dem vollen Stein, die dann auf der Drehbank leicht zu Balustern, Säulen u. dgl. weiter zu verarbeiten sind. Die Bohrer werden

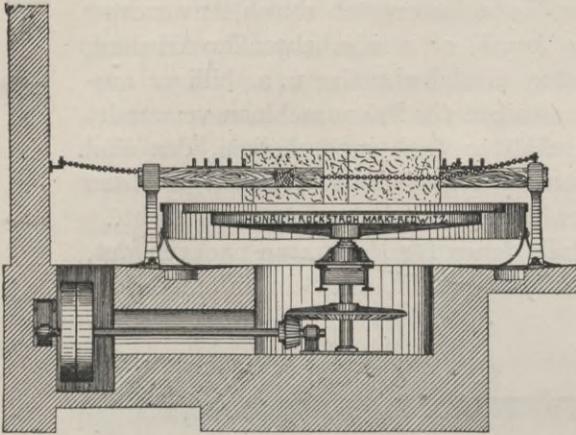


Abb. 99. Durchschnitt.

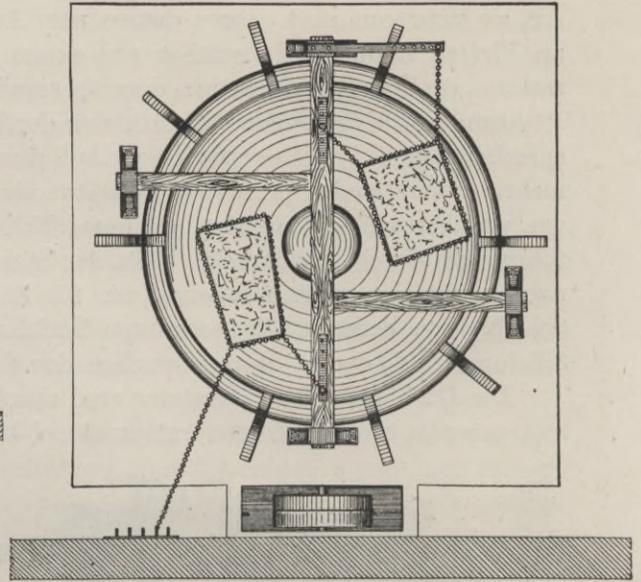


Abb. 100. Aufsicht.

Abb. 99 und 100. Schurscheibe. (Maschinenbau-A.-G. Markt-Redwitz vorm. Heinr. Rockstroh, Markt-Redwitz.)

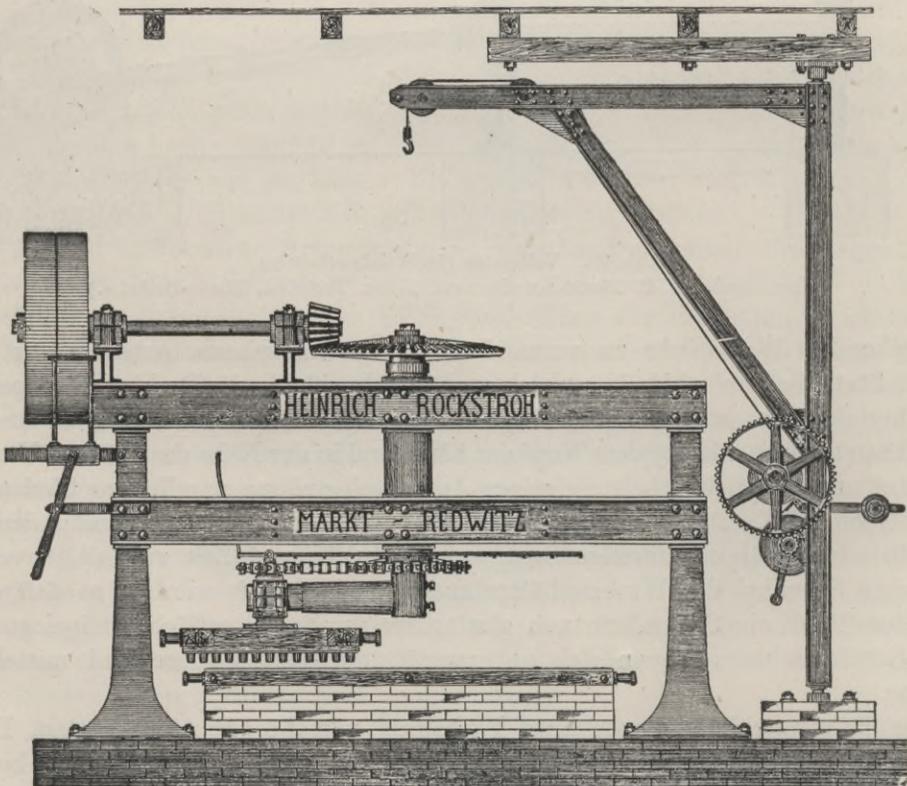


Abb. 101. Große Schleifmaschine.

(Maschinenbau-A.-G. Markt-Redwitz vorm. Heinr. Rockstroh, Markt-Redwitz.)

von einer Transmission aus mittels Vorgelege und konischer Zahnradübertragung getrieben; sie sind entweder mit Diamanten besetzt, oder aus Stahl, und arbeiten dann mittels Zugabe von Schleifpulver.

Die einfachste Art der Schleif- und Poliermaschinen sind die Schurscheiben, wie sie Abb. 99 u. 100 darstellt. Auf einer senkrechten Achse, die drehbar, aber fest gelagert ist, ist eine aus zähem, harten Spezialeisen angefertigte Platte von 2 bis 4 m Durchmesser angebracht, die mittels eines Vorgeleges in schnelle Umdrehungen versetzt wird. Die zu schleifenden Werksteine werden auf die Platte gelegt und mittels Ketten festgehalten; als Schleifmittel wird Stahlmasse oder Quarzsand benutzt. Während die Schnurscheiben nur für kleinere Werkstücke geeignet sind, bedient man sich zum Schleifen größerer Platten — von 4 bis 8 qm — der Schleudermaschinen nach Art der Abb. 101. Auf dem fest gelagerten Plattenstein bewegt sich eine an einem drehbaren Arm sitzende Schleifscheibe im Kreise herum, während sie gleichzeitig um ihre eigene Achse gedreht wird, und bewirkt so mittels des dazugegebenen Schleifmittels gleichmäßigen glatten Schliff. Die Schleifscheibe besteht aus einer gußeisernen Platte mit zapfenförmig angesetzten, reihenweise gegeneinander versetzten Schleifklötzen. Zum Polieren werden Scheiben mit eingewickelten Hanfsträngen verwendet.

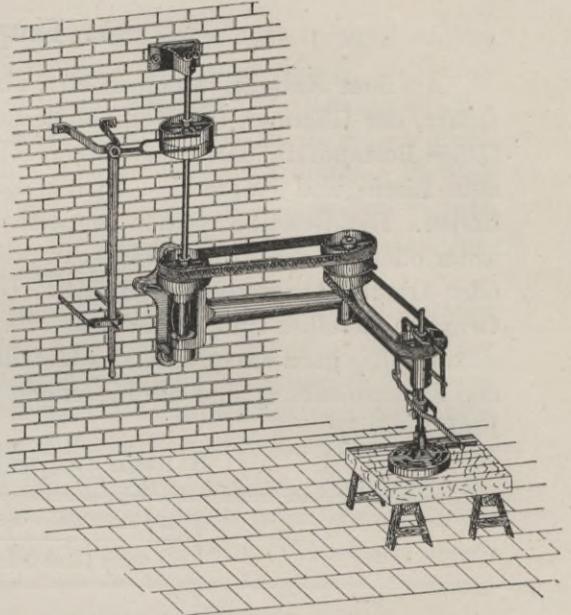


Abb. 102. Rundsleif- und Poliermaschine.  
(Maschinenbau-A.-G. Markt-Redwitz vorm. Heinr.  
Rockstroh, Markt-Redwitz.)

Am meisten Verwendung finden die in Abb. 102 dargestellten Rundsleif- und Poliermaschinen, die mittels Vorgelege an der Wand befestigt und drehbar sind. Das zu bearbeitende Werkstück liegt auf Böcken fest gelagert und die Schleifscheibe dreht sich mit dem für die Härte des betreffenden Steins erforderlichem Druck auf demselben. Die Schleif- und Poliermittel sind die oben angegebenen.

## F. Die einzelnen Arten.

An der Hand der oben gegebenen Einteilung folgt nachstehend eine Besprechung der einzelnen Gesteine hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und ihrer für bauliche Zwecke in Betracht kommenden Eigenschaften, sowie ihrer Hauptfundorte. Die Raumgewichte und die Festigkeitszahlen der wichtigeren Gesteine sind bereits in den Zusammenstellungen (S. 98 u. 100) angegeben. Dabei werden aber nur die Gesteinsarten ausführlicher besprochen werden, welche tatsächlich als Werksteine für Steinmetzarbeiten verwandt werden, diejenigen aber, welche entweder erst einer durchgreifenden Umarbeitung und Umwandlung bis zu ihrer Verwendung bedürfen, wie

Tone, Magnesia, Gips u. a. oder nicht zu eigentlichen Werksteinen, sondern in anderer Form verbraucht werden, wie Lehm, Kies oder Sand, werden an der ihnen zukommenden Stelle des Buches, d. h. bei den aus ihnen herzustellenden Arbeiten eingehend besprochen werden, sollen aber hier, um den Überblick über die Gesteine vollständig erscheinen zu lassen, an zugehöriger Stelle erwähnt werden.

### 1. Eruptivgesteine.

An ihrer Zusammensetzung sind als wesentliche Bestandteile die Feldspate, der Quarz, der Glimmer, die Hornblende und die Augite beteiligt, während sich als zufällige Bestandteile teils einige dieser, sofern sie nicht als wesentliche auftreten, außerdem Eisen- und Kupferkies, Apatit, Zirkon, Magneteisen, Granat und andere vorfinden. Die Gesteine werden je nach dem Ort ihrer Entstehung, d. h. Erstarrung unter oder auf der Erdoberfläche, in plutonische oder Tiefengesteine und vulkanische oder Oberflächengesteine eingeteilt. Da die gesteinsbildenden Minerale bei beiden Gruppen dieselben sind, so findet sich für fast jedes Tiefengestein ein in der Zusammensetzung ihm ganz entsprechendes Oberflächengestein. Die nachstehende Tabelle zeigt den Zusammenhang und die Einteilung der baulich wichtigsten Eruptivgesteine nach Prof. Zirkel<sup>1)</sup>:

Einteilung der Eruptivgesteine.

	Mit Kalifeldspat und		Mit Kalknatronfeldspat und mit				Ohne eigentlichen Feldspat
	mit Quarz	ohne Quarz	Hornblende	Glimmer	Augit	Diallag	
Tiefengesteine . . . . .	Granit	Syenit	Diorit	Glimmerdiorit	Diabas	Gabbro	Olivin- und Augitgesteine
Oberflächen- gesteine { alt jung {	Porphyre Liparit	Orthophyr Trachyt	Porphyrite Obsidiane und Bimssteine	Andesite	Malaphyr		Basalte

#### a) Plutonische oder Tiefengesteine.

**I. Granit.** Der Granit ist ein massiges, ungeschichtetes, fein- bis grobkörniges Gestein und besteht aus einem Gemenge von Quarz, Feldspat und Glimmer. Der Quarz ist an seiner weiß bis hellgrauen Farbe, seinem Fettglanz und dem muscheligen Bruch zu erkennen; er ist nicht immer kristallinisch, sondern findet sich oft als unregelmäßige körnige Füllmasse zwischen den beiden andern Bestandteilen. Er ist der schätzenswerte Bestandteil des Granits, verwittert nicht, und verleiht dem Gestein daher seine Härte, Festigkeit und Wetterbeständigkeit. Von den Feldspaten ist meist der Kalifeldspat (Orthoklas), zuweilen der Natronfeldspat (Oligoklas) vorhanden; sie erscheinen in tafelförmigen, undurchsichtigen, glasglänzenden Kristallen und geben dem Gestein die Farbe. Vom Glimmer kommt entweder der Biotit allein, oder der Muskowit, oder beide zusammen vor. Man unterscheidet danach die Granite in Biotitgranit (der häufigste), Muskovitgranit (selten und baulich unwichtig) und Zweiglimmergranit. Die schuppenförmigen Glimmerplättchen sind grau bis grün gefärbt, und an ihrem Metallglanz leicht zu erkennen. Wird der Glimmer im Granit teilweise oder ganz durch Hornblende ersetzt, so spricht man von Hornblendebiotit oder Horn-

<sup>1)</sup> Aus: Natürliche Bausteine von Dr. A. Schmidt.

blendegranit (Syenitgranit). Eine besondere Abart des Granits ist der Aplit, bei dem die Glimmerteile fast ganz fehlen, so daß er nur aus Feldspat und Quarz besteht. Dieses sehr feste und dauerhafte Gestein kommt aber nur vereinzelt als Gang in anderen Granitstöcken vor (Schwarzwald, Odenwald) und kann daher baulich keine große Verwendung finden. Als zufällige Bestandteile kommen Apatit, Eisenkies, Flußspat, Granat und Kupferkies vor.

Die Güte des Gesteins als Baustein hängt von dem mehr oder weniger starken Gehalt des leicht verwitternden Glimmers, Eisenkieses und Kupferkieses, sowie von der Verbandsfestigkeit der einzelnen Körner ab; glimmerarme mittelkörnige Granite gelten als die besten. Das Vorhandensein von Eisenkies ist schädlich, da er sich durch Oxydation sehr bald umsetzt und unter Bildung von häßlichen rostbraunen Flecken die Verwitterung des Gesteins einleitet. Die Farbe wechselt von fast weißen Steinen mit kleinen schwarzen Punkten über gelb, grau, rötlich, grünlich bis zu lebhaft rot- und grüngefärbten und sogar fast schwarzen Graniten.

Der Stein besitzt eine vorzügliche Wetterfestigkeit infolge seines harten, dichten Gefüges, und kann zu allen Arbeiten im Freien verwandt werden; besonders in polierter Form zeigt er außerordentlich schöne Farben. Die Schwierigkeit seiner Bearbeitung setzen der Formgebung des Granits gewisse Grenzen; seinem ganzen Charakter nach wird man eine in großen Linien gehaltene einfache Form für ihn wählen. Seine Hauptverwendung findet er im Hochbau zu Säulen, Sockelplatten, Radabweisern, Schwellen, Treppenstufen und -wangen u. a.; im Brücken- und Straßenbau zu Widerlagern für Gewölbe und Eisenkonstruktionen, zu Pfeilern, Mauern, Uferbefestigungen, Trottoirplatten, Pflaster, Bortschwellen u. dgl. Seine Verwendung ist bei seinem häufigen Vorkommen in allen Gebirgsländern eine sehr verbreitete. Selbst in der norddeutschen Tiefebene findet er sich in Gestalt von Findlingen (erratischen Blöcken) von zum Teil ansehnlicher Größe, die in der Eiszeit mit den Moränen und Gletschern von Schweden und Finnland herübergekommen und dort abgelagert sind; so ist z. B. die 6,6 m im Durchmesser habende, rund 75 000 kg schwere Schale vor dem Berliner Alten Museum aus der Hälfte eines bei Fürstenwalde a. Spree gefundenen Findlings gearbeitet. Die Hauptfundstätten guten Granits in Deutschland sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Name und Ort des Bruches	Farbe und Korn	Druckfestigkeit kg/qcm
A. Preußen.		
Strehlen in Schlesien . . . . .	blauweiß bis blaugrau; feinkörnig	2434
Striegau in Schlesien und Umgegend . . . . .	blauweiß bis weißgrau; grobkörnig	1942
Oberstreit bei Striegau . . . . .	weißgrau; grobkörnig	1755
Fischbach im Riesengeb., St. Jannowitz . . . . .	fleischfarbig; mittelgrob bis fein	1996
Bischofswalde bei Neiße . . . . .	hellgrau bis dunkelgelb; fein- bis grobkörnig	—
Hasserode bei Wernigerode a. Harz . . . . .	rot, grün und grau; fein- bis mittelgrobkörnig	2500
B. Sachsen.		
Häslich bei Bischheim, Kr. Bautzen . . . . .	schwarzweiß und blaugrau gesprenkelt; mittelgrobkörnig	2173
Kamenz, Kr. Bautzen . . . . .	wie vor	2173
Dehmitz, Kr. Bautzen . . . . .	schwarzweiß bis blaugrau; mittelgrobkörnig	2173
Thumitz, Kr. Bautzen . . . . .	wie vor	—
Meißen und Umgegend . . . . .	rötlich; grobkörnig	1272—2100

Name und Ort des Bruches	Farbe und Korn	Druckfestigkeit kg/qcm
C. Baden.		
Kappelrodeck bei Achern (Schwarzw.) . . . . .	rötlich und grauweiß; grobkörnig	—
D. Hessen.		
Zwingenberg an der Bergstraße . . . . .	grauweiß; mittelgrobkörnig	2200
Bensheim an der Bergstraße . . . . .	grau bis schwarzgrün; mittelgrobkörnig	—
Heppenheim . . . . .	fleischrot bis rotbraun; grobkörnig	—
E. Bayern.		
Büchlberg bei Passau . . . . .	graublau bis gelblich; sehr feinkörnig	1440
Hangenberg bei Passau . . . . .	blau; fein- bis grobkörnig	—
Blauberg, Stat. Kothmaislin . . . . .	tiefblau bis gelblichweiß; feinkörnig	1200
Wunsiedel im Fichtelgebirge . . . . .	weiß und graublau; mittelgrobkörnig	—
Gefrees im Fichtelgebirge . . . . .	blau; mittelgrobkörnig	2200—2800
Selb im Fichtelgebirge . . . . .	weißlichgelb bis blau; feinkörnig	1700
Waldstein im Fichtelgebirge . . . . .	blauweiß und gelblichweiß; mittelgrobkörnig	1600

**II. Syenit.** Er ist ein dem Granit sehr ähnliches, aber nicht so verbreitetes Gestein; an seiner Zusammensetzung nehmen hauptsächlich die Feldspate, Glimmer, Hornblende und Augit teil, während Quarz fast ganz fehlt. Von den Feldspaten ist meist der Orthoklas, Plagioklas und Kalknatronfeldspat vorhanden; als zufällige Bestandteile erscheinen Magnetit, Schwefelkies, Titanit und in den einzelnen Orten die bestimmenden Gemengteile der andern. Nach seiner wesentlichen Zusammensetzung unterscheidet man den eigentlichen oder Hornblendesyenit (Feldspat und Hornblende), den Glimmer- oder Biotitsyenit (Feldspat und Biotit) und den Augitsyenit (Feldspat und Augit).

Der Syenit ergibt einen vorzüglichen Baustein, da er nicht so spröde, aber weicher als der Granit ist. Das meist vollständige Fehlen des Glimmers verursacht eine schöne, gleichmäßige Politur, die die dunkle schöne grüne oder rote Färbung des Gesteins gut zur Geltung bringt. Seine Härte, Wetterbeständigkeit, Festigkeit und sein Gewicht entspricht ungefähr ebenso wie die Art seiner Verwendung dem Granit, nur ist diese infolge seines selteneren Vorkommens örtlich mehr beschränkt.

Der bei Syene in Oberägypten gebrochene, schon im Altertum viel verwandte Stein, der den Namen Syenit führt, ist ein Hornblendebiotitgranit und kein Syenit.

Seine Hauptfundorte in Deutschland sind: im Königreich Sachsen zwischen Meißen und Dresden, ein hell- bis dunkelroter, meist im Straßenbau verwandter Syenit; bei Riesa (hellgrau), Moritzburg, Strehla; im Fichtelgebirge bei Wölsau und Redwitz, bei Wunsiedel; im Thüringer Wald bei Ilmenau-Suhl; ferner bei Aschaffenburg, Reichenbach, an der Bergstraße, im Odenwald, im Schwarzwald; in Oberfranken und im bayrischen Wald.

Außerhalb Deutschlands findet er sich in Norwegen bei Christiania (fleischrot) und am Langesundfjord. Das fälschlich mit dem Namen Norwegischer Labrador bezeichnete Gestein ist ein grobkörniger Augitsyenit mit wundervollem dunklen, ins Blaue spielenden Farbenton und großer Festigkeit und Wetterbeständigkeit. Fälschlich als Syenite werden bezeichnet: grün und weißgefleckter Diabas des südlichen Schwedens (schwedischer Syenit); weiß und grüner Diorit aus dem Odenwald (Odenwaldsyenit); schwarze oder grüngesprenkelte Diabase von Spremberg-Neusalza (Lausitzer Syenit).

**III. Diorit.** Der Diorit, vielfach Grünstein genannt, ist ein kristallinisches Gemenge von Feldspaten, meist Plagioklasen und Hornblende, welche letztere vorherrscht und dem Stein die lebhaft grüne bis dunkelgrüne glänzende Farbe verleiht. Als zufällige Bestandteile treten auf: Glimmer, Quarz, Augit, Schwefelkies; ihrer Zusammensetzung nach spricht man von Quarz-, Glimmer- und Quarzglimmerdioriten. Das Gefüge des Steins ist feinkörnig bis dicht, teilweise auch porphyrisch. Bei paralleler Lagerung der Hornblendesäulen ergibt sich ein schieferiges Gefüge, welches die Bearbeitung des Steins erschwert. Die Farbe der Steine ist grün bis schwarzgrün, seine Festigkeitsverhältnisse, Härte und Wetterbeständigkeit, sind ebenso wie die Art seiner Verwendung ähnlich wie beim Granit, nur wird die Wetterbeständigkeit meist durch das Vorhandensein von Schwefelkies beeinträchtigt. Es nimmt infolge seines dichten, feinen Gefüges eine sehr schöne und dauerhafte Politur von hohem Glanz an.

Seine Hauptfundorte in Deutschland sind der Ochsenkopf im Fichtelgebirge, die Roßtrappe und Blankenburg im Harz, Ruhla, Liebenstein, Brotterode in Thüringen, im Spessart, im Kyffhäuser, Lindenfels im Odenwald, in der Rheinpfalz; im südlichen Schwarzwald, sowie vereinzelt in Hessen; sodann die Lausitz und das Königreich Sachsen, Neusalza und Spremberg bei Bautzen, Reinsdorf bei Plauen i. V. u. a.

**IV. Diabas.** Der Diabas, von mancher Seite für ein Eruptivgestein gehalten, ist in seiner mineralogischen Zusammensetzung dem Diorit sehr ähnlich, nur ist die Hornblende durch den Augit ersetzt, so daß er ein krystallinisches Gemenge von Feldspaten, meist Labradorit oder Oligoklas und Augit darstellt, denen sich als zufällige Bestandteile Chlorit, Quarz, Glimmer, Magnetit, selten auch Schwefelkies anschließen. Er unterscheidet sich äußerlich vom Diorit durch die meist hellere Farbe, das dichtere Gefüge und das daher größere spezifische Gewicht, sowie durch Aufbrausen beim Begießen mit Säuren (infolge Zersetzung eines Kalkfeldspats). Seine Farbe ist graugrün bis grün, zum Teil weißgefleckt (dann fälschlicherweise oft als Syenit bezeichnet!). Sein Gefüge ist meist dicht, kristallinisch-körnig, manchmal schieferig. Seine Festigkeitsverhältnisse, Härte und Wetterbeständigkeit entsprechen denen der Granite; seine Verwendung ist ähnlich wie bei jenen, doch wird er mehr im Straßenbau, sowie als polierter Stein zu Dekorationszwecken, als wie als eigentlicher Werkstein benutzt.

Fundorte in Deutschland sind: Niederguhrig, Taubenheim, Wehrsdorf bei Bautzen, Elsterberg bei Zwickau, der Ochsenkopf im Fichtelgebirge, Eichenberg und Westenberg bei Langelsheim (Braunschweig), Koschen in der Niederlausitz, Rübeland, Wernigerode, Goslar im Harz, Friedensdorf in Hessen, Baumgarten bei Frankenstein (in Schlesien).

Außerhalb Deutschlands wird er im südlichen Norwegen und in Amerika viel gefunden.

**V. Gabbro.** Der Gabbro setzt sich aus einem Kalknatronfeldspat, meist Labradorit oder Amorthit und einer Abart des Augit zusammen, die mit Diallag bezeichnet wird. Als zufällige Bestandteile kommen Olivin, Hornblende, Glimmer, Quarz und Schwefelkies vor. Die Färbung des Gesteins wird durch den bläulichweißen bis grauen Feldspat und den dunkelgrünen Augit bestimmt und schwankt je nach Vorherrschen des einen oder andern Bestandteils. Das Gefüge ist grob bis mittelkörnig, von eigenartiger Unregelmäßigkeit, selten porphyrisch, oft schieferig oder schlierig. Gewicht, Härte und Politurfähigkeit entsprechen ungefähr dem Granit, die Wetterbeständigkeit

ist eine gute, wenn nicht der in feuchter Luft sich leicht zersetzende und die Verwitterung verursachende Labradorit vorhanden ist.

Sein Vorkommen in Deutschland ist beschränkt; er findet sich im Harz im Radautal, in Schlesien am Zobten, bei Ebersdorf und Buchau bei Neurode, bei Roßwein und Siebenlehn in Sachsen, sowie vereinzelt in der Eifel, im Odenwald und in den Vogesen. Außerhalb Deutschlands in den Schweizer Alpen (Monte Rosa, Graubünden), Niederösterreich (Langenlois), Italien (Florenz und a. a. O.).

**VI. Olivin- und Augitgesteine.** Diese hauptsächlich Olivin enthaltenden feldspatfreien Gesteine können als Anhänger der Gabbrogesteine aufgefaßt werden. Als weitere Bestandteile kommen die Glieder der Hornblende, Augit- und Biotitgruppe vor. Ihre Verwendung ist entsprechend ihrem seltenen Vorkommen in geringem Umfang eine beschränkte; ihre Färbung meist grün. Am bekanntesten ist der Pikrit, ein sehr zähes dunkelgrünes Gemenge aus Hornblende, Augit, Biotit, Magnetit und Olivin, das sich im Fichtelgebirge, in Thüringen, bei Planitz in Sachsen findet und das Urgestein darstellt, aus dem der Serpentin durch Umwandlung entstanden ist.

### b) Vulkanische oder Oberflächengesteine.

Wie aus der auf S. 112 wiedergegebenen Zusammenstellung hervorgeht, findet sich für jedes der eben besprochenen Tiefengesteine ein in der chemischen Zusammensetzung entsprechendes Oberflächengestein; nur ist das Gefüge dieser letzteren ein anderes, da infolge der schnelleren Abkühlung nicht alle Bestandteile der flüssigen Masse zur kristallinen Ausscheidung gelangen konnten, sondern nur einzelne, welche sich als ausgebildete Kristalle in der mikrokristallin bis glasig erstarrten Grundmasse vorfinden. Da die Porphyre die Hauptvertreter dieser Gruppe sind, hat man das Gefüge als porphyrisches bezeichnet. Naturgemäß lassen sich die Grenzen der einzelnen Gruppen nicht mit unfehlbarer Sicherheit festlegen; die Gesteine schwanken hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und ihres Gefüges und nähern sich bald der einen, bald der andern Gruppe, da sie selten in unverändertem Erstarrungszustand geblieben, sondern infolge dynamischer Wirkungen mancherlei Art in ihrem Gefüge geändert worden sind. Bei einzelnen Gesteinen, z. B. Diabas, herrscht Zweifel, ob er zu den Tiefengesteinen oder den Oberflächengesteinen zu rechnen ist; von den im allgemeinen zu letzteren gehörigen Porphyren sind die Granit- und Syenitporphyre als Tiefengesteine anzusehen, die auch in technischer Hinsicht den Graniten sehr nahe stehen.

**I. Porphyr.** Unter Porphyren versteht man kristallinisch gemengte Gesteine, bei denen aus einer dichten mikrokristallinen bis glasigen Grundmasse einzelne Minerale oder Kristalle deutlich hervortreten; das sind Feldspate und Quarz, und zwar von den Feldspaten der Ortoklas bei den eigentlichen Porphyren, der Plagioklas bei den Porphyriten. Bei den Orthoklasporphyren unterscheidet man von den eigentlichen quarzfreien Porphyren, die nur Feldspat ausgeschieden enthalten, die auch Quarz führenden Quarzporphyre. Ist die Grundmasse etwas weniger dicht, sondern körniger, so nennt man ihn Granitporphyr, enthält er neben den Orthoklaskristallen noch Hornblende, Augit oder Biotit, so wird er mit Syenitporphyr bezeichnet.

Die eigentlichen Porphyre und der Quarzporphyr unterscheiden sich nur durch die Ab- bzw. Anwesenheit von Quarz, haben sonst aber die gleiche Grundmasse von

rötlicher, ins Graue oder Braune spielender Farbe. Die stark glänzenden Orthoklaskristalle sind entweder farblos oder von hell bis dunkelroter Färbung. Die bis zur Größe der Erbse erscheinenden Quarzkristalle sind von grauweißer Farbe; die als zufällige Bestandteile erscheinenden Beimengungen von Glimmer, Hornblende oder Augit meist dunkelgrün bis schwarz.

Aus diesen Einzelfarben ergibt sich eine mehr oder weniger rote Gesamtfarbe, die dem Gestein den Namen gegeben hat, und durch die verschiedenen Verhältnisse von Grundmasse zu den Mineralkristallen, sowie durch die Größe der letzteren mehr oder weniger nach weiß bzw. braun hin abweicht.

Das Gestein zeigt festes, dichtes Gefüge und bedeutende Härte, sein spezifisches Gewicht entspricht, wie auch seine sonstigen technischen Eigenschaften im wesentlichen den Granitgesteinen. Wetterbeständigkeit und Polierfähigkeit sind gut. Seine Verwendung findet es sowohl im Hochbau, wie im Brücken- und Tiefbau, zu Werksteinen, Säulen, Treppenstufen, Denkmälern, Dekorationsstücken, Widerlagern, im Straßenbau sehr zahlreich für Pflasterungen jeder Art. Sein Vorkommen ist ziemlich häufig; er durchsetzt die älteren Gesteine in vielfach verzweigten, teilweise starken Gängen, bildet einzelne Kuppen oder Stöcke, oder überdeckt mit bankartiger Ablagerung andere Gesteine. Seine Hauptfundorte sind: im Königreich Sachsen bei Hayda und Dornreichenbach (graublau, mittelfein), Flöha bei Chemnitz (gelblichgrau, feinkörnig), Alt-Oschatz, Lüptitz bei Wurzen (rot bis bläulich, mittelfein), Röcknitz bei Torgau (graumeliert, fein); in der Provinz Sachsen Petersberg und Löbejün bei Halle (rötlichbraun, bunt, dicht), Ostrau, Schöna, Wildschütz (Kr. Torgau) (rotbraun bis grau, grob bis mittelfein), in Thüringen bei Friedrichroda, Suhl, Ruhla (hellgrau bis rötlich, mittelfein), in Hessen Gr.-Umstadt und Neu-Bamberg (graurot bis rotbraun, grob bis fein, porig), bei Dossenheim a. d. Bergstraße (Odenwald; rötlichgrau, mittelfein) u. a. m.

Außerhalb Deutschlands findet er sich bei Boyen in Tirol (rötlich bis graubraun), bei Elfdalen in Schweden (schön roter Felsitporphyr), bei Christiania in Norwegen (braunrot) und im Niltal in Ägypten (rot).

**II. Granit- und Syenitporphyr.** Diese beiden den Tiefengesteinen angehörigen Abarten des eigentlichen Porphyrs unterscheiden sich von diesem durch die weniger dichte körnige Grundmasse, die das Gestein dem Granit ähnlich werden läßt, ohne jedoch dessen grobe Körnung zu erhalten bzw. durch die Ausscheidungen von Orthoklas, Hornblende, Augit und Biotit, die der Zusammensetzung des Syenits entsprechen. In der rötlichen bis grünlichen hellen Grundmasse liegen größere Kristalle ausgeschieden, namentlich der rote Orthoklas, der graue Quarz, der weiß bis grünliche Plagioklas, als zufällige Bestandteile Biotit, Augit und Hornblende. Das vollständige Fehlen von Eisenkies verleiht dem Gestein große Farb- und Wetterbeständigkeit. Seine Verwendung ist infolge seines beschränkten Vorkommens eine seltene; seine baulichen Eigenschaften sind ähnlich dem Porphyr sehr gute. Seine Hauptfundstellen sind Beucha b. Brandis (Sachsen) (schwarz- bis rötlichgrün, mittelfein), Altenberg i. Erzgebirge, ferner vereinzelt im Odenwald und in den Vogesen.

Der Syenitporphyr ist durch das Fehlen des Quarzes gekennzeichnet, der durch Hornblende, Augit oder Pyroxen ersetzt ist. In der kristallinischen, aus Feldspat bestehenden bräunlich bis grünlichen Grundmasse liegen die hellen Orthoklase (weiß bis rötlich) und dunklen Biotit-, Augit- oder Hornblendekristalle eingebettet. Er

findet sich in Deutschland nur im Schwarzwald und in den Vogesen, und findet daher trotz guter baulicher Eigenschaften keine große Verwendung.

**III. Porphyrit.** Man versteht unter ihnen Porphyre, bei denen an die Stelle des Orthoklas der Plagioklas tritt; in der diesem und der Hornblende gebildeten Grundmasse scheiden sich Hornblende, Augit oder Glimmer aus, und geben dementsprechend den einzelnen Abarten den Namen; Quarz kommt selten vor. Diese mineralischen Unterschiede gegen den eigentlichen Porphyr sind ohne Einfluß auf seine baulichen Eigenschaften, so daß er auch vielfach in der Praxis als Porphyr bezeichnet wird, mit dem er Eigenschaften und Art der Verwendung gemein hat. Seine Farbe ist braun bis braunrot oder graubraun und meist dunkler als die der eigentlichen Porphyre. Seine Hauptfundstellen sind Ilfeld und Elbingerode (in der Provinz Hannover) (rosa bis purpurrot, dunkelbraun, dicht, mittelfein bis fein), Wilsdruff bei Dresden, Trebischtal bei Meißen, vereinzelt in der Lausitz, im Thüringer Wald, Schwarzwald und in den Vogesen. Am bekanntesten sind die Brüche von Quenast und Lessines bei Brüssel, welche jedoch ausschließlich Pflastersteine erzeugen.

**IV. Melaphyr** (schwarzer Porphyr). Das Gestein entspricht dem Diabas unter den Tiefengesteinen und besteht daher im wesentlichen aus Plagioklas und Augit, welche im Verein mit dem Olivin die glasige Grundmasse bilden, in welcher sich Plagioklas, Augit, Olivin und Apatit ausscheiden. Als zufälliger Bestandteil findet sich fast immer Eisenkies, welcher die Wetterfestigkeit dieses Gesteins stark beeinträchtigt. Er ähnelt sehr dem Basalt, unterscheidet sich von ihm oft nur durch sein geringeres spezifisches Gewicht, und durch sein Aufbrausen beim Begießen mit Säuren. Seine Festigkeit schwankt in weiten Grenzen, seine Wetterbeständigkeit ist infolge des Eisenkieses keine sehr hohe, so daß er größere Bedeutung als Baustein nicht erlangt hat. Er findet sich bei Rübeland im Harz (tiefblau, weiß und schwarz gesprenkelt, fein und dicht), Friedrichroda in Thüringen (schwarzgrau, fein bis mittel) Remigiusberg in der Pfalz (blau bis rötlich, mittel bis grob), in Aue, Bez. Thann und Weiler bei Weißenburg i. Elsaß (blau, fein), bei Kirn a. d. Nahe (blaurot, mittelfein), bei Landshut und Löwenberg (Schlesien), vereinzelt im Königreich Sachsen, im Odenwald und in den Vogesen. Außerhalb Deutschlands in Nordböhmen, Südtirol und Norwegen.

**V. Liparit und Rhyolith.** Die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine entspricht den Quarzporphyren und dem Granit, besteht also im wesentlichen aus Kalifeldspat, der hier die Bezeichnung Sanidin führt, Hornblende, Augit, Quarz und Glimmer; sie heißen auch quarzführende Trachyte infolge ihrer sonstigen Ähnlichkeit mit den eigentlichen, quarzfreien Trachyten. Ihre bauliche Verwendung ist fast nur auf ihre Heimat, die Liparischen Inseln, Ungarn, Siebenbürgen und Steiermark beschränkt.

Zu dieser Gruppe gehören auch die sog. rhyolithischen Gläser, d. h. infolge schneller Erstarrung verglaste dichte Gesteine, der Obsidian, Pechstein, Paolit und Bimsstein. Bauliche Bedeutung hat von ihnen nur der Bimsstein, ein stark poröses, schaumiges, glasiges Gestein von lichter, weißlichgelber oder grauer Färbung und dem spezifischen Gewicht 0,37 bis 0,9. Er verbindet sich gut mit dem Mörtel infolge seines Gehalts an aufgeschlossener Kieselsäure, und wird an seinen Fundstellen als Baustein, sonst vielfach in zerkleinertem Zustand zur Herstellung sehr leichter gut isolierender künstlicher Bausteine (Schwemmsteine) verwandt. Er findet sich in der Nähe erloschener

oder noch tätiger Vulkane, in Deutschland hauptsächlich bei Benndorf in der Nähe von Koblenz, bei Neuwied am Rhein, ferner am Vesuv, in Ungarn und auf den Liparischen Inseln.

**VI. Trachyt und Andesit.** Dieselbe mineralogische Zusammensetzung wie die vorigen Gesteine, nur unter Fortfall des Quarzes, weisen der Trachyt und der Andesit auf; ersterer enthält Kalifeldspat (Sanidin), letztere Natronkalkfeldspat als bestimmendes Gestein. Ihre baulichen Eigenschaften sind ganz die gleichen. Von feinkörnig kristallinischem bis dichtem Gefüge weisen sie eine mäßige, sehr wechselnde Härte auf. Ihre Wetterbeständigkeit nimmt mit der Anwesenheit des leicht sich zersetzenden Feldspates ab. Ihre Farbe ist unscheinbar gelb, grau oder braun. Verwendung finden sie vielfach als Werksteine aller Art, da sie leicht zu bearbeiten sind, besonders aber im Straßenbau wegen ihrer stets rauhen Oberfläche, die ihnen auch den Namen (von *τραχὺς* = rauh) gegeben hat.

Ihre Hauptfundorte sind in Deutschland das Siebengebirge, die Rhön, die Eifel, der Westerwald und die Vogesen, in Frankreich die Auvergne.

**VII. Basalt und Dolerit.** Man bezeichnet mit dem Namen Basalt eine Gruppe von einander sehr ähnlichen Gesteinen, die aus Kalknatronfeldspat, Augit und Olivin zusammengesetzt sind oder statt des Feldspates oder des Olivins Leucit oder Nephelin enthalten; als zufällige Bestandteile findet sich Magnet- oder Titaneisen. Basalt ist ein dunkelgraues bis schwarzes, seltener grünlich gefärbtes Gestein von dichtem Gefüge mit vereinzelt porphyrischen Ausscheidungen von grünem Olivin. Er besitzt eine hohe Druckfestigkeit (vereinzelte bis 5000 kg/qcm) und große Härte; seine Bearbeitung ist daher schwierig; ergibt, da er ziemlich große Wasseraufnahmefähigkeit und gutes Wärmeleitungsvermögen besitzt, kaltfeuchte Mauern. Sein Widerstand gegen Feuer ist nicht groß, da er bei größerer Hitze schmilzt. Seine Verwendung erstreckt sich auf einzelne Teile der Hochbauten, hauptsächlich liefert er guten Schotter im Straßenbau.

Bekanntere Fundstellen des meist in Kuppenform, zum Teil mit säulenförmigen Absonderungen vorkommenden Gesteins sind Böhmen, Schlesien, die Lausitz, Pirna in Sachsen, das Erz- und Fichtelgebirge, der Thüringer Wald, die Rhön, der Meißner- und der Habichtswald bei Kassel, der Odenwald, das Siebengebirge, die bayrische Oberpfalz und der südliche Schwarzwald. Außerhalb Deutschlands kommt er in Schottland, Mittelfrankreich, Norditalien, der Schweiz und Ungarn vor.

Ist das Gefüge des Steins nicht dicht, sondern mittel- bis grobkörnig, so erhält es den Namen Dolerit. Seine Eigenschaften sind im wesentlichen dieselben wie die des Basalts, nur ist seine Wetterbeständigkeit und sein Wärmeleitungsvermögen etwas geringer als dort. Dementsprechend ist auch seine Verwendung eine ganz ähnliche. Hauptfundorte des Dolerits sind: in Thüringen, am Meißner bei Kassel, in Oberhessen, in der Eifel und im Siebengebirge.

Eine Zwischenstufe zwischen dem Basalt und dem Dolerit bildet der feinkörnige (nicht dichte!) Anamesit, der bei Kassel, Hanau, Rüdigerheim und bei Striegau gefunden wird.

**VIII. Phonolith.** Das dem Basalt ähnliche Gestein besteht im wesentlichen aus Kali, Feldspat, Nephelin und Augit, wobei der Nephelin manchmal durch Leucit und Hauyn ersetzt wird. Als zufällige Bestandteile treten Hornblende, Magnet- eisen u. a. auf. Das graugrüne, glänzende Gestein zeigt einen splittrigen, muscheligen

Bruch mit durchscheinenden Kanten, und klingt beim Anschlagen mit dem Hammer (daher der Name Phonolith = Klingstein). Das Gestein besitzt ausgezeichnete Wetterfestigkeit und genügende Härte, ist aber infolge seines seltenen Auftretens nur von lokaler Bedeutung. Er bricht infolge plattiger Absonderung leicht in viereckigen Stücken und Platten, was seine Bearbeitung sehr erleichtert; in der Auvergne wird er sogar in Form von dünnen Platten zur Dacheindeckung und zu Fußbodenbelägen benutzt. Seine Fundorte in Deutschland sind das Königreich Sachsen in der Gegend von Zittau, ferner Nordböhmen, die Rhön, der Kaiserstuhl, der Hohentwiel, vereinzelt im Siebengebirge und Westerwald.

IX. Lava. Der Name bedeutet ursprünglich nur die Erscheinungsform der Gesteine, wird aber in übertragenem Sinne für diese selbst gebraucht. Es sind Erzeugnisse vulkanischer Tätigkeit, die entweder in Sand- oder Aschenform, oder als fließende und erkaltete Ströme in der Umgebung der Vulkane sich vorfinden. Das Gefüge der Gesteine ist je nach ihrer langsamen oder schnellen Erkaltung kristallinisch-körnig, manchmal porphyrisch oder schlackig-porig. Demgemäß ist ihr spezifisches Gewicht, sowie ihre Druckfestigkeit eine sehr verschiedene. Die Wasseraufnahmefähigkeit ist meist groß; das Wärmeleitungsvermögen schlecht, die Wetterbeständigkeit und Bearbeitbarkeit eine gute. Ihre Verwendung im Hoch- und Tiefbau ist eine mannigfaltige; die härteren Arten geben beim Straßenbau gute Pflastersteine und Platten.

Man unterscheidet nach ihrer Zusammensetzung Trachytlava von der meist dunkleren Basalt- bzw. Doleritlava; bei ersterer herrscht der Kalifeldspat, bei den letzteren der Kalknatronfeldspat vor. Ihr Vorkommen in Deutschland beschränkt sich auf die Eifel (Niedermendig), Oberhessen und Königswinter.

## 2. Sedimentgesteine.

Während die Eruptivgesteine eine Neubildung der Erdkruste durch Ausstoßung flüssiger Magmen darstellen, verdanken die Sedimentgesteine ihre Entstehung der Zerstörung anderer Gesteinsarten durch atmosphärische Einflüsse, die eine fortwährende Änderung der Erdoberfläche hervorbringen. Derartige Einflüsse werden dargestellt durch die Tätigkeit des Wassers, des Eises, der Luft, durch Hitze und Kälte, durch Pflanzen und Tiere, meist durch die Vereinigung mehrerer von ihnen. Den größten Einfluß übt die Tätigkeit des Wassers aus, und zwar in verschiedener Art. Es führt eine mechanische Zerstörung des Gefüges und damit eine Ablösung einzelner kleiner Teilchen herbei, wie das alte Sprichwort schon angibt: steter Tropfen höhlt den Stein, sei es in Form von Regenwasser, sei es in Flüssen oder am Ufer des Meeres. Es bewirkt dann auch vielfach eine Auslaugung der Gesteine durch Lösung von Bestandteilen, hauptsächlich von Salzen, teilweise dadurch eine chemische Umsetzung. Erhöht wird diese Tätigkeit des Wassers durch die Wärme, die es, je weiter sich die Vorgänge im Innern der Erde abspielen, annimmt. In ähnlicher Weise wirkt das Eis in Form von Gletschern zerstörend, d. h. abschleifend auf die an seinem Wege liegenden Felsen ein. Auch durch Bewegung der Luft, starke Winde und Stürme tritt insofern eine Zerstörung der Gesteine ein, als dauernd feiner Sand gegen die Felsflächen geschleudert wird, und nach Art des Sandstrahlgebläses die weicheren Teile abschleift (Wüstenverwitterung). Mechanische Zerstörungen durch fortwährenden schroffen Wechsel von

Hitze und Kälte, die ein dauerndes Ausdehnen und Zusammenziehen bewirken, werden erhöht, wenn bei Vorhandensein von Wasser im Gestein eine Eisbildung stattfindet, die die einzelnen Teilchen durch Vergrößerung des Volumens auseinandersprengt. Zuletzt seien Pflanzen und einige niedere Tierarten (Bohrmuscheln) erwähnt, die ebenfalls eine Verwitterung der Gesteine herbeizuführen helfen können.

Diese losgelösten Teilchen werden entweder durch ihre eigene Schwerkraft, oder durch Eis, Wasser und Wind vom Ort ihrer Entstehung fortgeführt und an andern Stellen abgelagert. Sie ändern dabei durch gegenseitige Abschleifung ihre Größe und ihre äußere Form. Orte der Ablagerung sind meist da, wo die Bewegung und Geschwindigkeit der fortführenden Elemente nachlassen bzw. aufhören, in Wasserbecken, Verbreiterungen der Flußläufe und ähnlichem. Führt das Wasser gelöste Stoffe mit sich, so tritt deren Ausscheidung ein, wenn ein Verdunsten des Wassers stattfindet. Auch unter der Erdoberfläche findet ein Absetzen von Trümmern statt, indem Höhlen, Spalten oder Gänge damit ausgefüllt werden. Werden Sandablagerungen mit derartigen chemischen Lösungen durchtränkt, so tritt ihre Umwandlung zu Sandstein ein. In großem Umfang bewirken Gletscher die Fortführung und Ablagerung von Trümmern, der sog. Stirn- und Grundmoränen. Ihre Tätigkeit läßt sich z. B. in der norddeutschen Tiefebene nachweisen, in welche in der Diluvialzeit Gesteinsmassen, Blöcke verschiedener Größe, Sand und Geröllablagerungen, Geschiebemergel und Tone aus den nordischen Gebirgsgegenden verfrachtet wurden. Nach der Ablagerung der Massen findet vielfach noch eine Umwandlung durch Verfestigung infolge chemischer Umsetzung statt, die in tieferen Lagen durch den auf ihnen lastenden Gebirgsdruck noch erhöht wird, manchmal auch eine Auslaugung, die den chemischen Charakter der Trümmer verändert.

Aus der Geschichte ihrer Entstehung ergibt sich nun von selbst die oben bereits angegebene Einteilung der Sedimentgesteine in Trümmersedimente und Ausscheidungssedimente; erstere zerfallen in verkittete und lose Trümmer, je nachdem die Massen durch ein Bindemittel nachträglich zu einem neuen Gestein vereinigt wurden oder nicht.

#### a) Trümmersedimente.

##### α) Lose Trümmergesteine.

Hierzu gehören Findlinge, Gerölle, Kies, Sand, Lehm, Ton und Löß. Sie sind in baulicher Hinsicht wichtige Stoffe, kommen aber ihrer Natur nach als eigentliche Gesteine nicht in Frage und sind daher einzeln an den Stellen des Buches besprochen, die von den aus ihnen hergestellten Stoffen handeln (Mörtel, Ziegel u. dgl.).

##### β) Verkittete Trümmergesteine.

Hierzu gehören Konglomerate und Breccien, Tuffe, Grauwacke und Tonschiefer, und die große Gruppe der baulich wichtigen Sandsteine.

**I. Konglomerate und Breccien.** Unter ihnen versteht man Gesteine, die sich aus verschieden großen Trümmern anderer Gesteinsarten zusammensetzen und durch ein toniges, eisenhaltiges, kalkiges oder kieseliges Bindemittel vereinigt sind. Sind die Trümmer im Wasser fortgetragen worden, und haben sie sich dadurch zu runden Stücken von etwa Erbsengröße aufwärts abgeschliffen, so nennt man sie Konglomerate; haben sie ihre scharfkantige eckige Form behalten, so weisen sie meist auch größeres

Gefüge auf und heißen Breccien. Je nach der Art der sie bildenden Gesteinstrümmen unterscheidet man Granit-, Diabas-, Trachyt-, Basalt-, Gneis-, Kalkstein-, Dolomit-usw. Konglomerate bzw. Breccien. Ihre Verwendung als Baustein ist entsprechend ihrem vereinzelt Vorkommen keine sehr ausgedehnte, besonders da nur Gesteine mit kalkigem oder kieseligem Bindemittel einige Härte und Wetterfestigkeit besitzen. Am bekanntesten ist die Nagelfluh, ein aus kirsch- bis eigroßen runden Trümmern verschiedenartigster Gesteine zusammengesetztes Gestein, welches ein helles, sandsteinartiges Bindemittel aufweist. Es findet sich in starken Lagern in den württembergischen und bayrischen Voralpen; Brüche sind in Oberstaufen (R. C. Schw.-Neuburg), Biber bei Brannenburg und Gleisental bei Deisenhofen in Oberbayern. Kalksteinbreccien werden in Nördlingen (R. C. Schw.-Neuburg) und Hörrela (Kr. Ellwangen) in Württemberg gebrochen. Außerhalb Deutschlands finden sie sich bei Salzburg, am Rigi und bei Genua. Einzelne Arten lassen sich gut polieren und weisen ein farbiges buntes Ansehen auf; sie werden als Breccienmarmor für Dekorationen verwandt. Ihre sonstige Verwendung finden sie als Bruch- und Werksteine für Hoch- und Wasserbauten, zum Teil auch im Straßenbau.

**II. Tuffe.** Unter Tuffsteinen versteht man lockere, meist porige aus losen vulkanisch ausgeworfenen Gesteinstrümmern gebildete, durch ein Bindemittel zusammengehaltene Gesteine. Ihr Gefüge ist fein- oder grobkörnig, ihre Härte und Druckfestigkeit meist gering, ihre Wetterfestigkeit dagegen gut. Sie lassen sich, besonders im bruchfeuchten Zustand, leicht bearbeiten, und härten nach dem Austrocknen erheblich nach. Ihre Farbe ist hell, gelblich oder grau, meist stumpf, einige Arten (aus den Ettringer Brüchen) sind lebhafter gefleckt, infolge verschiedenfarbiger Einsprengungen. Man unterscheidet je nach den Muttergesteinen folgende Hauptarten:

Porphy- oder Felsituff von weißer, gelblicher oder rötlicher Farbe mit marmorartiger Aderung, seltener bläulich oder grün; ein wetterbeständiges, verschieden hartes Gestein. Hauptfundorte sind am Nesselberg (Kr. Schmalkalden), Zeisigwald und Hilbersdorf bei Chemnitz i. Sa. sowie Rochlitz bei Leipzig.

Grünsteintuff: sehr feinkörnig aus Diabastrümmern gebildet, von graugrüner Farbe; oft mit Kalk versetzt. Das harte und gut wetterbeständige Gestein findet sich in Hof-Saalleithe bei Hof in Bayern, im Harz und im Vogtland.

Trachyttuff: teils fest, teils locker, von gelblichgrauer Farbe, findet sich im Siebengebirge am Drachenfels und hat nur örtliche Bedeutung. Hierher gehören auch die zu eigentlichen Bausteinen wenig benutzten Gesteine Traß und Bimsstein, die im Nette- und Brohltal bei Andernach a. Rhein und im Neuwieder Becken gefunden und zur Herstellung von hydraulischem Kalk und leichten künstlichen Steinen (Schwemmsteinen) verwandt werden.

Leucittuff: ein dichtes oder körniges, poriges Gestein von gelblichgrauer Farbe mit oder ohne farbige Einsprengungen. Es besitzt ausreichende Härte und Festigkeit, um als Werkstein verwandt zu werden, besonders da seine Wetterbeständigkeit eine gute, und seine Bearbeitung eine leichte ist. Er findet sich in der Eifelgegend bei Niedermendig, Weibern und Ettringen (bunt).

Basalttuff: ein meist fein-, selten grobkörniges Gestein von graublauer bis schwarzblauer Färbung und großer Härte. Fundstellen sind Oberpfalz, Bramburg in Hannover und das Druseltal bei Kassel.

**III. Tonschiefer.** Er wird fast ausschließlich als Dachschiefer verwandt und ist daher bei den Dachdeckerarbeiten eingehend besprochen.

**IV. Grauwacke.** Es bildet den Übergang zu den Sandsteinen, besteht jedoch nicht wie diese aus reinen Quarzkörnern, sondern aus Trümmern verschiedenartigster Gesteine, Granit, Gneis, Tonschiefer und andere. Das meist zurücktretende Bindemittel ist kieseliger, kalkiger oder toniger Natur und bestimmt danach die Härte des Steines. Er zeigt oft schieferiges Gefüge (Grauwackenschiefer), dicht körnig oder konglomeratisch, und findet sich in starken Bänken deutlich geschichtet. Seine Farbe ist grau in allen Spielarten, oft durch Eisen rötlich gefärbt. Seine Härte und Druckfestigkeit ist eine hohe und kommt vielfach der des Granites gleich; er ist bei kieseligem Bindemittel äußerst wetterbeständig. Verwendung findet er bei Hochbauten für Quadern und Werksteine, hauptsächlich aber beim Straßenbau. Hauptfundorte sind das Siegtal, Umgegend von Koblenz, der Nord-Harz (Claustal, Ballenstedt, Elbinge-rode), Fichtel- und Erzgebirge, nördliche Lausitz und Österreichisch-Schlesien.

**V. Sandstein.** Die Sandsteine gehören zu den verbreitetsten Gesteinen unserer Erdoberfläche und bilden daher im Verein mit ihren vorzüglichen baulichen Eigenschaften die wichtigsten natürlichen Bausteine. Sie bestehen aus verkitteten Quarzsandkörnern, die meist scharf und eckig, selten kristallinisch oder abgerundet sind; als wesentlichstem Bestandteil, denen sich als zufällige Bestandteile Glimmerschuppen, Feldspate, Glaukonitkörner, sowie Blei- und Kupfererze, Eisenkies und andere zugesellen. Das Gefüge ist je nach der Größe der Quarzkörner fein bis grobkörnig, und geht bei sehr grobem Korn in ein Konglomerat über. Die Quarzkörner sind im Stein meist in großem Überschuß vorhanden, gegen den das Bindemittel zurücktritt. Dieses ist jedoch bestimmend für die Art des Steines und ausschlaggebend für Farbe, Härte, Wetterfestigkeit, Wasseraufnahme und Gewicht. Es kann kieseliger, kalkiger toniger, mergeliger, eisenhaltiger, glaukonitischer oder bituminöser Art sein. Letztere eignen sich nicht für Verwendung als Werksteine, sondern werden zur Gewinnung des Bitumens verwertet.

Der Sandstein findet sich in großen, mächtigen Ablagerungen, die deutliche Schichtung oder Bankung zeigen; er wird meist im Tagebau gewonnen. Die Schichtung im Verein mit senkrecht verlaufenden Klüften und Spalten erleichtern seine Gewinnung durch Zerteilung und Spaltung in große Quadern (vgl. Abb. 91 bis 93). Bei zunehmendem Bindemittel geht er über in Kalkstein, Ton oder Mergel; bei Zunahme der Quarzkörner und Vorhandensein kieseligen Bindemittels in Quarzit.

Seine Farbe ist meist hell; bei kieseligem Bindemittel weiß, gelblich, hellgrau, ähnlich bei kalkigem oder tonigem; Vorhandensein von Eisen färbt das Gestein gelb- oder rötlichbraun, von Kohle dunkelgrau bis schwarz, von Glaukonit (einem wasserhaltigen Kaliumeisenoxydsilikat) graugrün. Das Gestein ist vielfach nicht einfarbig, sondern von farbigen Bändern, Adern und Flecken durchzogen, welche ihm ein malesisches Aussehen geben. Die Farben sind nicht nur wetterbeständig, sondern nehmen vielfach nach dem Versetzen am Bau noch an Lebhaftigkeit und Wärme zu.

Das spezifische Gewicht ist verschieden und schwankt zwischen 1,9 und 2,7; ähnlich dazu ist auch die Wasseraufnahme eine verschiedene; sie beträgt bei lockerem Gefüge und tonigem oder mergeligem Bindemittel 25 bis 27% und geht bei kalkigem und kieseligem auf 6 bis 8% herab. Seine Wetterfestigkeit ist im allgemeinen eine gute; für Bauten im Wasser eignen sich kieselige Gesteine besser als tonige; auch bei

Hochbauten empfiehlt es sich, letztere an Stellen, die dem Schlagregen und der Schneeablagerung ausgesetzt sind, nicht zu verwenden, mindestens aber mit Blech abzudecken.

Seine Druckfestigkeit und Härte wechselt ebenfalls mit der Art des Bindemittels, ist aber stets eine gute; bruchfeucht läßt er sich leichter bearbeiten, was daher auch mit Rücksicht auf die Verringerung des Gewichts für den Transport meist geschieht.

Gute Werksteine sollen gleichmäßiges Korn und Gefüge haben, keine Risse, Spalten, Sandlöcher, Tongallen oder stark eisenhaltige Flecke aufweisen, sie müssen stets so gearbeitet werden, daß sie auf ihrem natürlichen Lager, entsprechend ihrer Lage im Bruch versetzt werden.

Die Einteilung der Sandsteine für bauliche Zwecke geschieht nach *Förster*, Baumaterialienkunde, am besten nach der Art ihres Bindemittels, da dieses ausschlaggebend für die physikalischen und baulichen Eigenschaften der Steine ist. Man unterscheidet daher

1. Kieselige Sandsteine. Ihre Farbe ist weiß oder hellgrau, selten gelblich durch geringen Eisenzusatz; ihre Härte und Festigkeit ausgezeichnet; Wasseraufnahme ist gering; ihre Wasserabgabe, das ist Austrocknung der Bruchfeuchtigkeit, geht langsam vonstatten. Das quarzige Bindemittel ist meist nur in geringer Menge vorhanden; nimmt es an Menge zu, so daß die einzelnen Sandkörner alle darin eingebettet erscheinen, so geht der Sandstein in den Quarzit über. Ihre Bearbeitung ist wegen ihrer Härte nicht leicht. Die Steine ergeben ein vorzügliches wetterfestes, hartes Baumaterial und werden viel im Hoch-, Brücken- und Tiefbau verwandt.

2. Kalkige Sandsteine. Die Farbe ist meist gelblich oder grünlichgrau, vereinzelt auch rötlich bis braun. Ihre Härte ist eine mittel bis gute; ihre Wetterfestigkeit nicht immer gut, da sie den Einwirkungen der in der Luft befindlichen Säuren nicht widerstehen. In großer Hitze schmilzt das kalkige Bindemittel. Es ist meist reichlich vorhanden und besteht aus kohlensaurem Kalk, der in Form reinen Kalkspats durch Glanz auf der Bruchfläche zu erkennen ist. Tritt noch kohlen saure Magnesia hinzu, so nennt man das Gestein dolomitischer Sandstein. Zu erkennen ist der kalkige und der dolomitische Stein daran, daß sie beim Begießen mit Säuren in kaltem bzw. erhitztem Zustand Kohlensäure entwickeln, d. h. aufbrausen. Ihre Verwendung finden sie im Hoch-, Brücken- und Wasserbau, sowie für Bildhauerarbeiten.

3. Tonige Sandsteine. Das Bindemittel ist Ton oder Kaolin; es gibt dem Gestein seine weißliche, graue oder gelbliche Farbe. Meist durchziehen infolge Vorhandenseins von Eisenoxyd dunkelgelbe bis braune Adern die Flächen. Seine Wetterfestigkeit ist keine sehr hohe, da das Bindemittel nicht beständig ist; er eignet sich daher für Werksteinbauten nur für geschützte Stellen der Außenfronten und im Innern; hier ist er wegen der Leichtigkeit seiner Bearbeitung, sowie seines malerischen Aussehens ein geschätzter Stein. Infolge seines Tongehalts ist er ziemlich feuerfest und wird vereinzelt im Hochofenbau verwandt. Zu erkennen sind tonige Sandsteine an dem ihnen beim Anhauchen entströmenden eigenartigen Tongeruch.

4. Mergelige Sandsteine. Das meist hellfarbige, vereinzelt auch bräunliche oder rötliche Gestein enthält ein aus Ton- oder Kalkmergel bestehendes Bindemittel, meist mit Zusatz von Eisenkies. Seine Härte und Wetterfestigkeit sind gering; seine Verwendung daher eine beschränkte.

5. Eisenschüssige Sandsteine. Die schön gelb, rot oder braun gefärbten, meist geflammten Steine enthalten als Bindemittel vorwiegend Eisenoxydhydrat oder

-oxyd, häufig in Verbindung mit Kieselsäure, kohlensaurem Kalk oder Ton, daneben vielfach noch Glimmerschüppchen. Härte und Wetterfestigkeit sind schwankend, aber meist ausreichend, so daß das Gestein im Hochbau und Brückenbau Verwendung findet. Kennzeichen für sie ist meist die lebhaft braune oder rote Färbung.

6. Glaukonitische Sandsteine (Grünsandsteine). Sie sind an der graugrünen bis grünen Farbe kenntlich, die durch das Glaukonit, ein wasserhaltiges Kaliumeisenoxydsilikat, verursacht wird. Es ist entweder selbst Bindemittel oder erscheint als Körnchen zwischen den Quarzkörnern bei einem im übrigen tonigen oder kalkigen Bindemittel.

Sandsteinbrüche sind in einer Zahl von etwa 600 bis 800 über ganz Deutschland verbreitet; ihre Aufzählung würde über den Rahmen dieses Buches gehen. Die wichtigsten unter ihnen sind in der folgenden Zusammenstellung (zum Teil nach Förster, Baumaterialien und Idler, Deutsches Steinbuch) nebst ihren Hauptmerkmalen aufgeführt.

Name und Ort des Bruches	Farbe und Korn	Druckfestigkeit kg/qcm
A. Schlesien.		
Cudowa . . . . .	weiß bis graugelb; feinkörnig	1450
Albendorf i. d. Heuscheuer . . . . .	gelblichgrau bis weißgrau; fein- bis grobkörnig	1098
Goldbach b. Reinerz . . . . .	wie vor	—
Friedersdorf b. Reinerz . . . . .	weiß bis hellgelb; feinkörnig bis mittelgrob	1082
Wünschelburg, Grafschaft Glatz . . . . .	weißgrau bis graugelb; feinkörnig bis mittelgrob	652
Alt-Warthau . . . . .	weiß und gelb; auch geadert, feinkörnig	556 bis 648
Rackwitz b. Löwenberg . . . . .	weiß bis gelb; fein- bis grobkörnig	648
Plagwitz b. Löwenberg . . . . .	weißgrau bis hellgelb; fein- bis grobkörnig	620
Hockenau . . . . .	wie vor	362
Hohlstein b. Löwenberg . . . . .	wie vor	—
Deutmannsdorf b. Hartbiebsdorf . . . . .	wie vor	478
Kesselsdorf b. Löwenberg . . . . .	wie vor	391
Schlegel b. Mittelsteine . . . . .	graurot; feinkörnig bis grob	939
B. Hannover.		
Mehle, Bez. Hildesheim . . . . .	blaugrau bis weiß; fein	627
Nesselberge b. Hameln . . . . .	weiß bis gelb; feinkörnig	522 bis 753
Süntelgebirge . . . . .	hellbraun bis grüngrau; grob- bis feinkörnig	—
C. Hessen - Nassau.		
Oberkirchen, Bez. Kassel . . . . .	weißgrau bis hellgrau; feinkörnig	687
D. Rheinprov. n. z.		
Cordel b. Trier . . . . .	grünlich bis rötlich; feinkörnig	720
Kyllburg . . . . .	rot; feinkörnig	947
Udelfang . . . . .	weißgelb; feinkörnig	555
E. Provinz Sachsen.		
Arenshausen . . . . .	rötlich; fein- bis mittelgrobkörnig	—
Alvensleben . . . . .	rot bis rotbraun; feinkörnig	775 bis 826
Hessel b. Geismar . . . . .	graugelb; fein- bis mittelgrob	689
Nebra a. d. Unstrut . . . . .	blaßrot, gelb oder weiß; fein mittelgrobkörnig	—
Wandersleben b. Gotha . . . . .	weißgrau; feinkörnig	—
F. Königreich Sachsen.		
Pirna, Cotta und Umgegend . . . . .	weiß bis gelb; geadert; fein- bis mittelgrobkörnig	295
Herrnleithe b. Wehlen a. Elbe . . . . .	weiß bis gelb; fein- bis grobkörnig	732
Posta und Umgegend . . . . .	weißgrau und gelblich; mittel- bis grobkörnig	650 bis 700
Postelwitz . . . . .	weiß bis gelb; mittelgrobkörnig	600
Schöna a. Elbe und Umgegend . . . . .	hell- bis dunkelgelb und gestreift; mittelgrobkörnig	435
Lohmen a. Elbe . . . . .	weiß bis gelb; mittelgrobkörnig	550

Name und Ort des Bruches	Farbe und Korn	Druckfestigkeit kg/qcm
<b>G. Königreich Bayern.</b>		
Miltenberg a. Main . . . . .	rot; feinkörnig	950
Klein- und Groß-Heubach a. Main . .	wie vor	950
Reistenhausen a. Main . . . . .	wie vor	—
Mainhölle b. Miltenberg . . . . .	rot, weiß geflammt; feinkörnig	—
Burgpreppach i. Unterfranken . . . .	gelblichweiß bis ockergelb; feinkörnig	758
Zeil a. Main . . . . .	grün, weiß oder gelb geadert; feinkörnig	765
Altleiningen b. Worms . . . . .	weißgrau bis gelb; feinkörnig bis mittelgrob	—
Königsbach b. Worms . . . . .	wie vor	420 bis 570
Olsbrücken b. Kaiserslautern . . . . .	graurot bis rot; mittelgrobkörnig	—
Lauterecken b. Kaiserslautern . . . .	graugrün, gelblich geflammt; feinkörnig	707
Eltmann a. Main . . . . .	weiß; feinkörnig	558
Bruchmühlbach b. Kaiserslautern . . .	blaßrot bis rötlichgelb; mittelgrobkörnig	518
Kronach . . . . .	weißgrau bis grau; mittelgrob bis feinkörnig	323
<b>H. Königreich Württemberg.</b>		
Heilbronn a. Neckar . . . . .	hellgelb bis gelb; mittelgrob bis feinkörnig	550 bis 633
Maulbronn . . . . .	rot bis gelb; mittelgrob bis fein	653
<b>J. Baden.</b>		
Mühlbach b. Heilbronn . . . . .	grünlich grau; feinkörnig	653
<b>K. Braunschweig.</b>		
Velpke, Kr. Helmstedt . . . . .	weißgrau bis blaugrau; feinkörnig	1016
Luther a. Barenberge, Kr. Gandersheim .	graurot bis grünlich; mittelfeinkörnig	460
<b>L. Sachsen - Coburg - Gotha.</b>		
Seeberg b. Gotha . . . . .	gelb mit weiß; feinkörnig	634
<b>M. Lippe - Detmold.</b>		
Teutoburger-Wald-Sandstein b. Detmold	weiß bis gelb; feinkörnig	722

### b) Ausscheidungssedimente.

Sie sind durch Auflösung von Stoffen im Wasser und deren spätere Ausscheidung durch Verdunsten oder Druckverminderung entstanden, und weisen daher in chemischer Beziehung meist die Eigenschaften der sie bildenden Grundstoffe auf. Eine scharfe Abgrenzung gegen die Trümmersedimente findet auch hier, wie bei allen Gesteinen nicht statt, sondern wird durch Übergangsformen ausgeglichen. Zu ihnen gehören: Gips, Anhydrit, Steinsalz, Eisen- und Schwefelerze, Quarzit und Kieselgesteine, die Kalksteine und der Dolomit.

**I. Gips, Anhydrit, Steinsalz.** Der sich fast stets in Steinsalzlagerstätten findende Gips und Anhydrit kommt als eigentlicher Werkstein nicht in Frage. Er ist bei den Stuckarbeiten, deren Hauptstoff er darstellt, eingehend besprochen (S. 242), außerdem bei den künstlichen Steinen und dem Mörtel.

Eine Abart des Gipses von kristallinisch körnigem Gefüge wird Alabaster genannt und in poliertem Zustand im Innenbau zu Säulen, Wandverkleidungen u. dgl. verwandt.

**II. Eisen- und Schwefelerze.** Sie dienen ausschließlich zur Gewinnung der beiden in ihnen enthaltenen Grundstoffe. Die Eisenerze sind bei den Eisenarbeiten eingehend besprochen (S. 151).

**III. Quarzit und Kieselgesteine.** Die vorwiegend aus Quarz mit zufälligen Beimengungen von Glimmer, Magneteisen oder Eisenkies bestehenden Gesteine sind von dichtem bis körnigem Gefüge und lichter Farbe; vereinzelt tritt auch schiefriges Gefüge auf; bei starkem Vorhandensein von Glimmer geht es dann in Glimmerschiefer über; beim Zurücktreten des quarzigen Bindemittels in kieseligen Sandstein. Härte und Wetterfestigkeit des Gesteins sind der Natur des Quarzes entsprechend gut.

Das Gestein findet sich in kristallinen Schiefer eingelagert im Erzgebirge, im bayrisch-böhmischen Wald, in Thüringen und dem Harz, in Norwegen und dem Ural. Als eigentlicher Werkstein kommt es weniger in Betracht, da es sich schlecht mit dem Mörtel verbindet, ist aber wegen seiner Zähigkeit und Härte ein geschätzter Straßenbaustoff.

Ihm verwandt ist der Kieselschiefer, ein graugefärbtes Gestein von dichtem Gefüge, aus Quarz und zufälligen Beimengungen von Ton, Kohle und Eisenoxyd bestehend; oft mit weißen Adern von Quarz durchsetzt. Er findet sich im Harz, Thüringer Wald, Vogtland und Franken, und wird im Straßenbau verwandt.

Hierher gehört auch der Kieselgur (Infusorienerde), eine gelblichweiß oder graugefärbte mehligte Masse von lockerem Zusammenhang, fast ganz aus den kieseligen Panzern von Diatomeen bestehend. Er findet in der Technik eine ausgedehnte Verwendung wegen seiner Leichtigkeit, seines geringen Wärmeleitungsvermögens und seiner Feuerfestigkeit zur Herstellung künstlicher feuerfester Steine und als Isolier- und Feuerschutzmittel.

**IV. Kalkstein.** Die Gruppe der Kalksteine nimmt großen Anteil an der Bildung unserer Erdoberfläche und ist deshalb und wegen ihrer vielseitigen baulich wertvollen Eigenschaften für die Technik von großer Bedeutung. Sie liefert nicht nur eine Anzahl der edelsten Bausteine, sondern findet eine noch größere Verwendung zur Herstellung von Mörtel und künstlichen Steinen.

Der Kalkstein besteht in der Hauptsache aus kristallisiertem kohlen-sauren Kalk oder Kalkspat; als zufällige Beimischungen finden sich dolomitische, tonige, kieselige, mergelige oder bituminöse Stoffe vor. Das Gefüge ist entweder kristallinisch, dicht, fein bis grobkörnig oder erdig. Seine Eigenschaften sind verschieden, je nach dem Gefüge und nach der Art der fremden Beimischungen. Sein spezifisches Gewicht im reinen Zustand beträgt 2,7, schwankt jedoch, ebenso wie seine Härte und Festigkeit in weiteren Grenzen; letztere kann im Durchschnitt mit 700 bis 800 kg/qcm angenommen werden. Die Farbe des reinen Kalksteins ist gleich der des Kalkspats weiß, wird aber meist durch fremde Beimengungen beeinflusst. So färben Eisen- oder Manganverbindungen gelb, braun bis rötlich; Kohle und Bitumen grau, bläulich, schwarz; Chlorit oder Serpentin grünlich. Außer diesen einfachen Grundtönen zeigen viele Arten, besonders der Marmor, schöne farbige Zeichnungen in Form von Bändern, Streifen, Flecken, Adern oder wolkigen Stellen.

Die Wetterbeständigkeit der dichten Kalksteine ist eine gute, die der körnigen Arten etwas geringer; die der erdigen, porigen und lockeren gering.

Das Gestein findet sich in seinen körnigen Arten in regelmäßigen Lagern, Stöcken und Gängen vor, während die dichten und erdigen Arten mächtige Gebirgszüge und Ablagerungen bilden.

Als Unterscheidungszeichen zwischen dem oft ähnlichen Kalkstein, Dolomit, Gips und Anhydrit sei angegeben, daß sich Kalkstein in Stücken in Essigsäure und kalter

Salzsäure unter Aufbrausen (Entweichen von Kohlensäure) löst, Dolomit nur als Pulver oder in warmer Salzsäure; Gips und Anhydrit dagegen nicht. Beim Erwärmen gibt Gips Wasser ab, die andern Gesteine nicht. Gips läßt sich meist mit dem Fingernagel ritzen, die andern Gesteine nicht; die Messerklinge ritzt alle drei Gesteine, den oft ähnlichen Quarzit dagegen nicht.

Die Einteilung der Kalksteine geschieht zweckmäßig nach dem geologischen Alter, da sich damit gleichzeitig eine Übersicht über die wesentlichen Beimengungen geben läßt, welche auf die Verwendung der Kalksteine von großem Einfluß sind.

Der hervorragendste Vertreter der reinen Kalksteine ist der Marmor. Da aber in der technischen Praxis nicht nur der eigentliche körnige Marmor, sondern auch eine Reihe anderer dichter, sich gut polierender Kalksteine darunter verstanden wird, so folgt die Besprechung des Marmors am Ende des Abschnittes nach den übrigen Arten.

1. Grauwacken- oder Übergangskalkstein. Es bildet ein gleichartiges, mittelhartes, gut polierbares Gestein von dichtem oder feinkörnigem Gefüge. Von weißgelber, roter oder grauer Farbe, liefert er viele bunte Marmorarten. Er findet sich im Fichtelgebirge, in der Eifel, am Harz, in Schlesien, Sachsen, Tirol, Salzburg, Belgien, Frankreich u. a. a. O.

2. Kohlenkalkstein. Er ist ein sehr harter, druckfester Stein von meist dunkelgrauer bis schwärzlicher, selten heller Farbe und dichtem Gefüge; er findet sich in Blöcken oder plattenförmigen Ablagerungen meist rein, manchmal mit Eisen oder Bitumen versetzt. Er wird im Hoch- und Straßenbau verwandt, liefert auch einzelne schöne Marmorarten. Seine Hauptfundorte sind im westfälischen Steinkohlengebiet, in der nördlichen Eifel, im Harz, Lahntal, Thüringen, Sachsen, Belgien u. a. a. O.

3. Zechstein. Er ist von grauer Farbe, dicht und hart, zeigt meist deutliche Schichtung und Ton oder Bitumen als Beimengung. Er liefert einen guten, wetterfesten Baustein, und findet sich am Südrand des Harzes, in Thüringen, im Mansfeldischen, in Hessen, im Spessart usw.

4. Muschelkalkstein. Er enthält vorwiegend Versteinerungen von Schalthieren, ist von grauer bis blauschwarzer Farbe, seltener rotbraun, sehr hart und von dichtem Gefüge. Er gibt einen wetterbeständigen, festen Baustein, der in neuester Zeit wegen seines malerischen Aussehens sehr beliebt geworden ist, und wird auch im Straßenbau viel verwandt. Hierher gehört auch der südländische graugelbe Wellenkalk und der weiche feinporige Schaumkalk Sachsens. Muschelkalkstein findet sich in Bayern, Thüringen, Württemberg, bei Göttingen, Heidelberg, Rudersdorf usw.

5. Liaskalk. Er ist von dunkelgrauer bis schwärzlicher Farbe, mit Eisen, Ton oder Bitumen versetzt, von feinkörnigem bis dichtem Gefüge, zähe und hart. Er findet sich bei Rastatt in Baden, Neumarkt in der Oberpfalz, vereinzelt in Württemberg und Oberfranken u. a. O. und wird seltener als Baustein, meist zur Herstellung von Kalk verwandt.

6. Rogenstein (oolithischer Kalkstein). Sie sind an ihrem eigenartigen Gefüge kenntlich, welches runde bis erbsengroße Körner in dichtem Kalk oder einem tonig mergeligen Bindemittel aufweist. Seine Farbe ist wechselnd von weiß bis dunkelgrau, oft durch Eisen braungefärbt, seine Härte und Wetterfestigkeit bei den dichteren Arten gut. Er findet vielseitige Verwendung als Haustein für Hochbau, für den Straßenbau und zur Herstellung von Kalk. Hauptfundorte sind das Juragebirge, der Breisgau, Rügen, Bernburg a. d. Saale u. a. O.

7. Jura - Kalkstein. Der feine, sehr harte Stein weist meist helle Farben auf und wird wegen seines gleichmäßigen Gefüges sehr geschätzt, hauptsächlich für Bildhauerarbeiten. Er findet sich im Schweizer Jura, Schwarzwald, auf der Alb in Württemberg, in Bayern bei Donauwörth, Kelheim, Regensburg, bei Goslar, Hildesheim u. a. O.

8. Alpenkalkstein. Hierunter werden sämtliche Kalksteine des Alpengebietes aus verschiedenen Formationen verstanden, welche allgemeine Verwendung finden und zahlreiche Marmorarten enthalten. Sie enthalten an fremden Beimengungen fast stets Ton, Dolomit, Sand, Eisen oder ähnliches. Die Farbe ist meist rot, braun, grau oder schwarz; die helleren Arten eignen sich zur Bereitung von Kalk. Ihre Fundstätten liegen in den gewaltigen Gebirgsstöcken der deutschen, schweizerischen und oberösterreichischen Alpenketten; bekannt sind der Wettersteiner, Hallstädter, Dachsteiner, Hierlatzer Kalk u. a.

9. Kreide. Aus den Ablagerungen kleinster Panzertiere zusammengesetzt, meist rein weiß, von lockerem zerreiblichen Gefüge, wird Kreide für verschiedene Zwecke der Industrie und Technik verwandt. Als Baustein verwendbar ist nur der aus ihr durch Verhärtung entstandene Plänerkalk, ein ton- oder sandhaltiger Kalkstein von grauer Färbung und dichtem bis körnigem Gefüge. Er findet sich bei Goslar, Paderborn, am Harz, bei Dresden, auf der Insel Rügen, in der Grafschaft Glatz u. a. O.

10. Grobkalk. Hauptsächlich aus Schnecken- und Muschelresten zusammengesetzt, von grobkörnigem Gefüge und heller brauner bis grauer Farbe, liefert er einen geschätzten Baustein, besonders da er sich in frischem Zustand leicht bearbeiten läßt, und dann so erhärtet, daß er eine recht gute Wetterfestigkeit erhält, die meist durch Hinzutritt von Quarz erhöht wird. Bekannt ist der Grobkalk des Pariser Beckens; andere Fundstellen dieses Gesteins sind Caëns in der Normandie, Savonnières in französisch Lothringen, die Gegend von Metz und Arco in Tirol.

11. Kieselkalkstein. Er besitzt durch eingesprengte graue Quarzkörner ein konglomeratisches Gefüge und zeigt ein granitartiges Aussehen. Das sich nur an einzelnen Stellen der bayrischen Voralpen findende Gestein besitzt nur örtliche Bedeutung als Baustein.

12. Kalktuff und Kalksinter. Die auch unter dem Namen Süßwasserkalke bekannten Gesteine sind jüngsten Ursprungs und bilden sich zum Teil heute noch als Niederschläge von Quellen u. dgl. Es sind blasige, porige, leichte Gesteine von festem Gefüge und ziemlicher Härte, welche sich gut als Bausteine eignen. Hierzu gehören der hauptsächlich zur Ausschmückung verwandte Onyxmarmor, der bei Tivoli in der römischen Campagna sich findende Travertin, die Tropfsteingebilde und ähnliches. Die Fundorte der Kalktuffe schließen sich den Hauptfundorten anderer Kalksteine an.

Den körnig-kristallinen Kalkstein, sowie die dichten gleichmäßigen, gut polierbaren farbenschönen Arten der oben aufgeführten Kalksteine faßt man unter dem Namen Marmor zusammen. Während das spezifische Gewicht und die Härte der Marmorarten mit 2,6 bis 2,8 und 3 ziemlich für alle gelten, ist die Druckfestigkeit eine sehr schwankende; sie wächst von 500 bis 2000 kg/qcm. Während man für die Zwecke des Bildhauers meist den rein weißen, gleichfarbigen, körnigen, durchscheinenden Stein bevorzugt und auch von farbigen Sorten volle Gleichheit der Farbe verlangt, verwendet die Architektur neben diesen auch die bunten lebhaften farbenprächtigen Arten gern, besonders wenn ihr Farbenspiel durch die Politur noch mehr

zur Geltung gebracht wird. Bedingung für alle Marmorarten ist ausreichende Festigkeit und Wetterbeständigkeit. Kräftiggefärbte bunte Steine verwendet man besser nicht für Außenfronten, da die Farben im Sonnenlicht oft ausbleichen. Auch ist die Wetterfestigkeit des Marmors, selbst in poliertem Zustand, für unser nordisches Klima nicht ausreichend; die stets im Regenwasser enthaltene Kohlensäure leitet oft die Verwitterung ein; die Wirkung des Frostes und die in Spalten und Rissen sich bildenden Algen und Flechten setzen die Zerstörung fort; in Großstädten bewirkt die viel schwefelige Säure enthaltende Luft eine Zersetzung des kohlensauren Kalks, die sich zunächst im Stumpfwerden der polierten Flächen zeigt. Daß das bruchfeucht versetzte Gestein im Winter unter den Frostwirkungen zu leiden hat, und daher nur in ausgetrocknetem Zustand zur Verwendung kommen sollte, ist bei Marmor mehr als bei andern Gesteinen noch zu beachten.

Marmor findet außer für Werke der Bildhauerkunst in der Technik die vielseitigste Verwendung zur Ausschmückung monumentaler Gebäude, in denen Säulen, Gebälke, Treppenstufen und Wangen, Wandbekleidungen, Fußböden u. dgl. aus ihm hergestellt werden. An seiner Lieferung sind hauptsächlich Deutschland, Belgien, Italien, Griechenland, Österreich, Frankreich und England beteiligt. Die wichtigsten Fundorte sind in folgender Zusammenstellung aufgeführt:

Bezeichnung des Marmors	Fundort	Farbe und Korn
-------------------------	---------	----------------

### A. Deutschland.

#### 1. Schlesien.

Schlesischer Marmor	bei Groß-Kunzendorf	blaugrau mit rötlicher und dunkler Aderung.
---------------------	---------------------	---

#### 2. Hessen - Nassau.

Grafenstein	bei Schupbach	grau mit großen roten Adern.
Edelfels	wie vor	grau mit kleinen rötlichen Adern.
Brunhildenstein	wie vor	dunkelrot mit weißen Adern.
Schupbach	wie vor	schwarz mit weißen Adern.
Bongard	bei Villmar	hellgrau wolkgig.
Unica	wie vor	rot gefleckt.

#### 3. Bayern.

Bayrisch rot	bei Marxgrün	rot mit grünen Adern.
Bayrisch grün	wie vor	grün mit weißen Adern.

#### 4. Thüringen - Reuß ä. L.

Königsrot	Saalburg	dunkelrot mit weißen Flecken.
Violett	wie vor	violett.

### B. Österreich.

Untersberger	Untersberg b. Salzburg	gelbrötlich.
Adneter	Adnet	rotbraun oder graugrün.
Laaser	Laas	weiß kristallinisch.
Sterzinger	Sterzing	weiß bis graublau kristallinisch.
Lava Romana	Karstgebirge	gelblich gesprenkelt.
Lava St. Stephano	wie vor	grau gesprenkelt.
Giralomo	wie vor	hellgelblich muschelg.
Rappentabor	Rappentabor	grau mit schwarzen Adern.
Onyx	Tirol	hellgelb bis dunkelbraun; wolkgig

Bezeichnung des Marmors	Fundort	Farbe und Korn
-------------------------	---------	----------------

**C. Italien.**

Blanc clair	Carrara	blauweiß.
Statuario	wie vor	gelblich weiß.
Bleu moderne	bei Carrara	dunkelblau mit weiß.
Bleu fleuri	wie vor	hellblau mit dunkelblauen Adern.
Pavonazzo	wie vor	gelblich mit schwarzen Adern.
Calacatta	wie vor	elfenbeinfarbig mit dunklen Wolken.
Seravezza	Monte Altissimo	bläulich weiß.
Sardinischer Granit	Vicenza	gelb gesprenkelt.
Botticino	Mazzano	hellgelb mit feinen gelben Adern.
Veroneser	Verona	rot oder gelb; muschelrig.
Nembro-Giallo	wie vor	hellgelb muschelrig mit rötlichen Adern.
Giallo di Siena	Siena	hellgelb gewölkt.
Giallo antiquo	wie vor	dunkelgelb mit schwarzen Adern.
Vert des Alpes	Turin	dunkelgrün mit weißer Aderung.
Vert de mer	bei Carrara	hellgrün mit weißer Aderung.

**D. Griechenland.**

Skyros Hell (dunkel)	Skyros	gelblicher Grund mit gelber, rosa und roter Aderung.
Tinos	Tinos	grün mit weißen Adern.
Penteli	Pentelicon	weiß, graublau oder grün.
Rosso antico	Kap Matapan	rot mit weißen oder schwarzen Adern.
Verde antico	Chassamboli (Thessalien)	grün mit weißen und schwarzen Adern.

**E. Schweiz.**

Cipollin	Saillon	hellgelblich grün bis dunkel.
Cipollin antique	wie vor	dunkelgrün.

**F. Frankreich.**

Griotte d'Italie	Lyon	rot mit weißen Flecken.
Griotte de Sost	Pyrenäen	braunrot muschelrig.
Fleure de péché	wie vor	violett und gelblich gewölkt.
Napoleon	Hydrequant	grau mit rötlichen Adern.
Joinville	wie vor	violett.
Jaune Lamartin	Süd-Frankreich	gelb mit feinen rötlichen Adern.
Jaune de Castille	wie vor	gelb mit größeren rötlichen Adern.
Ver d'Estours	wie vor	hellgrün, schuppenartig.
Langue doc	wie vor	hellrot mit weißen und blauen Flecken.
Campau vert	wie vor	hellgrün.
Campau melange	wie vor	hellgrün mit rot.
Hauteville	Hauteville	gelb.

**G. Belgien.**

Belgischer Granit	Ecaussines	grauschwarz und weiß gesprenkelt.
Bleu belge	Warant	schwarz mit weißer Aderung.
Griotte belge		rotbraun mit weißer Aderung.
St. Annen	Gougnès	grau mit weißen Flecken.
Noir fin	Dinant	tiefschwarz.

**V. Dolomit.** Der Dolomit, ein dem Kalkstein nahe verwandtes Gestein, besteht in reinem Zustande aus einer Verbindung von kohlen-saurem Kalk (54%) und kohlen-saurer Magnesia (46%); ist der Kalk in größerer Menge vorhanden, so nähert sich das Gestein den dolomitischen Kalksteinen, während es im andern Falle, dem Vorhandensein von größerer Menge kohlen-saurer Magnesia, allmählich in Magnesit übergeht. Als zufällige Beimengungen treten auf: Eisen- und Manganoxyde, Schwefel-

kies, Glimmer, Quarz u. a. Das spezifische Gewicht, die Härte und die Festigkeit des Steins sind etwas größer als beim Kalkstein; ersteres beträgt 2,7 bis 2,9; letztere steigt von 400 bis 1300 kg/qcm. Seine Farbe wechselt von graugelblich bis bräunlich, nur die dichten Arten, die sog. Dolomitmarmore weisen lebhaft schöne Farben auf. Seine Wetterbeständigkeit ist im allgemeinen eine gute, und höher wie die des Kalksteins; nur die in der Luft der Großstädte enthaltene schweflige Säure wirkt zerstörend auf ihn ein.

Von dem ihm oft sehr ähnlichen reinen Kalkstein ist er dadurch leicht zu unterscheiden, daß er von Säuren nicht so leicht angegriffen wird, wie jener; so löst er sich nur in pulverförmigem Zustand in Salzsäure oder nur in warmer Säure (vgl. Kalkstein).

Der in den verschiedensten Perioden der Erdbildung vorkommende Stein weist verschiedenartiges Gefüge auf, welches sein Aussehen, seine Festigkeit und damit auch seine Verwendbarkeit für Bauzwecke bedingt. Man unterscheidet:

a) den körnigen Dolomit von meist festem Gefüge mit glänzender Bruchfläche und weißer bis gelblicher, seltener rot, braun oder grüner Färbung, manchmal auch geflammt: Dolomitmarmor. Das meist gut wetterbeständige Gestein findet sich in rein weißer Färbung bei Kunzendorf in Schlesien; mit grünen oder rötlichen Adern versehen bei Rothenzechau bei Landeshut in Schlesien;

b) den dichten Dolomit, von schmutziggrauer bis bräunlicher Färbung, eignet sich infolge Vorhandenseins feiner Risse und Zerklüftungen und der dadurch bedingten leichteren Verwitterung weniger für Bauzwecke;

c) die Rauchwacke, ein rauchgraues, von zahlreichen Zellen durchsetztes Gestein von lockerem porigen Gefüge; daher für Bauzwecke ebenfalls nicht geeignet.

Weitere Abarten sind die nach der Art ihrer Lagerung benannten Platten- bzw. Wellendolomite; beide werden ebenfalls weniger für Bauzwecke als zur Herstellung von Kalk benutzt.

Über seine Verwendung zum Ausfüttern der Bessemerbirne für die Herstellung von Flußeisen vgl. Thomas-Verfahren (S. 159).

Außer den oben genannten beiden Fundorten des Dolomits sind die bekanntesten: Saalfeld in Thüringen, Wesergebirge bei Northeim, Landeshut in Schlesien und in Südtirol der gewaltige Gebirgsstock der Dolomiten.

### 3. Kristallinische Schiefer.

Über ihre Entstehung gehen die Meinungen noch auseinander. Während man in einigen die eigentliche Erstarrungskruste der Erde zu sehen glaubt, da sie sich stets in den untersten für uns erreichbaren Lagen der Gebirge vorfinden und durchaus frei von Versteinerungen sind, weisen andere wieder Grundstoffe sedimentärer Art auf; Ihre Entstehung in den tieferen Schichten der Erde mag daher wohl aus dem dort herrschenden hohen Druck, der hohen Temperatur und dem Vorhandensein von über 100° erhitzten, wegen des hohen Druckes aber noch flüssigen Wassers erklärt werden. Bestimmte Lagerungsformationen zeigen sie nicht; ihr Vorkommen ist teilweise ein sehr ausgedehntes als Grundstock vieler großer Gebirgszüge. Ihre Verwendung als Baustoff meist keine ausgedehnte, da bei ausgesprochen schiefrigem Gefüge die Festigkeit und Wetterbeständigkeit fehlt. Das wichtigste und verbreitetste Gestein unter ihnen ist der

**I. Gneis.** Er gleicht hinsichtlich seiner mineralogischen Zusammensetzung völlig dem Granit, auch in seinen Abarten. Während dieser aber ein unregelmäßig körniges Gefüge zeigt, sind beim Gneis die Mineralien nach ihrer Längsachse parallel gelagert, so daß er ein schieferiges, schuppiges Gefüge erhält. Man unterscheidet, ebenso wie beim Granit, nach der Art des vorherrschenden Glimmers Biotitgneis, Muskovitgneis und Zweiglimmergneis. Tritt an Stelle des Glimmers Hornblende, so nennt man ihn Hornblendegneis. Bei geringem oder gar keinem Gehalt an Feldspat entsteht Glimmerschiefer.

Seine Härte entspricht etwa dem Granit; seine Wetterfestigkeit wechselt mit dem Quarzgehalt und dem Gefüge des Steins. Im allgemeinen stehen quarzreiche Gneise aus dickbankigen Lagern dem Granit nicht viel nach. Verwendung findet er im Hoch- und im Straßenbau, in letzterem besonders als Pflasterstein für steile Straßen, da er dauernd rauh bleibt.

Der Gneis bildet den Hauptstock vieler europäischen Gebirgszüge. Seine Hauptfundstellen sind das Erzgebirge, Fichtelgebirge, die Sudeten, der bayrisch-böhmische Wald, der Schwarzwald, die Alpen, außerdem in Schweden und Norwegen.

Eine Abart des Gneises stellt der Granulit vor, ein aus Feldspat und Quarz mit zufälligen Beimengungen von Granat und Biotit bestehendes schieferig dünnplattiges, feinkörniges Gestein von weißer, selten hellgrauer Farbe (Weißstein). Das sonst spröde Gestein spaltet leicht und nimmt gut Politur an; wegen seines geringen Quarzgehalts ist es aber der Verwitterung leicht ausgesetzt und hat daher meist nur örtliche Bedeutung. Fundorte sind im Erzgebirge bei Limbach und Roßwein, in den Vogesen, in Böhmen, Mähren u. a. O.

**II. Glimmerschiefer.** Er besteht aus Quarz und Glimmer; als zufällige Bestandteile treten Granat, Turmalin, Talk, Chlorit u. a. auf. Je nach der Art des Glimmers unterscheidet man Muskovit- und Biotitschiefer; tritt der Glimmergehalt gegen den Quarz zurück, so geht das Gestein in Quarzschiefer über. Die Farbe des Gesteins bestimmt der Glimmer, sie ist dementsprechend weiß bis grau oder braun bis schwarzgrün. Das kristallinische Gestein zeigt schiefrig faseriges Gefüge und hohen Glanz; seine Härte und seine Wetterbeständigkeit sind bei genügendem Quarzgehalt gut. Seine Verwendung findet er als Werkstein und in Plattenform; wegen seiner Feuerfestigkeit zum Auskleiden des Schmelzraumes im Hochofenbau.

Der ihm verwandte Phyllit oder Urtonschiefer besteht aus Quarz, Glimmer, Chlorit, Feldspat und Eisenmineralien, ist von graugrüner bis schwärzlicher Farbe und geringer Härte.

Er kommt im Fichtelgebirge, Erzgebirge und im Bayrischen Wald vor, hat aber baulich nur untergeordnete Bedeutung.

**III. Chlorit- und Talkschiefer.** Dieses aus Quarz, Feldspat und Chlorit- bzw. Talkschuppen gebildete dunkelgrüne Gestein wird vereinzelt als Baustein, der in der Gegend von Rimogue (Frankreich) gewonnene als Dachschiefer verwandt; der Talkschiefer eignet sich wegen seiner Feuerfestigkeit auch für Hochofenbau. Die oft vereint vorkommenden Gesteine finden sich im Fichtel- und Erzgebirge, in den Alpen und den Sudeten.

**IV. Hornblendeschiefer.** Das hauptsächlich aus Hornblende und wenig Feldspat bestehende körnige, meist aber schiefrige Gestein ist von dunkelgrüner Farbe und guter Wetterbeständigkeit; baulich aber bei seltenem Vorkommen nur von örtlicher

Bedeutung als Bruchstein. Es findet sich, meist in andern Schiefeln eingelagert, im Erz- und Fichtelgebirge.

V. **Eklogit (Augitschiefer)**. Er besteht aus Augit und Granat, zufällig findet sich Glimmer oder Hornblende vor. Das schön grün- und rotgefleckte Gestein besitzt große Härte und Zähigkeit, ist schwer, aber gut polierbar; es weist grobes bis mittelkörniges oder schiefriges Gefüge auf. Es findet beschränkte Verwendung als Bau- oder Pflasterstein, die harten (bayrischen) Sorten als Ersatz für Schmirgel. Sein Vorkommen beschränkt sich auf kleine Einlagerungen in kristallinen Schiefeln, z. B. im Erzgebirge, im Fichtelgebirge, Oberpfalz, in der Umgegend von Hof u. a. a. O.

VI. **Serpentin**. Das dichte oder feinkörnige Gestein besteht im wesentlichen aus dem Serpentin, das ist ein Verwitterungserzeugnis von Olivin-, Augit- und Hornblendegesteinen, von denen sich Reste als zufällige Bestandteile außer Glimmer, Quarz, Chlorit u. a. vorfinden. Das schöngezeichnete Gestein ist vorwiegend grün mit gelben Adern, Flecken, Flammen, oft wachsgelb; silberfarbige, seidenglänzende Asbestfasern haben ihm nach ihren Schlangenlinien den Namen gegeben. Seine Härte ist frisch gebrochen nicht sehr groß, nimmt aber beim Austrocknen sehr zu. Infolge seiner geringen Wetterbeständigkeit wird er mehr im Innern verwandt und eignet sich zur Ausschmückung auch besonders wegen seiner schönen Färbung. Seine Hauptfundorte sind der Zobten bei Breslau, das Eulengebirge, in der Oberpfalz, Oberfranken, Schwarzwald, Zöblitz und Waldheim im Königreich Sachsen und im Fichtelgebirge. Außerhalb Deutschlands der St. Gotthard, Tirol, Oberitalien: Prato bei Florenz — Verde di Prato, Susa bei Turin — Verde di Susa, Pegli bei Genua — Verde di Pegli; Korsika, Insel Euböa, Kleinasien, Ural, Norwegen und Finnland. Mit körnigem Kalkstein durchwachsen (Opicalcit) führt er den Namen Verde antico.

## IV. Zimmerarbeiten.

### 1. Allgemeines.

Der für die Zimmerarbeiten in Betracht kommende Baustoff ist das Holz. Infolge seiner Verbreitung über fast alle Kulturländer, seiner Billigkeit und seiner überwiegend wertvollen Eigenschaften ist es zu einem unentbehrlichen, durch keine künstlichen Stoffe bisher ersetzbaren Baustoff geworden, der seine Bedeutung auch heute noch, im Zeitalter von Stein und Eisen, mit Erfolg behauptet. Diese Eigenschaften sind sein geringes Gewicht, seine bequeme und leichte Bearbeitung zu allen Zwecken, seine große Festigkeit und Biegsamkeit, und, worin es vor dem Eisen einen großen Vorzug hat, seine geringe Ausdehnung durch die Wärme. Diesen Vorzügen stehen allerdings einige Nachteile in der leichten Zerstörung des Holzes durch Feuer und Nässe gegenüber; doch läßt sich diesem Übelstand teils durch geschickte Konstruktion begegnen, teils ist die Technik, wie wir unten sehen werden, erfolgreich bemüht, durch geeignete Imprägnierungen Widerstandsfähigkeit und Lebensdauer der Holzkonstruktionen zu erhöhen.

Unter Holz versteht man im technischen Sinne die von Bast und Rinde umschlossene Hauptmasse von Wurzeln, Stämmen und Zweigen der Bäume, von denen für Bauzwecke fast nur die Stämme in Betracht kommen. Die Grundstoffe, aus denen

das Holz größtenteils besteht, sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, ferner in geringen Mengen Stickstoff, Schwefel und mineralische Bestandteile; letztere sind unverbrennlich und bilden die Asche des Holzes. Das Gefüge des Holzes setzt sich aus einzelnen mikroskopisch kleinen Zellen zusammen, welche aus einer festen Umhüllung bestehen, die mit dem eigentlichen Zellstoff angefüllt ist. Diese Zellen vereinigen sich, senkrecht übereinanderstehend, zu feinen Röhrenchen, in denen die Bewegung des Saftes vor sich geht, den Gefäßen, und zwar bei Nadelbäumen in etwas anderer Weise wie bei Laubbäumen. Das Wachsen des Holzes geht nun etwa in der Weise vor sich, daß die grünen Blätter des Baumes bei Tageslicht Kohlensäure aus der Luft entnehmen und diese zersetzen, indem sie den freien Sauerstoff wieder abgeben und den Kohlenstoff den Gefäßen zuführen. Gleichzeitig nimmt der Baum durch seine Wurzeln aus der Erde Wasser, in dem die zum Aufbau wichtigen organischen Stoffe (Eiweißstoffe) und einige mineralische Bestandteile des Bodens gelöst enthalten sind. Durch Vereinigung und Umbildung dieser von Blättern und Wurzeln aufgenommenen Stoffe entstehen neue Zellen, welche sich um den vorhandenen Stamm dicht unter dem Bast ringförmig anordnen. Der Stamm besteht also aus einzelnen zylindrischen, ineinandersitzenden ringförmigen Schalen, von denen jedes Jahr eine entsteht, und die sich im Querschnitt des Stammes, sog. „Hirnschnitt“, als „Jahresringe“ zeigen. Bei diesen läßt sich bei den meisten Hölzern unseres Klimas ein hellerer Ring von einem dunkler gefärbten deutlich unterscheiden. Der

erstere stellt das Frühjahrsholz dar, welches in der saftreichen Zeit des Baumes gewachsen ist und aus großen, dünnwandigen, daher lockeren Zellen besteht, als das im Herbst gewachsene, aus kleineren festen Zellen gebaute Herbstholz. An der Zahl der Jahresringe läßt sich das ungefähre Alter

des Baumes erkennen, genau deswegen nicht, weil einzelne Bäume in manchen Jahren, wenn sie zweimal ausschlagen, auch noch einen zweiten, wenn auch schwächeren Jahresring entwickeln. Die Breite der Jahresringe ist bei schnell wachsenden Bäumen größer als bei langsam wachsenden; sie wechselt außerdem mit der Güte des Bodens, d. h. mit der Nahrungszufuhr. Holz mit breiten Ringen, sog. „grobjähriges Holz“, ist im allgemeinen weicher und leichter als „feinjähriges“; letzteres daher ist für die Verwendung das wertvollere. Je älter die Schichten werden, desto trockener und fester werden sie. Man unterscheidet daher bei einem Stamm die äußeren, saftreichen, jungen Holzteile — das Splintholz — von dem festeren, trockeneren, meist auch dunkler gefärbten Kernholz. Bei manchen Baumarten findet sich zwischen diesen beiden Schichten noch eine dritte Holzart, die ebenso hell wie das Splintholz, aber fast so fest wie das Kernholz ist: das sog. Reifholz. In der Mitte des Stammes liegt das Mark, bei jüngeren Bäumen saftig weich, bei älteren abtrocknend; es schiebt in wagerechter Richtung nach allen Seiten einzelne „Markstrahlen“ zwischen die Gefäße, welche sich im Hirnschnitt als radial verlaufende feine Strahlen zeigen, im Spiegelschnitt — das ist ein durch die Mittelachse des Stammes geführter senkrechter Schnitt (siehe Abb. 103 bis 105) — aber als unregelmäßige feine Bündel, die sich bei einzelnen Arten (Eiche, Buche) als

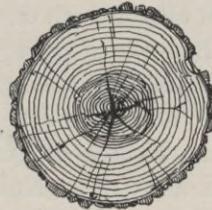


Abb. 103.  
Hirnschnitt.



Abb. 104.  
Spiegelschnitt.



Abb. 105.  
Sehenschnitt.

blanke Flächen — Spiegel — von viereckiger Form darstellen. Die Jahresringe erscheinen — regelmäßigen Wuchs vorausgesetzt — als parallele, von oben nach unten laufende, verschiedenfarbige, schmale Streifen. Der in der Praxis am meisten vorkommende Holzschnitt ist der sog. Sehnenschnitt (Abb. 105), der parallel zur Mittelachse des Baumes, aber nicht durch diese selbst, sondern durch eine Sehne des Kreisquerschnitts geführt wird. Er trifft die Jahresringe nicht senkrecht, sondern mehr oder weniger schräg, je näher sie der Achse sitzen oder nicht. Da der Stamm selten ganz genau zylindrisch gewachsen, sondern der Verlauf der Jahresringe meist ein etwas unregelmäßiger ist, so entstehen durch den Sehnenschnitt jene schönen Zeichnungen des Holzes, die wir als Maserung oder Fladern kennen und beim Zierholz sehr schätzen. Während jene durch Äste, Verwachsungen, Verwundungen u. dgl. im Stamm entstehen, besitzt diese fast jedes Holz in mehr oder weniger ausgesprochener Art, je nachdem die Bildung seiner Jahresringe mehr oder weniger unregelmäßig ist. Ihre Bildung ist an jedem Brett zu erkennen.

Die durch die obigen drei Schnitte entstehenden Holzflächen nennt man Hirnholz, Spiegelholz, Langholz.

## 2. Eigenschaften des Holzes.

Die Farbe des Holzes spielt, soweit es sich um gesundes Bauholz handelt, keine große Rolle; man zieht im allgemeinen das dunklere Holz, weil meist fester, demselben helleren Holz vor. Von Bedeutung dagegen wird sie dadurch, daß man an ihr ungesundes bzw. fehlerhaftes Holz erkennen kann (siehe unten).

Dem Gefüge nach unterscheidet man feinfaseriges (Ahorn, Birke, Weide), grobfaseriges (Eiche, Ulme, Esche), langfaseriges (Eiche, Ulme, Tanne), kurzfaseriges (Ahorn, Weißbuche), krummfaseriges (Nußbaum, Esche, Mahagoni) und geradfaseriges Holz (Tanne, Fichte). Für Bauholz gut geeignet ist grad- und langfaseriges Holz, da es eine größere Zähigkeit und Festigkeit besitzt. Feines Holz setzt sich aus engen, gleichmäßig aneinanderggebauten Jahresringen zusammen, beim groben Holz dagegen sind die breiten Jahresringe deutlich erkennbar. Im Verhältnis dazu steht meist auch die Härte des Holzes, die bei enggelagerten Zellen naturgemäß größer sein muß, als bei lockeren, aber mit dem Standort, Boden und Klima selbst wechselt. Harte Hölzer sind: Ahorn, Esche, Ulme, Platane, Eiche, Buche, Nußbaum; mittelharte: Kiefer, Lärche, Erle, Birke; weiche: Tanne, Fichte, Weide, Linde, Pappel. Bezeichnet man den Widerstand eines Buchenstammes gegen einen rechtwinklig zur Achse geführten Sägeschnitt mit 1, so ist der eines ebenso starken Stammes der Kiefer = 0,53, Tanne = 0,56, Fichte = 0,60, Eiche = 1,03, Birke = 1,35, Hainbuche, Linde, Weide und Silberpappel = 1,87.

Die Spaltbarkeit des Holzes ist umgekehrt abhängig von dem Widerstand, den die Fasern der Trennung durch einen parallel der Längsachse geführten Schnitt entgegenzusetzen, und nimmt im allgemeinen mit der Härte und dem spezifischen Gewicht des Holzes ab; sie ist am größten beim Schnitt durch die Mittelachse, beim Sehnenschnitt um  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  kleiner. Schwerspaltige Hölzer sind: Weißbuche, Birke, Ulme, Esche, Ahorn; leichtspaltig: Lärche, Nußbaum, Erle, Kiefer, Eiche; sehr leichtspaltig:

1) *Glinzer*: Lehrbuch der Baustoffkunde. S. 149.

Tanne, Fichte, Pappel. Je nach ihrer sonstigen Beschaffenheit spalten die Hölzer glatt und feinfaserig oder rau, schuppig, splitterig und grobfaserig. Trockenes Holz spaltet schwerer wie grünes; Äste verringern die Spaltbarkeit.

Das spezifische Gewicht des Holzes ist für denselben Baum schon verschieden für Kernholz und Splintholz, hängt aber wesentlich von dem Wassergehalt des Baumes ab. Dieser beträgt in grünem Zustand 30 bis 60% und in lufttrockenem Zustand für Nadelholz 10% und für Laubholz 17% des Gesamtgewichts. Im allgemeinen sind naturgemäß die harten, dichten Holzarten auch schwerer wie die weichen. Bei derselben Holzart ist der spezifisch schwerere Stamm der wertvollere. Nachstehende Zusammenstellung gibt die ungefähren spezifischen Gewichte der bekannteren Holzarten in grünem, lufttrockenem und künstlich getrocknetem Zustand.

Holzart	grün	lufttrocken	künstlich getrocknet	Holzart	grün	lufttrocken	künstlich getrocknet
Ahorn .....	0,83—1,05	0,53—0,81	—	Kiefer .....	0,38—1,03	0,31—0,76	0,49
Akazie .....	0,75—1,00	0,58—0,85	—	Kirschbaum	1,05—1,18	0,76—0,84	—
Apfelbaum ..	0,95—1,26	0,66—0,84	—	Lärche.....	0,52—1,00	0,44—0,80	0,52
Birke .....	0,80—1,09	0,51—0,77	—	Linde.....	0,58—0,87	0,32—0,59	—
Birnbaum ..	0,96—1,07	0,61—0,73	—	Mahagoni ..	—	0,56—1,06	—
Buchsbaum .	1,20—1,26	0,91—1,16	—	Nußbaum .	0,91—0,92	0,60—0,81	—
Ceder .....	—	0,57	—	Pappel.....	0,73—1,07	0,39—0,52	0,35
Ebenholz ...	—	1,26	—	Pflaumen-			
Eberesche ..	0,87—1,13	0,69—0,89	—	baum ....	0,87—1,17	0,68—0,90	—
Eiche .....	0,93—1,28	0,69—1,03	0,66	Pitchpine ..	—	0,73—0,85	—
Erle .....	0,63—1,01	0,42—0,68	0,44	Rotbuche ..	0,90—1,12	0,66—0,83	0,56
Esche .....	0,70—1,14	0,57—0,94	0,62	Steineiche .	—	0,71—1,07	—
Fichte .....	0,40—1,07	0,35—0,60	0,43	Tanne .....	0,77—1,23	0,37—0,75	0,49
Guajak				Ulme			
(Pockholz)	—	1,17—1,39	—	(Rüster) .	0,78—1,18	0,56—0,82	0,52
Hickory ....	—	0,60—0,90	—	Weide .....	0,79	0,49—0,59	—
Kastanie ...	0,76—1,04	0,52—0,63	—	Weißbuche	0,92—1,25	0,62—0,82	0,69
Karrholz ...	—	1,05	—				

Die Festigkeit der Hölzer hängt ähnlich wie ihr spezifisches Gewicht wesentlich ab von ihrem Wassergehalt. Die Beanspruchung durch äußere Kräfte kommt hauptsächlich in Frage als 1. Druck in der Faserrichtung, 2. Zug in der Faserrichtung, 3. Biegefestigkeit senkrecht zur Faserrichtung, 4. Schubfestigkeit parallel zur Faserrichtung. Wird der Druck auf längere Hölzer ausgeübt, so tritt die Beanspruchung auf Zerknicken ein. Während Druck- und Zugfestigkeit bei grünem Holze geringer sind wie bei trockenem, ist es mit der Biegefestigkeit umgekehrt. Auch die Zähigkeit des Holzes — das ist die Eigenschaft, daß die Überschreitung der Elastizitätsgrenze nicht gleichzeitig den Bruch bedeutet — wächst mit seinem Wassergehalt; trockenes Holz ist spröder. Die Festigkeiten der hauptsächlich in Betracht kommenden Bauhölzer ist man bemüht gewesen, in einigermaßen genauen Zahlen festzulegen. Die Ergebnisse weichen aber bisher alle noch sehr voneinander ab, sodaß man nur einen ungefähren Durchschnitt angeben kann. In nachstehender Zusammenstellung ist die Druck-, Zug-, Biege- und Schubfestigkeit, nebst der zulässigen Beanspruchung und dem Elastizitätsmodul für einige wichtige Bauhölzer angegeben.

Holzart	Wassergehalt %	Festigkeit kg/qcm				Zulässig kg/qcm			Elastizitätsmodul kg/qcm		
		Zug	Druck	Biegung	Schub	Zug	Druck	Schub	Zug	Druck	Biegung
Fichte ...	16—38	750	245	420	40	60	50	—	92000	99000	111000
Kiefer ...	13—25	790	280	470	45	100	60	10	90000	96000	108000
Eiche ...	24	965	345	600	75	100	80	20	108000	103000	100000
Buche ...	17	1340	320	670	85	100	80	20	180000	169000	128000
Esche ...	—	1300	439	678	—	100—120	66	—	112000	—	—

Diejenige dem Holz eigentümliche Eigenschaft, welche es den Metallen gegenüber voraus hat, ist seine geringe Wärmeausdehnung; sie beträgt 0,00000352 für 1° C. Sie ist von hohem Wert bei Feuersbränden und läßt hölzerne, gegen unmittelbare Angriffe des Feuers gut geschützte Stützen und Balken geeigneter scheinen als eiserne, deren starke Ausdehnung im Feuer die Mauern und Decken selbst gefährdet. Die Dauerhaftigkeit des Holzes hängt ab von der Holzart, der Behandlung vor und nach der Verarbeitung, dem Anfall von Krankheiten, und ist sehr verschieden, je nachdem das Holz dauernd von Luft oder von Wasser oder abwechselnd von beiden umgeben ist. Schweres, hartes Holz ist dauerhafter wie weiches, Kernholz mehr wie Splintholz. Kiefern-, Lärchen- und Fichtenholz halten immer trocken etwa 1000 Jahre aus, unter Wasser etwa die Hälfte, Eichenholz noch länger. Im Wechsel von Nässe und Trockenheit hält Eichenholz etwa 60 bis 80, Kiefernholz 20 bis 25 Jahre aus. In Ton-, Lehm- und nassem Sandboden hält sich Holz besser als in trockenem Sand- und Kalkboden. Die hier besprochenen Eigenschaften des Holzes treffen im allgemeinen nur für einheimische Hölzer zu. Die neuerdings vielfach auf den Baumarkt kommenden ausländischen Holzarten übertreffen an Festigkeit, Härte, Dauerhaftigkeit, Feuerfestigkeit und Gewicht die einheimischen bei weitem. Ihre Verwendung ist naturgemäß wegen des hohen Preises eine beschränkte; sie haben sich z. B. für Holzplaster und für einzelne Tischlerarbeiten stellenweise gut eingeführt.

Zu den unangenehmen Eigenschaften, die jedes Holz in größerem oder geringerem Maße aufweist, und die zu besonderer Behandlung und besonderen Vorsichtsmaßregeln Veranlassung geben, gehören in erster Linie die Raumveränderungen, die das Holz beim Abgeben und Wiederaufnehmen von Wasser vornimmt, das Trocknen, Schwinden, Werfen, Reißen und Quellen des Holzes oder wie man zusammenfassend sagt: das Arbeiten. Diese Vorgänge sind naturgemäß um so geringer, je geringer der Feuchtigkeitsgehalt der Holzart überhaupt ist, d. h. also auch je dichter das Gefüge, je fester und härter das Holz ist. Kernholz schwindet danach weniger als Reif- und besonders Splintholz.

Der Wassergehalt eines grünen Baumes ist, wie oben erwähnt, ein bedeutender; er schwankt zwischen 30 und 60%. Die Wasserabgabe beim Trocknen bringt nun nicht nur eine Verminderung des Gewichts, sondern auch des Rauminhalts mit sich, da die Holz-zelle sich zusammenzieht; das Holz „schwindet“. Die Schwindung ist entsprechend der Form der Zelle, in der Richtung der Fasern eine ganz geringe, sie beträgt etwa  $\frac{1}{1000}$  der Länge; dagegen ist sie bedeutend in der Querrichtung der Fasern, und zwar radial gemessen etwa 3 bis 5% und in der Richtung der Sehne 5 bis 8%. Dies verschiedene Schwinden erklärt sich aus dem mehr oder minder großen Anteil, den das saftreiche und lockere Splintholz daran hat. Bretter, die nicht gerade den Kern des Baumes enthalten, wölben sich beim Trocknen infolge der ungleichen Zusammenziehung der beiden Seiten, und zwar liegt die nach außen gewölbte Seite dem Kern des Stammes näher.

Die Kenntnis der Schwindmaße ist für die verschiedenen Arbeiten wichtig; in nachstehender Zusammenstellung<sup>1)</sup> sind diejenigen der wichtigeren Holzarten angegeben.

Holzart	Größe des Schwindens in der Richtung			Holzart	Größe des Schwindens in der Richtung		
	der Achse ‰	des Halb- messers ‰	der Sehne ‰		der Achse ‰	des Halb- messers ‰	der Sehne ‰
Ahorn .....	0,072	3,35	6,59	Kirschbaum .....	0,112	2,85	6,95
Apfelbaum .....	0,109	3,00	7,39	Lärche .....	0,075	2,17	6,32
Birke .....	0,222	3,86	9,30	Linde .....	0,208	7,79	11,50
„ (russische) .....	0,065	7,19	8,17	Mahagoni .....	0,110	1,09	1,79
Birnbaum .....	0,228	3,94	12,70	Nußbaum .....	0,223	3,53	6,25
Buchsbaum .....	0,026	6,02	10,20	Pappel .....	0,125	2,59	6,40
Ebenholz .....	0,010	2,13	4,07	Pflaumenbaum .....	0,025	2,02	5,22
Eiche (jung) .....	0,400	3,90	7,55	Roßkastanie .....	0,088	1,84	5,82
„ (300 Jahre altes Bauholz) .....	0,130	3,13	7,78	Rotbuche .....	0,200	5,03	8,06
Erle .....	0,369	2,91	5,07	Tanne (jung) .....	0,122	2,91	6,72
Esche (jung) .....	0,821	4,05	6,56	„ (300 Jahre altes Bauholz) .....	0,086	4,82	8,13
„ (300 Jahre altes Bauholz) .....	0,187	3,84	7,02	Ulme (Rüster) .....	0,124	2,94	6,22
Fichte .....	0,076	2,41	6,18	Weide .....	0,697	2,48	7,31
Guajak (Pockholz) .....	0,625	5,18	7,50	Weimutskiefer .....	0,160	1,80	5,00
Kiefer .....	0,120	3,04	5,72	Weißbuche .....	0,400	6,66	10,90
				Zeder .....	0,017	1,30	3,38

Ein vorbeugendes Mittel gegen das Schwinden des Holzes besteht im sorgfältigen Trocknen vor der Verwendung (siehe unten). Auch ein Tränken der Holzstücke mit gesättigter Kochsalzlösung soll das Schwinden verhüten.

Das trockene Holz nimmt infolge seiner Porosität aus feuchter Luft oder noch mehr im Wasser selbst wieder Wasser auf, und zwar bis zu seinem ursprünglichen Gehalt und darüber. Gleichzeitig vollzieht sich damit eine Vergrößerung seines Rauminhalts bis zur ursprünglichen Form: das Holz quillt. Die dabei entwickelten Kräfte sind so groß, daß es, wenn es an seiner freien Bewegung gehindert ist, reißt bzw. sich wirft. Diesem Umstand ist bei den Konstruktionen aus Holz genügend Rechnung zu tragen, besonders bei Tischlerarbeiten, bei denen es auf Herstellung dauernd gerader, ebener Flächen ankommt.

Ein brauchbares Mittel zur Verhütung des Quellens gibt es nicht; etwas einschränkend wirken ein Tränken des Holzes mit einer Lösung von Paraffin in Benzin oder mit Leinöl. Abhaltung der Ursachen, Konstruktion und Schnitt der Hölzer, so daß dem Ziehen und Reißen entgegengearbeitet wird, sowie Verwendung gut getrockneten Holzes können das Arbeiten auf ein geringes Maß einschränken. Holz, welchem alles Wasser entzogen ist, arbeitet allerdings fast gar nicht mehr, hat aber auch damit seine besten Eigenschaften, die hohe Biegsamkeit und Zähigkeit verloren und ist als Bauholz entwertet.

### 3. Fehler und Krankheiten.

Außer vorstehenden, allem Holz gemeinsamen fehlerhaften Eigenschaften, treten vereinzelt an den Stämmen Fehler auf, die sich meist schon am lebenden Baum,

<sup>1)</sup> Taschenbuch des Ingenieurs I, S. 547.

immer aber am gefälltten Stamm erkennen lassen, die sog. Wuchsfehler. Dahin gehören: krummer, wimmeriger Wuchs, Drehwuchs, exzentrischer Kern, Sonnenbrand (erkennbar am Absterben und Aufplatzen der Rinde auf der Sonnenseite), Krebs (krankhafte Wucherungen und Auftreibungen), Kernrisse und Ringklüfte (kreisförmige Risse im Innern des Stammes, die ein teilweises oder gänzlichcs Lösen des Kerns bedingen). Die mit derartigen Fehlern behafteten Stämme sind wegen mangelnder Festigkeit meist für Bauzwecke unbrauchbar; sie sind äußerlich leicht zu erkennen. Schwieriger ist dies bei den eigentlichen Krankheiten des Holzes, das sind chemische Veränderungen des Holzstoffes, welche eine Zerstörung desselben im Gefolge haben und welche man allgemein mit Faulen bezeichnet.

Hierzu ist das Anlaufen oder Ersticken des frischgefällten Holzes zu rechnen, welches oft eintritt, wenn bei warmer Witterung gefälltes Holz in der Rinde liegen bleibt. Das Holz bekommt blaue oder schwärzliche Flecken, die meist nur im Splintholz sitzen, und muß sofort gut getrocknet und an trockener Stelle verwandt werden. Das Anlaufen beeinträchtigt die Güte des Holzes an sich noch nicht, macht es aber anscheinend für etwaiges späteres Faulen leichter empfänglich.

In bezug auf die eigentliche Fäulnis unterscheidet man die Trocken- oder Weißfäule von der Rot- oder Naßfäule, je nach der Stelle, an der sie im Baum auftritt, Stockfäule, Kernfäule, Splinthfäule, Astfäule.

Die Weißfäule scheint ausschließlich die Laubbäume zu befallen, und zwar besonders die jüngeren Holzschichten. Das befallene Holz sieht heller aus als das gesunde, ist von dunklen unregelmäßigen Flecken umgeben und besitzt meist einen dumpfen, schimmeligen Geruch. Weißfaules Holz zeigt oft ein phosphoreszierendes Leuchten im Dunkeln, was dem Vorhandensein mikroskopisch kleiner Lebewesen zugeschrieben wird. Die Fäulnis befällt schon die Stämme im Walde, tritt aber auch bei schon verarbeitetem Holz auf, wenn es, noch nicht genügend trocken, nach dem Verlegen keine Gelegenheit zum gründlichen Austrocknen hat. Die zunächst weiche Holzfaser verliert nach und nach ihren Zusammenhang und geht in eine pulverige weiße Masse über.

Im Gegensatz zu dieser trocken verlaufenden Zersetzung des Holzes ist die Rot- oder Naßfäule meist durch Überschuß von Wasser veranlaßt, da anscheinend gesundes Holz nach kurzer Zeit an Stellen, an denen oft Feuchtigkeit mit Trockenheit wechselt (Dielen unter Waschbecken und Ausgüssen, Pfähle im Erdboden), zu einer morschen, rotbraunen, zerfallenden Masse wird, die stark wasseranziehend ist und scharf dumpfig riecht. Im Walde tritt sie meist am unteren Teil des Stammes und im Wurzelstock auf, besonders bei Eichen, Fichten, Kastanien.

Während diese auf einer chemischen Zersetzung der eiweißartigen Bestandteile des Saftes beruhenden Fäulnisvorgänge im wesentlichen auf den Ort und den Umfang der Ursachen beschränkt bleiben, sind die Zerstörungen, die das Holz infolge von Spaltpilzen erleidet, darum um so gefährlicher, weil sie, lange Zeit unbemerkt, sich schnell verbreiten und das gesamte Holzwerk des Gebäudes befallen und zerstören. Man faßt diese Pilze unter dem Namen „Schwamm“ zusammen. Der verbreitetste und gefährlichste unter ihnen ist der sog. echte Hausschwamm: *Merulius lacrimans*.

Die eingehenden wissenschaftlichen Untersuchungen der letzten Jahre über das Wesen des Hausschwamms haben zwar schon viel Licht in die Sache gebracht, doch

ist es bei der Schwierigkeit des Gegenstandes noch nicht gelungen, eine allseitig anerkannte Theorie seiner Ursachen und Erscheinungen aufzustellen.

Die Sporen, aus denen sich das Gewächs entwickelt, sind etwa  $\frac{1}{100}$  mm lang und können auf dreierlei Weise in das Gebäude hineingelangen. Entweder werden sie hineingetragen oder hineingeweht oder sie sind an verbauten Holzteilen vorhanden, die aus einem schwammkranken Hause stammen, oder sie sind in dem Holz bereits im Walde bzw. auf dem Lagerplatz enthalten gewesen. Gelangen diese Sporen mit dem Holz nun an eine Stelle des Baues, die der Entwicklung des Pilzes günstig ist, so beginnen sie zu keimen und zu wachsen. Zu ihren Entwicklungsbedingungen gehört in erster Linie Dunkelheit, ruhende Luft und ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt bei einer mäßigen Wärme (siehe unten). Es erscheinen zunächst zahlreiche kleine weiße Punkte, die sich mit einem seidigen, weichen, feuchten Flaum überziehen und sich zu größeren Flecken vereinigen.

Allmählich verwandeln sich diese in ein blätterartiges, dickes, graues bis gelbes Fadengeflecht, an dem einzelne Wassertropfen hängen. Von ihm aus verbreiten sich unzählige feine Fäden über und durch die ganze Holzmasse, immer neue Gewächse bildend, vereinigen sich zu großen Flächen und zerstören alles ihnen erreichbare Holz, indem sie nicht nur die organischen Bestandteile herausaugen, sondern auch die ganze Holzfaser selbst vernichten. Hat der Schwamm das Holz vollständig ausgesogen, so trocknet er zu einer lederartigen, sich fettig anführenden Masse ab. Am ersten verrät er sich, da er dem Auge ja meist verborgen bleibt, durch den eigenartigen modrigen Geruch. Das von ihm zerstörte Holz färbt sich dunkelbraun, reißt auf und verwandelt sich in eine brüchige, pulverartige Masse. Mit Farbe gestrichenes Holz zeigt kleine Auftreibungen der Farbschicht zu Beginn der Zerstörung. Bei fortschreitendem Verfall gibt das Holz beim Anschlagen einen dumpfen Klang und verliert sehr bald jede Widerstandsfähigkeit gegen Schlag oder Druck.

Da das Auftreten von Schwamm sehr häufig erst bemerkt wird, wenn die Zerstörung bereits weit vorgeschritten ist, so ist er als ein gefährlicher Feind des Holzes zu betrachten, und es sind beim Bauen alle Maßregeln sorgfältig zu treffen, um eine Entwicklung der etwa im Holz vorhandenen Schwammsporen unmöglich zu machen. Indessen ist bei rechtzeitiger Erkenntnis des Übels die Gefahr keineswegs so groß, wie sie vielfach gemacht wird. Bei gründlicher Behandlung der vom Schwamm befallenen Teile beträgt der Minderwert eines solchen Hauses nicht mehr als die Kosten der Ausbesserung, und niemals derartig hohe Summen, wie sie in den berüchtigten „Schwammprozessen“ heutzutage so häufig gefordert werden.

Die Mittel, die man zur Verhütung der Holzfäulnis und des Schwamms anwendet, greifen schon auf die Zeit des Fällens und die Behandlung des Holzes vor der Verwendung im Bau zurück. Im Dezember gefälltes Holz soll wegen seines geringeren Saftgehalts weniger zur Fäulnis neigen als Sommerholz. Sodann entzieht man dem Holz durch geeignete Behandlung den ganzen Saft (siehe unten) und sorgt für gute Trocknung des Holzes. Leider läßt sich ja nun beim Bauen das Wiedernaßwerden der Balken usw. nicht vermeiden, da die Maurerarbeiten viel Nässe hineinbringen, auch Regen das Holzwerk, solange das Dach noch nicht eingedeckt ist, durchfeuchtet. Um so mehr ist durch geeignete Wahl der Konstruktionen dafür zu sorgen, daß dem Holz im Rohbau die Möglichkeit des guten Austrocknens an allen Seiten gewahrt wird. Besonders gefährliche Stellen in der Beziehung sind die, an denen das Holz dauernd mit dem

Mauerwerk — sehr bald sogar unter Luftabschluß — in Verbindung steht, z. B. die Balkenaufleger, die Mauerschwellen und -latten, Lagerhölzer für Kellerfußboden und ähnliches. Erstere sollen daher an den Seiten und oben mit trockenen Steinen ohne Mörtel ummauert werden, so daß sie von der Luft noch umspült werden können, ohne aus der Mauer Nässe anzuziehen. Zu dem Zweck werden sie am besten noch mit einem fäulniswidrigen Stoff getränkt (siehe unten). Lagerhölzer im Keller sollen gut gegen aufsteigende Feuchtigkeit isoliert werden. Die Einzelheiten dieser Anordnungen gehören in das Gebiet der Konstruktionen und können daher hier übergangen werden. Ein zweiter wichtiger Punkt ist das Austrocknen des Gebäudes, was bei unserer so ungesund schnell bauenden Zeit fast nie im nötigen Grade stattfindet. Das Verputzen der Decken, das Einbringen von Türen und Fenstern, das Aufbringen der Fußböden, womöglich sogar des völlig luftabschließenden Linoleums auf die Balkenlagen verhindern eine regelrechte Luftbewegung und damit ein ordentliches Austrocknen und begünstigen die Fäulnis und Schwammbildung ungemein. Sodann ist altes Holz aus andern Bauten nur mit großer Vorsicht zu verwenden und wenn man die Sicherheit hat, daß es keinerlei Keime oder Sporen enthalten kann. Die Ausfüllung der Deckenfelder mit Bauschutt ist eine der gefährlichsten Unsitten, die die falsche Sparsamkeit geschaffen hat, da außer der darin enthaltenen Nässe und Unreinigkeiten (Urin!) auch sehr häufig Schwammsporen in die Decken eingebracht werden, die sich an den für sie sehr günstig liegenden Verhältnissen sehr bald entwickeln. Das Einbringen von reinem geglähten Sand oder ebensolcher Koksasche ist zwar teurer, hat aber die großen Vorzüge, daß sie nicht nur fast ganz frei von organischen Bestandteilen sind, sondern durch ihre Wärme viel zur Austrocknung der Balkenlagen beitragen.

Als vorbeugende Mittel für Hölzer, die im Freien stehen oder der Feuchtigkeit viel ausgesetzt sind, verwendet man Anstriche, welche der Feuchtigkeit das Eindringen verwehren sollen oder selbst fäulnistötend sind. Dazu gehören mehrfache Anstriche mit heißem, reinem Leinöl oder mit guter Ölfarbe und Lack. Hölzer, die im Erdboden stecken, erhalten am einfachsten einen Schutz durch Ankohlen des in der Erde steckenden Teils und darauffolgenden Anstrich mit heißem Teer; doch soll die Kohleschicht möglichst frei von Rissen sein, was schwer zu erzielen ist. Alles zu streichende Holz muß gut getrocknet sein. Gründlicher schützt man Holz, indem man nicht nur einen Anstrich auf der Oberfläche ausführt, sondern das ganze Holz mit fäulniswidrigen Stoffen trinkt. Die Art der Wirkung kann entweder die sein, daß man die Saftbestandteile des Holzes chemisch umwandelt, so daß sie sich nicht zersetzen können, oder daß man sie auf mechanischem Wege austreibt und durch antiseptische Stoffe ersetzt. Zu diesen gehören namentlich einige Metalloxyde, wie Quecksilbersublimat, Kupfervitriol, Zinkchlorid und Kreosotöl. Von den verschiedenen Verfahren des Durchtränkens haben sich das von *Burnett* mit Zinkchlorid und von *Bethell* mit Kreosotöl am besten bewährt. Die Hölzer werden gut getrocknet in einen dichtschießenden eisernen Kessel gebracht. Vermittels einer Luftpumpe wird die Luft im Kessel verdünnt und dann die betreffende Lauge unter mehrfachem Atmosphärendruck eingepreßt, so daß sie die Poren durchdringt. Besonders Kreosotöl ist zu empfehlen, da es die Festigkeit des Holzes erhöht und die Wasseraufnahme erheblich oder ganz herabsetzt.

Ist das Vorhandensein von Schwamm festgestellt, so gilt es, ihm seine Lebensbedingungen — Dunkelheit, Feuchtigkeit und stillstehende Luft — zu entziehen.

Man legt die Teile, die vom Schwamm befallen sind, frei, entfernt zunächst alles zerstörte und kranke Holz und verbrennt es. Dann sorgt man für gründliche Austrocknung der Stellen und für Zugluft. Das Trocknen geschieht je nach den Verhältnissen durch Heizen der Öfen, Aufstellung von Kokskörben oder bei geringerem Umfang der nassen Stellen durch Brennen von sogenannten Glühkohlen (*Deutsche Glühstoff-Gesellschaft m. b. H.*, Berlin). Diese rechteckig gepreßten Kohlen werden auf unverbrennlicher Unterlage (Ziegelstein, Blech u. dgl.) an die feuchte Stelle gebracht und dort entzündet; sie entwickeln genügend Wärme, um feuchte Stellen nicht zu großen Umfangs zu trocknen. Für umfangreichere Austrocknungen hat sich auch das Verfahren der Firma *Türk & Co.*-Berlin gut bewährt. Es beruht darauf, daß mittels besonders gebauter Koksöfen frische Luft von draußen in den Raum hineingesaugt, stark erhitzt, und die im Raum befindliche warme feuchte Luft hinausgedrückt wird. So findet eine dauernde Erneuerung der Luft statt, die ja bei allen Trockenarbeiten besonders wichtig ist.

Nach dem Trocknen der Stellen und dem Ersatz der zerstörten Hölzer durch neue streicht man dieselben sowie die ganze Umgebung und sonstige verdächtige Holzteile mit desinfizierenden Stoffen. Solche sind u. a. Antimerulion (bestehend aus Wasserglas, einer kieselsauren Natronlösung in Verbindung mit Chlorid), Mykothanaton (Kochsalzlösung mit Schwefelsäure), Avenarius-Carbolineum (Stuttgart), Imprägnieröl aus Steinkohlenteer), „Raco“ (von derselben Firma) und Antinonin (*F. Bayer & Co.*-Elberfeld). Besonders wirksam und nicht teuer sind die beiden letztgenannten, und zwar Carbolineum für unbewohnte Räume und im Freien, da es stark nach Teer riecht und das Holz braun färbt, aber wasserfest ist, und „Raco“ oder Antinonin für Wohnräume. Letzteres ist eine rötlichgelbe, dickflüssige Masse, die in 40 bis 50 Teile heißen Wassers aufgelöst wird und vollständig geruchlos ist. Alle diese Mittel haben den weiteren Vorteil, das Holz auch vor Wurmfraß zu schützen.

Nach neueren Forschungen soll die Lebensfähigkeit des Hausschwamms auch an bestimmte Temperaturgrenzen — etwa zwischen 16 und 28° C<sup>1)</sup> — gebunden sein, sodaß man, wenn man Holzwerk, das des Schwamms verdächtig oder damit behaftet ist, einige Zeitlang — 2 bis 3 Stunden — über die Temperatur hinaus erhitzt, den Schwamm zum Absterben bringen könnte. Vereinzelt Versuche dieser Art sollen von Erfolg begleitet gewesen sein (vgl. *Deutsche Bauzeitung* Nr. 60 vom 25. Juli 1908). Ob und inwieweit die Anwendung einer niederen Temperatur den Hausschwamm abzutöten imstande ist, ist noch nicht festgestellt. Sollte es der Fall sein, so hätte man in dem Auswintern bzw. Durchfrieren eines Rohbaus den einfachsten und besten Schutz gegen die Entwicklung der etwa bereits im Bau vorhandenen Schwammsporen. Daß aber zur Entwicklung der Sporen in erster Linie ein Überschuß von Feuchtigkeit notwendig ist, scheint jetzt bewiesen zu sein.

Zu den dem Tierreich angehörigen Schädlingen des Holzes gehören die Larven einiger Käfer, Hautflügler und Schmetterlinge. Die Tiere setzen ihre Eier in der Rinde ab und die ausschlüpfenden Larven oder Raupen bohren sich in das Holz ein. Da sie ihre Nahrung nur in der im Saft enthaltenen Stärke finden, so finden sich die Bohrlöcher fast nur im saftreichen Holz, d. h. dem Splintholz, welches gleichzeitig das weichere ist. Dies Befallen der Hölzer vom „Wurmfraß“ findet teilweise schon im Walde

<sup>1)</sup> Nach anderen (Dr. *Falck* u. a.) 3° und 36°, am besten 18° und 22°. *Centralblatt der Bauverwaltung* vom 23. Januar 1909, Nr. 7.

statt, teils auch erst nach der Verwendung des Holzes. Die in Frage kommenden Insekten sind folgende<sup>1)</sup>: 1. der Klopff- oder Bohrkäfer (Totenuhr genannt wegen seines dem Ticken der Uhr ähnlichen Klopfens) (*Dermestes domesticus*); 2. der gemeine Borkenkäfer (*Bostrichus typographus*); 3. der Fichtenborkenkäfer (*Bostrichus pini-perda*); 4. der Holzbohrkäfer (*Ptinus pertinax*); 5. der lederartige Bockkäfer (*Cerambyx coriarius*); 6. der Hausbockkäfer (*Cerambyx aedilis*); 7. der Tannenbockkäfer (*Cerambyx nebulosus*); 8. der Bohrwurm (*Teredo navalis*); 9. der Weidenbohrer (*Cossus ligniperda*), Raupe; 10. Fichtenspinner (Nonne) (*Liparis monacha*), Raupe; 11. Kiefernspanner (*Fidonia piniaria*), Raupe; 12. Riesenholzwespe (*Sirex gigas*).

Der Wurmfraß, der die Festigkeit des Holzes in leicht erklärlicher Weise beeinträchtigt, ist bald an den Bohrlöchern, an dem ausgeworfenen Bohrmehl und bei einigen Käfern am Geräusch des Bohrens zu erkennen. Die dagegen anzuwendenden Mittel sind je nachdem das Holz schon befallen ist oder nicht, abhelfende oder vorbeugende. Zu den letzteren gehört die alte, praktische Regel, die Stiele im Bau nie ihrem Wachstum entsprechend, sondern mit dem Zopfende nach unten aufzustellen, da der Wurm diese Hölzer angeblich meidet. Da er seine Nahrung nur im Saft des Holzes findet, bildet das Auslaugen der Stämme ein gutes Schutzmittel, wie denn überhaupt die zur Verhütung der Fäulnis angewandten Imprägnierungsmittel auch meist Schutz gegen Wurmfraß bedeuten. Außerdem wendet man Überzüge des Holzes mit fettigen, harzigen Stoffen, Ölen, Firnissen, Petroleum, oder mit Kupfer- oder Zinkvitriol, Kreosot, Sublimat und ähnliche an.

Ist das Holz vom Wurm bereits befallen, so träufele oder spritze man Salzsäure oder Sublimat in die Bohrlöcher ein, um die Larven zu töten. Empfohlen wird auch ein mehrmaliger Anstrich mit kochendheißer Seifensiederlauge, der man Kochsalz zugesetzt hat. Bei kleineren Stücken, wie Möbeln u. dgl., ist ein Ausräuchern mit Benzindämpfen (feuergefährlich!) zu empfehlen.

Welches dieser Mittel am besten zur Anwendung gelangt, werden die jedesmaligen Umstände entscheiden müssen.

Zum Schluß noch einige Worte über die Verbrennbarkeit des Holzes. Alle Versuche der Technik, das Holz unverbrennlich zu machen, sind bisher gescheitert, man hat aber erreicht, daß das Holz sehr schwer brennbar gemacht werden kann und nicht mehr mit offener Flamme verbrennt, sondern nur verkohlt. Damit ist dem weiteren Umsichgreifen von Feuer jedenfalls schon stark vorgebeugt, wenngleich man auch die Zerstörung der dem unmittelbaren Feuer lange ausgesetzten Holzteile nicht verhüten kann. Derartige Schutzmittel bestehen entweder in einem Bestreichen der Oberfläche oder einem Imprägnieren des Holzes mit einem die Brennbarkeit einschränkenden Stoff. Das sind z. B. Wasserglaslösungen, denen man geschlammten Ton, Kreide oder Knochenasche zugesetzt hat, eine Lösung von Chlorcalcium mit Zusatz von Kalkbrei, eine Mischung von Schwerspatpulver, Zinkweiß, Wasserglas und Wasser.

Einen Übelstand, den viele dieser und ähnlicher Imprägnierungsmittel zeigen, nämlich daß sie das Holz stark hygroskopisch machen und selbst in Form einer konzentrierten Salzlake tropfenförmig an die Oberfläche treten, soll das der Firma *Hülberg*-Berlin patentierte Verfahren nicht aufweisen; außerdem soll es einen guten Schutz gegen Fäulnis bilden. Brennproben kleiner Holzhäuser aus imprägniertem bzw. nicht imprägniertem Holz haben die große Feuerbeständigkeit des ersteren nachgewiesen.

<sup>1)</sup> Nach *W. Lange*: Das Holz als Baumaterial.

#### 4. Gewinnung und Verarbeitung zu Bauholz.

Wann die beste Zeit zum Fällen des Holzes und ob der Zeitpunkt überhaupt von großem Einfluß auf die Güte des Holzes sei, darüber gehen die Meinungen immer noch vielfach auseinander. Allgemein nimmt man den Dezembermonat als den zur Fällung geeignetsten Zeitpunkt an; weniger empfiehlt sich der Sommer, am wenigsten der Herbst dazu. Ob im Dezember gefälltes Holz unter sonst gleichen Umständen dem in andern Monaten gefällten vorzuziehen sei, ist wohl wissenschaftlich schwer nachzuweisen. Jedenfalls ist der Saftumlauf und Wassergehalt der Bäume zur Winterzeit am geringsten, und somit gestaltet sich das Trocknen des Holzes günstiger als im Sommer bei dem großen Saftreichtum. Die Erfahrung will festgestellt haben, daß Winterholz härter sei und weniger zum Faulen und zur Schwammbildung neige als Sommerholz. Ist man durch örtliche Verhältnisse nicht in der Lage, im Winter zu fällen (Schnee im Gebirge), so wird man genötigt sein, die etwaigen Nachteile der andern Jahreszeit durch sorgfältige Behandlung nach dem Fällen unschädlich zu machen. Das Fällen selbst geschieht, indem man mittels Axt oder Säge den Baum möglichst dicht über dem Erdboden erst von der einen Seite aus bis über die Mitte einschneidet, dann von der andern Seite aus dem Schnitt entsprechend entgegengerht,



Abb. 106. Fahrbare Säge beim Fällen des Baumes.

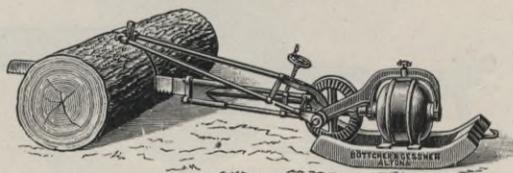


Abb. 107. Fahrbare Säge beim Zerschneiden der Stämme.

(Böttcher & Gefner-Altona.)

bis der Baum fällt. Ist der Boden weich und die Wurzeln des Baumes nicht zu tief, kann auch ein Ausroden, d. h. Abgraben und Abhauen der Wurzeln stattfinden. Neuerdings benutzt man vielfach Maschinen dazu, die einen starken glühenden Platindraht durch den Stamm hindurchbewegen oder eine fahrbare Säge, welche durch Elektromotor bewegt, sowohl zum Fällen der Bäume als auch zum darauffolgenden Zerschneiden benutzt werden kann (siehe Abb. 106 und 107). Nach dem Fällen entfernt man die Äste durch Abhauen und schneidet dann die Krone selbst ab, d. h. der Baum wird „gezopft“. Man nennt danach das obere Ende des Stammes „Zopfende“ im Gegensatz zu dem unteren „Stammende“, seinen oberen Durchmesser „Zopfstärke“. Von dem früheren Verfahren des „Bewaldrechtens“, d. h. des viereckig Behauens mit der Axt, ist man abgekommen. Die Stämme bleiben rund bis zu ihrer weiteren Aufteilung. Von großer Wichtigkeit für Güte und Haltbarkeit des Holzes ist das sachgemäße und gründliche Trocknen. Während man bei Nadelbäumen meist die Rinde beläßt, damit das Harz nicht ausfließt, sondern dem Stamm erhalten bleibt, ist bei Laubbäumen das teilweise Entfernen der Rinde notwendig, damit der Stamm schneller austrocknet und besonders in warmer Jahreszeit nicht „anläuft“ (siehe dieses). Hierzu neigen z. B. Roßkastanie, Ahorn und Esche sehr. Ein gänzlich Entfernen der Rinde ist schädlich, da das Splintholz dann zu schnell trocknen und bei seinem großen Wassergehalt gegenüber dem Kernholz zu stark schwinden und reißen würde. Man entfernt deshalb

die Rinde teilweise, meist in schraubenförmigen Windungen, um den Stamm herum. Aus demselben Grunde empfiehlt es sich, die Hirnflächen der Stämme durch Aufnageln von Brettstücken, Anheften von Papier oder Leinwand oder Bestreichen mit Lehm gegen zu schnelles Austrocknen und Rissigwerden zu schützen. Die Stämme dürfen nicht auf der feuchten Erde liegen bleiben, sondern müssen auf Unterlagen gelegt werden, damit sie die Luft von allen Seiten umspülen kann. Das Trocknen geschieht am besten in bedeckten, seitlich offenen, hölzernen Schuppen, in denen sie den unmittelbaren Einwirkungen von Sonne und Regen entzogen sind, während die Luft von allen Seiten freien Zutritt hat. Das Trocknen dauert je nach den Umständen und der Holzart 1 bis 4 Jahre, am längsten beim Eichenholz. Daß man Hölzer, die unter Wasser Verwendung finden — Grundpfähle, Spundbohlen u. dgl. — nicht erst zu trocknen braucht, sei nur beiläufig erwähnt. Über die künstlichen Trockenanlagen, welche bestimmt sind, dem Holz den sämtlichen Wassergehalt zu entziehen, wird bei den Tischlerarbeiten gesprochen werden, da sie ausschließlich für diese in Betracht kommen. Da, wie oben erläutert, die Bestandteile des Saftes am leichtesten in Fäulnis übergehen und der Wurm erfahrungsgemäß dem Saft nachbohrt, so ist man bestrebt, den Saft aus dem Baum zu entfernen. Dies geschieht, indem man die Krone nach dem Fällen an dem Baum noch dran läßt, so daß die Blätter bzw. Nadeln noch den im Stamm

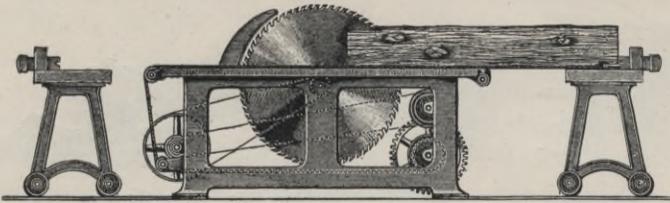


Abb. 108. Stammholz-Kreissäge. (A. Goede-Berlin.)

befindlichen Saft zum Weiterwachsen verbrauchen oder, indem man die Stämme senkrecht zum Trocknen aufstellt, so daß der Saft — wenigstens teilweise — auslaufen kann oder am gründlichsten, indem man sie in fließendes Wasser legt, mit dem Stammende stromaufwärts, so daß das Wasser den Saft herausspülen kann. Dieses Holz nennt man „Wasserholz“ im Gegensatz zu dem nicht gewässerten „Borkholz“. Das Flößen der Hölzer verbindet also diesen Vorteil mit dem weiteren der Billigkeit des Transportes.

Das weitere Bearbeiten der Rundstämme zu Bauholz geschah früher mit Beil und Schrotsäge, indem der Stamm durch Entfernen der vier „Schwarten“ viereckig gemacht wurde. Heute findet diese Bearbeitung mittels Handbetrieb fast nur noch in kleineren Verhältnissen statt. Im allgemeinen geschieht das Verarbeiten der Stämme zu Bauholz in Sägemühlen mit Maschinenbetrieb. Das Abschneiden der Schwarten und Zerschneiden der Stämme zu Halb- und Kreuzholz besorgt die Kreissäge, wie Abb. 108 sie darstellt. Ein kreisförmiges Sägeblatt ist in einem Spalt eines hölzernen oder eisernen Tisches so gelagert, daß es senkrecht zur Tischplatte steht und durch Vorgelege und Riemen in schnelle drehende Bewegung versetzt werden kann. Die Baumstämme liegen auf Blockkarren mit Rädern und werden durch ein an ihrem Ende befestigtes, auf eine Rolle am Säge Tisch sich aufrollendes Seil selbsttätig an die Säge heran- und durchgezogen. Denselben Zweck haben die Bandsägen, von denen Abb. 109 eine darstellt. (Der Tisch ist für Sägemühlen als langer Gleittisch zu denken.) Ein Sägeband ohne Ende geht über zwei Räder von ziemlich großem Durchmesser, von denen das untere maschinell gedreht wird; das obere Führungsrad wird durch ein Hebelgewicht dauernd angehoben, so daß sich das Sägeblatt in elastischer Spannung

findlichen Saft zum Weiterwachsen verbrauchen oder, indem man die Stämme senkrecht zum Trocknen aufstellt, so daß der Saft — wenigstens teilweise — auslaufen kann oder am gründlichsten, indem man sie in fließendes Wasser

befindet. Die Bandsäge findet in der auf der Abbildung dargestellten Form vielfach in der Tischlerei Anwendung.

Zum Schneiden von Brettern und Bohlen bestimmter Stärke aus dem Baumstamm dienen die Gatterwerke, von denen Abb. 110 ein Vollgatter darstellt. In einem

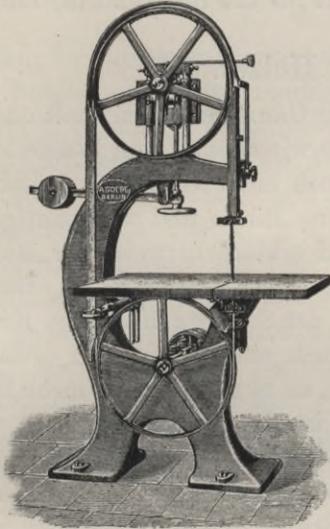


Abb. 109. Bandsäge.  
(A. Goede-Berlin.)

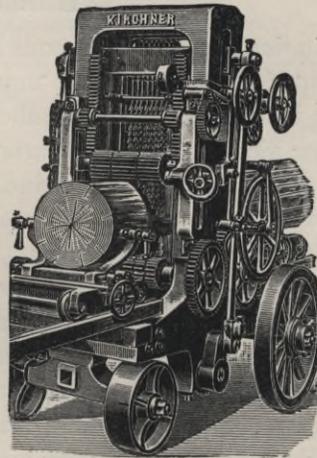


Abb. 110. Vollgatter.  
(Kirchner & Co., A. G., Leipzig-Sellerhausen.)

starken, senkrecht stehendem eisernen Rahmen ist ein auf- und abwärtsbeweglicher Rahmen mit einer Anzahl von parallel zueinander stehenden Sägen eingebaut, deren Entfernung voneinander die Stärke der geschnittenen Bretter bedingt. Die Stämme werden auf kleinen Rollkarren befestigt, welche auf Geleisen laufen, und dem Gatter zugeführt, der Vorschub geschieht mittels zweier am festen Rahmen befindlichen, geriffelten Walzen, welche sich selbsttätig drehen. Die ganze Gattersäge ist auf einem fahrbaren Gestell aufgebaut und kann infolgedessen nach Bedarf versetzt werden, so daß das Heranbringen sämt-

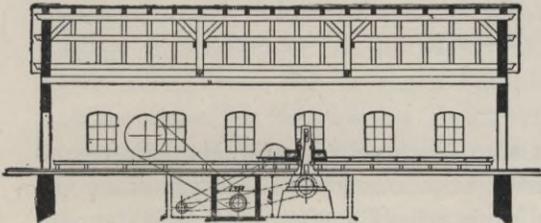


Abb. 111.

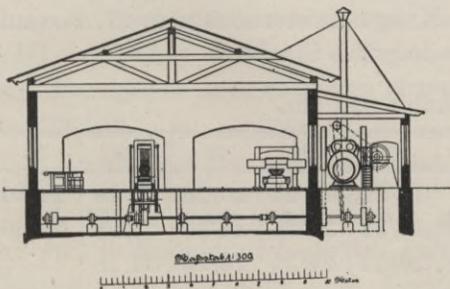


Abb. 112.

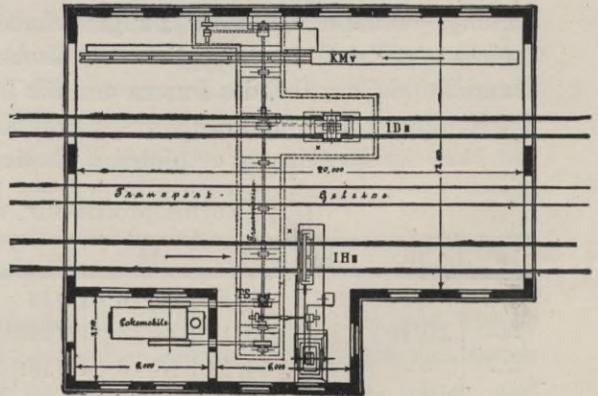


Abb. 113.

Abb. 111 bis 113. Längsschnitt, Querschnitt und Grundriß eines Sägewerkes. (Böttcher & Geßner-Altona.)

licher einzelnen Stämme an die Säge nicht erforderlich ist. Ähnliche Maschinen sind die Horizontalgatter mit ein oder zwei horizontal beweglichen Sägeblättern. Die ungefährere Einrichtung eines mittelgroßen Sägewerks mit einem Walzen-Vollgatter, einem Horizontalgatter, einer Besäum-Kreissäge sowie einer Sägeschärfmaschine, sämtliche durch eine Lokomobile betrieben, gibt die Abb. 111 bis 113 in Grundriß, Längs- und Querschnitt an.

### 5. Handelsformen des Holzes.

Das in den Handel kommende Holz ist entweder Ganzholz, Schnittholz oder Spaltholz. Unter Ganzholz versteht man die Stämme so wie sie aus dem Walde kommen, und zwar nennt man sie „Rundholz“, wenn sie noch nicht vierkantig behauen oder beschnitten sind (Abfall, Schwarten!) mit oder ohne Rinde und waldkantiges Holz, wenn die Schwarten entfernt sind. Spaltholz wird erklärlicherweise für Bauzwecke wenig benutzt, dagegen für Herstellung von Staken und Dachschindeln. Das meiste Bauholz ist Schnittholz und zwar, je nach der Art der Schnitte Halbholz, Kreuzholz, breites Schnittholz oder Schwarten. Ganzholz, auch einstieliges Holz genannt, ist wertvoller als Kreuz- und Halbholz gleicher Stärke, da es naturgemäß mehr Kernholz enthält und sich nicht so leicht werfen kann; doch ist Kreuz- und Halbholz, weil von älteren Bäumen stammend, besser ausgewachsen. Man verlangt gewöhnlich für Hölzer von 256 qcm Querschnitt und darunter Kreuz- oder Halbholz. Breites Schnittholz sind Bohlen und Bretter verschiedener Stärke, Schwarten die äußersten segmentförmigen, teilweise oder ganz mit Rinde bedeckten Bretter.

Nach der Stärke teilt man das Bauholz in 8 Klassen ein<sup>1)</sup>:

1. Extrastarkes Bauholz . . . . .	über 14,5 m lang, 31—36 cm Zopfstärke
2. Starkes Bauholz . . . . .	12,5—14,5 „ „ 26—31 „ „
3. Mittelbauholz . . . . .	11,3—12,5 „ „ 18—24 „ „
4. Kleinbauholz . . . . .	9,5—12,5 „ „ 13—16 „ „
5. Bohlstämme . . . . .	7—9 „ „ 13 „ „
6. Lattenstämme . . . . .	6—7 „ „ 8 „ „
7. Schwammbaum oder rindschaliges Holz	9—12,5 „ „ 21—26 „ „
8. Sägeblöcke, der unterste Teil der Stämme für Bohlen, Bretter, Latten . . . . .	5—8 „ „ 21—26 „ „

Zur Erzielung einheitlicher Holzstärken sind Normalprofile für Bauhölzer vom Innungs-Verband deutscher Baugewerksmeister angenommen und durch einen gemeinsamen Erlaß der Königlich Preußischen Ministerien für öffentliche Arbeiten, für Handel und Gewerbe, des Innern und für Landwirtschaft, Domänen und Forsten vom 12. November 1896 und des Königl. Preußischen Kriegsministeriums vom 27. November 1896 zur Einführung empfohlen. Es sind dies folgende Stärken:

Normalprofile für Verbandholz in cm.

8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8/8	8/10	10/12	10/14	12/16	14/18	14/20	16/22	18/24	20/26	22/28	24/30
—	10/10	12/12	12/14	14/16	16/18	16/20	18/22	20/24	24/26	26/28	28/30
—	—	—	14/14	16/16	18/18	18/20	20/22	24/24	26/26	28/28	—
—	—	—	—	—	—	20/20	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> *Issel*: Handlexikon der gebräuchlichsten Baustoffe.

## Für Schnittmaterial.

(Bretter, Bohlen, Pfosten, Latten.)

In Längen von 3,50, 4,00, 4,50, 5,00 5,50, 6,00, 7,00 und 8,00 m.

In Stärken von 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 und 150 mm.

Besäumte Bretter in Breiten von Zentimeter zu Zentimeter steigend.

Bei Bohlen und Brettern unterscheidet man Stammware (Tischlerware), besäumte Ware und Zopfware<sup>1)</sup>. Stammware ist aus stärkeren Stammenden geschnitten, hat gesunde, höchstens mittelgroße Äste und ist gepflegt. Besäumte Ware ist aus jüngeren Stämmen geschnitten und weniger gepflegt; Zopfware enthält größere bzw. langaufgeschnittene Äste.

„Möglichst astfreie Bretter“ haben gesunde, bis 3 cm im Durchmesser große Äste und können auf jedes Meter Brettlänge bei ganzer Brettbreite 1 cm konisch bearbeitet geliefert werden. Gewöhnliche Fußböden werden aus ganzen Brettbreiten gefertigt. Riemenfußböden bestehen aus im Kern aufgetrennten Brettern; gehobelte Fußböden für Wohnungen sind aus Stammware zu fertigen; gehobelte Wand- und Deckenbretter sind aus Stamm- bzw. gepflegter, besäumter Ware zu fertigen; rauhe Fußböden, Dach-, Wand- und Deckenschalungen werden aus besäumter bzw. Zopfware gefertigt. „Astfreie Bretter“ sollen auf 4 m Länge keine Äste, darüber hinaus nur gesunde, kleine Äste enthalten.

## 6. Die einzelnen Arten.

Die Verwendung der einzelnen Holzarten für Bauzwecke hängt im wesentlichen von der Gegend, dem häufigen Vorkommen des Baumes bzw. seinem leichten Transport zur Verwendungsstelle, d. h. von seinem Preise ab. Das für die Zimmerarbeiten erforderliche Bauholz bedarf großer Abmessungen nach Stärke und Länge. Insofern eignen sich dazu in erster Linie die Nadelhölzer, da sie geradwüchsiger, länger, gleichmäßiger und astreiner als die meisten Laubhölzer sind. Außerdem bietet ihr Harzgehalt schon etwas Schutz gegen Fäulnis. Dagegen eignen sich die Laubhölzer vielfach mehr für die Zwecke der Tischlerarbeiten, da das Holz nicht in so großen Abmessungen gebraucht wird, außerdem feiner im Wuchs, schöner in Farbe und Maserung ist und durch Beizen und Polieren wundervolle Farben annimmt. Die vom Zimmermann hauptsächlich verwandten Holzarten, die auch gleichzeitig die im Tischlerhandwerk am meisten gebräuchlichen sind, werden an dieser Stelle besprochen werden, während die vom Tischler allein benutzten Laubhölzer und ausländischen Arten im Abschnitt VIII behandelt werden. Zahlenangaben über Schwindmaße, spezifische Gewichte und Festigkeiten der einzelnen Arten sind aus den Zusammenstellungen S. 137—139 zu ersehen.

### a) Nadelhölzer.

1. Kiefer, Föhre (*Pinus silvestris*). Erreicht eine Höhe bis zu 40 m und Stärke bis zu 1 m Stammdurchmesser. Das Holz ist gelblich-rötlich mit deutlich sichtbaren Jahresringen und dunklerem Kern; sehr harzreich, grob, langfaserig, härter und

<sup>1)</sup> Nach dem Jahrbuch der Innung: Bund der Bau-, Maurer- und Zimmermeister zu Berlin.

schwerer als Tannen- und Fichtenholz. Im Norden und Osten Deutschlands meist verwandtes Bauholz für sämtliche Zimmer- und Tischlerarbeiten. Kennzeichen: Äste schräg zur Stammrichtung.

**2. Tanne, Weiß-, Silber-, Edeltanne** (*Abies pectinata*). Erreicht bei einer Höhe bis zu 40 m eine Stärke bis zu 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m. Stamm kerzengerade, Holz ist weiß bis gelblich, schlicht und langfaserig mit breitem Splint, leicht, elastisch, zähe, wenig harzreich. Vorzügliches Bauholz für große Längen. Verwendung im Süden und Westen Deutschlands für alle Arbeiten des Zimmerers und Tischlers.

**3. Fichte, Rottanne** (*Abies excelsa*). Bei ähnlichen Stammabmessungen wie Kiefer und Tanne ist das Holz gelblich-rötlich, leicht, weich zu verarbeiten, grobfaserig, fester und harzreicher wie Tannenholz. Seine Verwendung ist wie die der vorigen. Die Fichte ist hauptsächlich in gebirgigen Gegenden heimisch.

**4. Lärche** (*Larix europaea*). Stammabmessungen geringer wie die der vorigen Hölzer. Das Holz ist gelblich-rötlich, im Kern rot bis braun, mit sichtbaren Markstrahlen und Jahresringen, grob, hart, harzreich, leicht, zähe, gut spaltbar und sehr dauerhaft. Es gilt als bestes Bauholz, besonders da es von Würmern nicht angegangen wird. Es neigt dagegen zum Drehwuchs und wirft sich leicht. Einer größeren Verwendung als Bauholz stehen leider seine verhältnismäßige Seltenheit und daher sein hoher Preis entgegen.

#### b) Laubhölzer.

**Eiche.** Unter den heimischen Laubhölzern ist das Eichenholz das wertvollste und verbreitetste Bauholz. Es liefern zwei Arten: Stiel- oder Sommereiche (*Quercus robur*) und Stein- oder Wintereiche (*Quercus sessiliflora*), deren Holz ziemlich gleichwertig ist. Es ist von gelber bis grauer Farbe, das der Sommereiche etwas heller, schwer, hart, sehr fest und zähe, von großer Dauerhaftigkeit selbst im Wechsel von naß und trocken. Das stark gerbsäurehaltige Holz zeigt große blanke Spiegel. Es findet Verwendung für sämtliche bessere Bauarbeiten, zu Arbeiten im Wasser, zur Herstellung von Möbeln.

#### c) Ausländische Hölzer.

Seit einer Reihe von Jahren kommen einige ausländische Holzarten auf den deutschen Markt, welche sich allgemein durch große Härte und Festigkeit auszeichnen und infolge ihres dichten schweren Gefüges sowie eines sehr starken Harzgehaltes meist von großer Dauerhaftigkeit sind, da diese Eigenschaften sie gleichzeitig schwer brennbar machen und für Wurmfraß unzugänglich. Ihre hohen Anschaffungskosten werden daher durch Güte und Dauerhaftigkeit der Hölzer ausgeglichen. Die wichtigsten für Bauholz in Frage kommenden Arten sind folgende:

**1. Pechkiefer, Pitch-pine** (*Pinus rigida*, *Pinus ponderosa*, *Pinus taeda*, *Pinus australis*), ein von verschiedenen amerikanischen Kiefern stammendes Bauholz. Es ist rötlichgelb, im Kern dunkelbraun, sehr harzreich, härter, fester und schwerer als die europäische Kiefer, schön schlicht gewachsen, fast ganz astrein und sehr dauerhaft, auch im Wechsel von Naß und Trocken. Verwendung an Stelle unseres Eichenholzes, besonders für Fußböden. Ihm verwandt ist das Yellow-pine-Holz (gelbe amerikanische Kiefer). Es besitzt dieselben Eigenschaften, ist nur in der Farbe gelber und nicht so harzreich wie Pitch-pine, von dem es eine durch Verschiedenartigkeit des Bodens erzeugte Abart ist.

2. **Australisches Hartholz, Karri und Jarrah** (*Eucalyptus diversicolor* und *marginata*). Hart, fest, schwer, rötlichbraun, von dichtem, feinem Gefüge, fast unbrennlich, sehr dauerhaft. Zu Hafen- und Wasserbauten und als Grundswellen sehr geeignet, dgl. als Holzpflaster, in England viel verwandt.

3. **Indische Eiche, Teakholz** (*Tectona grandis*), hellbraun, an der Luft nachdunkelnd, hart, schwer, fest, ölig; daher sehr dauerhaft. Im Schiffbau viel verwandt.

4. **Hickoryholz** (*Carya glabra* und *alba*), Nordamerika. Im Kernholz den vorigen ähnlich, nur wirft es sich leichter und ist nicht so dauerhaft. Für Bauzwecke wenig verwandt.

5. **Vacapou** (*Andira Aubletii*), Brasilien. Farbe dunkelbraun, sonst dem Teakholz sehr ähnlich.

## V. Schmiede- und Eisenarbeiten.

### A. Die Rohstoffe, ihre Gewinnung und Verarbeitung zu Roheisen.

Das Eisen kommt in der Natur nicht in reinem, gediegenem Zustande vor, da es infolge seiner großen Verwandtschaft zum Sauerstoff sofort oxydiert, sondern nur in Verbindungen mit Sauerstoff oder mit Schwefel, von denen jedoch nur die ersteren zur Darstellung des Eisens verwandt werden. Sie enthalten sämtlich mehr oder weniger fremde Stoffe und sind mit verschiedenen Gesteinsarten, besonders Quarz, Ton, Kalkspat und Dolomit, gemischt. Diese eisenführenden Gesteine nennt man Eisenerze; ihre Verarbeitung zu Roheisen durch Reduzierung und Befreiung der Oxyde von fremdem Gestein ist die Aufgabe der Eisenhütten.

Die wichtigsten zur Gewinnung von Eisen dienenden Erze sind nachstehend aufgeführt; sie unterscheiden sich durch den Gehalt an reinem Eisen, die Art ihrer Verbindung mit Sauerstoff und sind an der verschiedenen Färbung des „Strichs“, welchen sie, auf einer matten Porzellanplatte gerieben, erzeugen, leicht kenntlich.

1. **Magneteisenstein**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  enthält 72% Eisen, ist magnetisch, von metallglänzender Farbe und körnigem Gefüge und gibt einen schwarzen Strich. Er kommt sehr reichlich in Schweden, außerdem im Uralgebirge und am Oberen See in Nordamerika vor.

2. **Roteisenstein**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  enthält 70% Eisen und gibt einen roten Strich; in kristallinischer Form Eisenglanz genannt, der in Verbindung mit Gneis oder Granit auf der Insel Elba, am St. Gotthard und in Schweden vorkommt. Verbreiteter ist er in dichter Form. Sein Hauptvorkommen ist am Oberen See in Nordamerika (90 000 t jährliches Erzeugnis), vereinzelt in Nassau, im Harz, Erzgebirge, in Thüringen.

3. **Brauneisenstein**,  $\text{Fe}_4\text{H}_6\text{O}_9$  oder  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , enthält 35 bis 45% Eisen und immer etwas Wasser, hat helleren oder dunkleren braunen Strich und ist das verbreitetste aller Eisenerze; es kommt in verschiedenen Formen vor und hat je nachdem verschiedene Namen: Minette, Bohnerz, Rogenstein, Raseneisenstein und dichter Brauneisenstein. Seine Hauptfundstätten liegen im Schwarzwald, Lothringen, Luxemburg, Oberschlesien, Hannover, Braunschweig, Holland und an anderen Orten.

4. **Spateisenstein**,  $\text{FeCO}_3$  oder  $\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$  gibt einen hellgelben Strich und enthält Kohlensäure; sein Eisengehalt beträgt 48 bis 50%. Er kommt in drei Abarten vor:

kristallinischer Spateisenstein in Westfalen, Siegerland, Steiermark, Kärnten, Nordungarn; Toneisenstein, mit Ton vermischt, in Cleveland in England; Kohleneisenstein, Kohle enthaltend, zwischen Steinkohlenflözen gefunden, in Westfalen und hauptsächlich in Schottland.

5. Schwefelkies,  $\text{FeS}_2$  (Schwefeleisen), graublau oder metallischgelb glänzend, in vereinzelt Fällen zur Eisenbereitung benutzt.

Die Erze liegen teils in flachen, oberirdischen Lagern, teils — und das ist das Häufigere — in tiefen Gängen und Spalten unterirdisch zwischen anderen Gesteinen

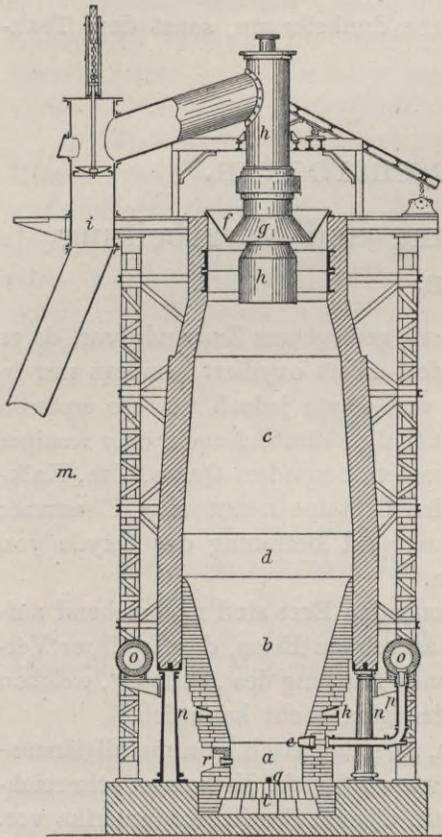


Abb. 114. Hochofen.

oder Kohlenflözen. Ihr Abbau geschieht demnach entweder in offenen Tagebauen (Luxemburg, Lahngegend, Oberer See in Nordamerika) oder in Schächten und Stollen (Bergwerken). Die Umwandlung der Erze in Eisen geschieht durch Herunterschmelzen in den Hochöfen, in denen sie gleichzeitig von der ebenfalls geschmolzenen Schlacke getrennt werden. Die Hochöfen sind 20 bis 25 m hohe Schachtöfen von der in Abb. 114 dargestellten Form. Der Schacht besteht aus zwei mit der Bodenfläche aufeinandersitzenden, abgestumpften Kegeln, dem eigentlichen Schacht *c*, dem Kohlensack *d* und der Rast *b*, an welcher sich unten das Gestell *a* mit dem Bodenstein *l* anschließt. Dicht über diesem sitzt das Stichloch *g* zum Abziehen des geschmolzenen Eisens, in einiger Höhe darüber ein oder mehrere Öffnungen *r* zum Abfließen der geschmolzenen, auf dem Eisen schwimmenden Schlacke. Um den unteren Teil des Ofens herum liegt die Windleitung *o*, aus welcher die heiße Luft mittels bronzenener Düsen *e* in den Ofen eingeblasen wird. Die obere Öffnung des Ofens, die Gicht, dient zum Einwerfen der Erze und der Kohlen und wird durch den Fülltrichter *f* verschlossen. Die heißen Gichtgase werden durch das Rohr *h* abgeleitet

und noch zu andern Zwecken, wie weiter unten ausgeführt, benutzt, ehe sie ins Freie entweichen. Der Ofen selbst besteht innen aus feuerfestem Mauerwerk, welches von einer starken Schutzschicht und eisernen Ringbändern umgeben ist und ruht auf eisernen Säulen; in der Höhe der Gicht befindet sich eine Arbeitsebene, von welcher die mittels Aufzug hinaufgeführten Erze und Kohlen in den Ofen eingeworfen werden.

Die Beschickung des Ofens geschieht in der Weise, daß zunächst der Herd bis zur Rasthöhe mit Holz angefüllt wird, darauf werden Koks, Schlacke, Kalkstein und Eisenerz verteilt; dann nur Koks und Erz in abwechselnden, etwa 1 m hohen Schichten aufgebracht bis zur Gichthöhe. Nach dem Anzünden des Holzes wird die Glut allmählich durch den Wind aus dem Gebläse verstärkt und bei dem Zusammensinken der herunterschmelzenden Massen der Einsatz von oben nachgefüllt. Auf 100 Teile Roh-

eisen gebraucht man etwa 85 bis 250 Teile Koks, je nach der Art der Erze, des Kokes, des Ofens usw.

Zu jedem Hochofen gehören mehrere, meist vier Vorwärmer, in denen die in den Ofen einzupressende Luft auf 700 bis 800° erhitzt wird. Sie bestehen, wie Abb. 115 und 116 zeigt, aus hohen eisernen, mit feuerfesten Steinen ausgemauerten Türmen, in denen ein Gitterwerk *B* aus ebenfalls feuerfesten Steinen als Wärmespeicher in den Weise aufgemauert ist, daß die aus dem Hochofen bei *a* hineingeleiteten Gichtgase in der Kammer *A* mit Luft, die durch *b* eingeführt wird, gemischt werden, dort verbrennen und dann das Gitterwerk *B* durchziehen, letzteres dabei stark erhitzend und durch *c* in den Schornstein gehen. Darauf wird durch eine Umstellung der Ventile an den Gebläsemaschinen der Zugang der Gichtgase abgestellt, d. h. sie werden auf den nächsten Vorwärmer übergeleitet —, die Abzugsöffnung bei *c* geschlossen und dafür die Eintrittsöffnung für frische Luft geöffnet. Diese wird angesaugt, erhitzt sich, indem sie das Gitterwerk *B* von unten nach oben durchzieht, und wird dann durch die gleichzeitig geöffnete Rohrleitung *C* in den Windsammler und von dort in den Ofen gepreßt. Durch die Anlage mehrerer Vorwärmer für einen Hochofen wird ein dauernder Betrieb ermöglicht.

Die Vorgänge im Ofen sind folgende: Das eingefüllte Erz und die Kohlen werden im Schacht zunächst erwärmt und von ihrem Wasser oder Feuchtigkeitsgehalt befreit und sinken allmählich, sich immer stärker erhitzend, der Schmelzzone zu. Hier wird der auf 700 bis 800° erwärmte Wind eingeblasen und bildet mit dem Kohlenstoff des brennenden Koks Kohlenoxyd, wobei der Stickstoff frei wird. Beide Gase steigen nach oben. Das Kohlenoxyd nimmt von dem Eisenoxyd den Sauerstoff auf, indem es sich zu Kohlendioxyd (Kohlensäure) verwandelt und das Eisen wird somit frei und tropft, indem es Kohlenstoff aufnimmt, geschmolzen nach unten, wo es sich im Gestell sammelt. Da auch das in den Erzen und Kohlen enthaltene Wasser durch die heißen Gase zerlegt wird, so bestehen die an der Gicht abziehenden Gase aus Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd (welches nicht alles zu Dioxyd verwandelt wurde) und Kohlendioxyd. Ihre weitere Verwendung zum Erhitzen der Vorwärmer ist oben besprochen worden; außerdem werden sie als Betriebskraft für verschiedene Arbeitsmaschinen benutzt.

Gleichzeitig mit der Reduktion der Eisenerze schmelzen nun auch die den Erzen anhaftenden Gesteinsarten, sammeln sich als flüssige Schlacke über dem geschmolzenen

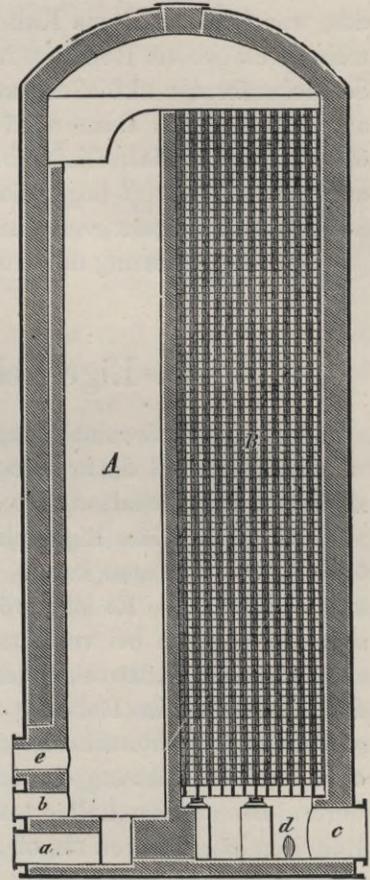


Abb. 115.

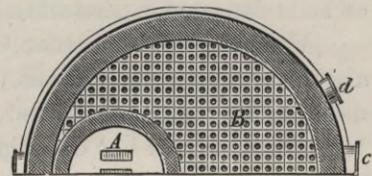


Abb. 116.

Abb. 115 und 116. Grundriß und Durchschnitt eines Vorwärmers.

Eisen, da sie leichter sind wie diese, und schützen seine Oberfläche dadurch vor Oxydation. Die Schlacke soll durchaus eisenfrei sein und daher hell aussehen; sie soll im wesentlichen aus Kieselsäure (35%), Tonerde (20%) und Kalk (45%) bestehen. Wenn daher die Erze diese erforderlichen Anteile nicht in dem Verhältnis enthalten, wird das, was fehlt, meistens Kalkstein, beim Einschütten als „Zuschläge“ zugesetzt. Da mehr Schlacke als Roheisen im Ofen erzeugt wird, läßt man diese dauernd durch die Schlackenformen abfließen, während man das Roheisen sich erst bis zu gewisser Höhe ansammeln läßt. Dann wird der mit Steinen und Ton verschlossene Eisenstich geöffnet, und das Eisen fließt ab. Während man früher die Schlacke als wertloses Nebenprodukt unbenutzt liegen ließ, wird sie jetzt mit gutem Erfolg zum großen Teil zu Steinen und Zement verarbeitet (siehe S. 49 u. 63).

Die Tagesleistung der Hochöfen schwankt zwischen 90 und 300 t Eisen.

## B. Eigenschaften und Arten des Eisens.

Das chemisch reine Eisen ist so weich, daß es fast mit dem Messer geschnitten werden kann und daher also für technische Zwecke unbrauchbar; es erhält seine vorzüglichen Eigenschaften erst durch die Aufnahme von Kohlenstoff, die im Hochofen vor sich geht. Diese Eigenschaften wechseln mit dem Gehalt an Kohlenstoff, welcher 5 bis 0,05% betragen kann. Das kohlenstoffreichste Eisen ist das Roheisen; es enthält 5 bis 2,3%. Es ist spröde, läßt sich also nicht schmieden und schweißen. Es schmilzt dagegen bei verhältnismäßig niedriger Temperatur (rund 1100°) und eignet sich daher für Gußzwecke oder zur Weiterverarbeitung auf anderes Eisen. Je nachdem der Kohlenstoff im Roheisen in amorpher Form legiert oder sichtbar als Graphit ausgeschieden ist, unterscheidet man weißes oder graues Roheisen, was sich an der hellen oder dunklen Färbung der frischen Bruchfläche erkennen läßt. Ein Gemisch beider Sorten nennt man halbiertes Roheisen. Die Erzeugung von weißem oder grauem Roheisen hängt davon ab, ob das flüssige Eisen so schnell erstarrt, daß der Kohlenstoff nicht mehr auskristallisieren kann, oder nicht; man läßt daher, um weißes Roheisen zu erhalten, das flüssige Eisen in eiserne, schnell abkühlende Formen laufen, während es beim langsamen Erstarren in Sandformen graues Roheisen liefert.

Von dem verschiedenen Gehalt an Kohlenstoff hängt ferner die Härte des Eisens ab; solches mit einem Gehalt von 2% besitzt die größte Härte, mit Zu- oder Abnehmen des Gehalts sinkt die Härte. Eisen mit einem Gehalt von 0,6 bis 2,3% (meist nur 1,5%) Kohlenstoff hat die Eigenschaft, bei plötzlicher Abkühlung sehr hart zu werden; man nennt es Stahl.

Den geringsten Gehalt an Kohlenstoff (1,5 bis 0,05%) hat das schmiedbare Eisen, welches man früher stets nur in teigigem Zustande herstellen konnte; es enthielt stets Teilchen von Schlacke, welche zwischen den Eisenteilchen eingeschlossen und nicht zu entfernen waren. Solches Eisen — Schweiß Eisen genannt — stellt man heute noch durch das Puddelverfahren her. Das meiste schmiedbare Eisen wird aber jetzt durch Entkohlung in geschmolzenem Zustande erzeugt; es ist völlig schlackenfrei und heißt im Gegensatz zu jenem Flußeisen.

Stahl kann sowohl Schweiß- wie Flußeisen sein und heißt je nachdem Schweißstahl oder Flußstahl.

Man unterscheidet demnach Eisenarten nach folgender Zusammenstellung:

Eisen				
Roheisen			Schmiedbares Eisen	
5 bis 2,3% Kohlenstoff; spröde, leicht schmelzbar			1,5 bis 0,05% Kohlenstoff; schmiedbar, schwer schmelzbar	
Graues Roheisen grauer Bruch	Halbiertes Roheisen grauweißer Bruch	Weißes Roh- eisen weißer Bruch	Flußeisen in geschmolzenem Zustand erzeugt, schlackenfrei	
			Fluß- schmiedeeisen 0,5 bis 0,05% Kohlenstoff; nicht härtbar	Schweißeisen in teigigem Zustand erzeugt, schlackenhaltig
			Flußstahl 1,5 bis 0,5% Kohlenstoff; härtbar	Schweiß- schmiedeeisen 0,5 bis 0,05% Kohlenstoff; nicht härtbar
				Schweiß- stahl 1,5 bis 0,5% Kohlenstoff; härtbar

Von weiterem Einfluß auf die Beschaffenheit des Eisens sind einige andere Beimengungen, welche es aus den Bergarten der Erze im Hochofen aufnimmt. Die wesentlichsten unter ihnen sind Mangan, Silicium, Phosphor und Schwefel.

Ein Gehalt von Mangan von über 2% im Eisen verhindert die Ausscheidung des Kohlenstoffs als Graphit, erzeugt also ein weißes Eisen. Gleichzeitig ändert sich auch das Gefüge des Eisens, es wird strahlig und heißt Weißstrahlisen. Steigt der Mangangehalt bis auf 10 bis 20%, so bilden die Kristalle große spiegelnde Flächen. Das Eisen heißt Spiegeleisen. Beträgt der Mangangehalt mehr als 20% und bis etwa 80%, dann bilden die Kristalle einzelne Säulchen; das Eisen wird Ferromangan genannt.

Den entgegengesetzten Einfluß hat Silicium, welches durch Reduktion des in den Erzen enthaltenen Quarzes (Siliciumdioxyd) im Hochofen entsteht; es befördert die Ausscheidung von Graphit, macht also das Eisen grau, bei stärkerem Gehalt sogar schwarz; bei weiterem Steigen des Gehalts entsteht Ferrosilicium.

Die Anwesenheit von Phosphor macht das Eisen zwar dünnflüssiger, aber auch brüchig, indem es seine Festigkeit vermindert. Vorhandensein von Schwefel ist immer schädlich, da er das Eisen dickflüssiger und stets brüchig macht.

Das den gesamten Kohlenstoff in chemisch gebundenem Zustand enthaltende Weißeisen hat ein spezifisches Gewicht von 7 bis 7,8 und schmilzt bei 1050 bis 1200° zu einer dickflüssigen Masse; es enthält stets etwas Silicium und reichlich Mangan, nach dessen verschieden hohem Gehalt man es Strahlisen, Spiegeleisen oder Ferromangan nennt. Es wird nicht zu Gußwaren, sondern zur Herstellung schmiedbaren Eisens verwandt.

Das den Kohlenstoff ausgeschieden als Graphit enthaltende Graueisen ist nicht ganz so hart und spröde wie das vorige, von körnigem Gefüge, dem spezifischen Gewicht 6,7 bis 7,6, schmilzt bei 1100 bis 1300° zu einer dünnflüssigen Masse, die sich beim Erstarren etwas ausdehnt. Es wird daher meist zur Herstellung von Gußwaren benutzt und enthält mehr Silicium als Mangan.

In der Mitte zwischen beiden steht das halbierte Eisen mit feinkörnigem, hellgrauem Bruch. Es wird für beide Zwecke verwendet, eignet sich besonders, wenn mangan- und siliciumarm, zur Herstellung von Hartguß.

Die Wärmeausdehnung des Roheisens beträgt in der Linie 0,00012 für 1° C, seine Zugfestigkeit 1200 bis 1500 kg/qcm, seine Druckfestigkeit 7500 kg/qcm.

Das schmiedbare Eisen enthält 1,5 bis 0,05% Kohlenstoff, läßt sich schmieden und weißglühend zusammenschweißen. Es ist mit einem Kohlenstoffgehalt von 1,5 bis 0,5% Stahl, mit 0,5 bis 0,05% Schmiedeeisen. Ersterer läßt sich, wenn er weißglühend gemacht und plötzlich abgekühlt wird, härten; sein Schmelzpunkt liegt bei 1400 bis 1600°. Er hat feinkörniges, gleichmäßiges Gefüge, grauweiße, mattglänzende Farbe, spezifisches Gewicht 7,7 und ist sehr politurfähig. Mit der Härte bekommt der Stahl gleichzeitig große Sprödigkeit, die ihm durch Anlassen, d. h. langsames Anwärmen genommen werden kann. Stahl ist von außerordentlicher Festigkeit; je nach Herstellung und Zusatz von Nickel beträgt seine Zug- und Druckfestigkeit 4500 bis 10 000 kg/qcm.

Das eigentliche Schmiedeeisen ist nicht härtbar; es schmilzt bei 1600 bis 2000°, ist daher zum Gießen nicht geeignet, läßt sich aber glühend durch Schmieden in jede Form bringen. Es hat körnig-kristallinisches Gefüge, welches bei der Bearbeitung in sehniges, gestrecktes Gefüge übergeht. Feinkorneisen ist noch fester als das sehnige. Sein spezifisches Gewicht beträgt 7,8; seine Druckfestigkeit 3000, seine Zugfestigkeit 4000 bis 4500 kg/qcm.

## C. Herstellung schmiedbaren Eisens.

Das schmiedbare Eisen unterscheidet sich vom Roheisen durch seinen geringeren Gehalt an Kohlenstoff und durch seine fast völlige Freiheit von anderen Beimengungen, wie Mangan, Silicium und Phosphor. Zu seiner Herstellung muß Roheisen also entkohlt werden. Dies geschah früher, indem man es wiederholt auf einem Herd mit reiner Holzkohle vermischt, niederschmolz, wobei jedesmal der Gehalt an Kohlenstoff durch Oxydation geringer wurde. Dies Verfahren des „Herdfrischens“ ist nur noch in wenigen Gegenden, die über genügenden Holzreichtum und sehr reines Eisen verfügen, üblich und meist jetzt durch andere Verfahren ersetzt, welche die Verwendung von Steinkohle oder Koks gestatten, die beim Herdfrischen ausgeschlossen ist.

### 1. Puddelverfahren.

Das Puddeln geschieht in einem flachen Ofen mit überschlagender Flamme, wie er in Abb. 117 und 118 dargestellt ist. Das Feuer wird auf dem Rost *a* unterhalten, schlägt über die Feuerbrücke *d* auf den flachen Herd *b* und geht durch den Fuchs *c* in den Schornstein, meist erst, nachdem es noch zur Heizung von Dampfkesseln verwandt ist. Der eiförmige Herd *b* besteht aus einem starken eisernen Rahmen, der mit strengflüssiger, eisenoxydhaltiger Schlacke ausgekleidet ist; diese soll den eisernen Rahmen von dem zu frischenden Eisen trennen und dieses selbst vor zu starker Abkühlung schützen. *f* ist die Feuertür, *g* die Tür zum Ein- und Ausbringen des Eisens, und *h* eine kleine Öffnung in ihr, die Arbeitsöffnung zum Einführen der Rührhaken.

In den glühend gemachten Ofen wird die Ladung von etwa 300 kg Roheisen eingebracht und bei geschlossener Tür zum Schmelzen gebracht. Dabei wirken schon die Feuergase oxydierend auf das Eisen ein und zwar zunächst auf das in ihm enthaltene Silicium. Die sich auf dem Eisen bildende Schlacke entzieht dieses nun der

Einwirkung der Gase, so daß nunmehr ein Umrühren der Eisenmasse mittelst eiserner Rührhaken erforderlich wird. Dabei oxydiert der Rest des Siliciums, das Mangan und schließlich das Eisen, was sich durch Aufsteigen von Gasblasen (Kohlenoxyd) aus der dünnflüssigen Masse und lebhaftes Aufkochen des Bades anzeigt. Je geringer der Gehalt an Kohlensäure wird, desto dickflüssiger wird die Masse, so daß bald ein Umrühren nicht mehr möglich ist. Um ein gleichmäßiges Entkohlen des Eisens zu erzielen, besonders

der am Boden liegenden Teile, beginnt der Puddler nun mit einer Brechstange das Aufbrechen und Umsetzen des Eisens, d. h. er reißt einzelne Stücke der Masse los, wendet sie um, ballt sie zusammen und rollt sie schließlich zu kugelförmigen Luppen auf; durch möglichste Steigerung der Temperatur wird die in ihnen enthaltene Schlacke zum Ausfließen gebracht. Die fertigen Luppen werden mit einer großen Zange herausgeholt, unter den Dampfhammer gebracht, welcher die lose Masse fester zusammenschweißt und den Rest der noch darin enthaltenen Schlacke auspreßt, und endlich auf dem Walzwerk zu Rohschienen ausgestreckt. —

Bei weißem, siliciumarmen Eisen verläuft der Vorgang des Puddelns entsprechend schneller, man erhält ebenfalls weiches, sehniges Eisen. Die Erzeugung von kohlenstoffreichem Feinkorneisen geschieht dadurch, daß man den Vorgang früher abbricht, d. h. es unterbleibt das Umsetzen des Eisens und das Luppenmachen erfolgt möglichst unter der Schlackendecke.

Der Abbrand, d. h. der Verlust an Eisen beim Puddelverfahren beträgt 6 bis 15%. Der Aufwand an Brennstoff schwankt zwischen 750 und 2000 kg auf 1 t Luppenstäbe. Zur besseren Ausnutzung der Brennstoffe baut man doppelte und vierfache Puddelöfen. Die Tagesleistung eines Ofens beträgt an Stahl in 10 Sätzen rund 2000 kg, an sehnigem Eisen in 12 bis 20 Sätzen etwa 4600 kg Rohschienen.

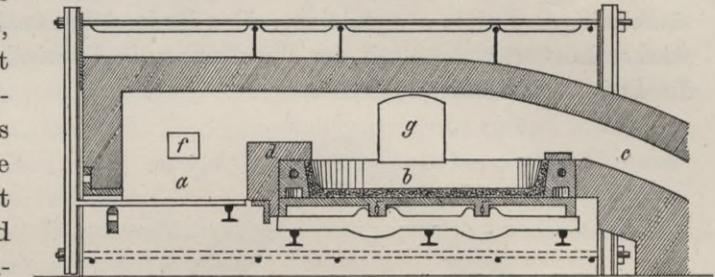


Abb. 117.

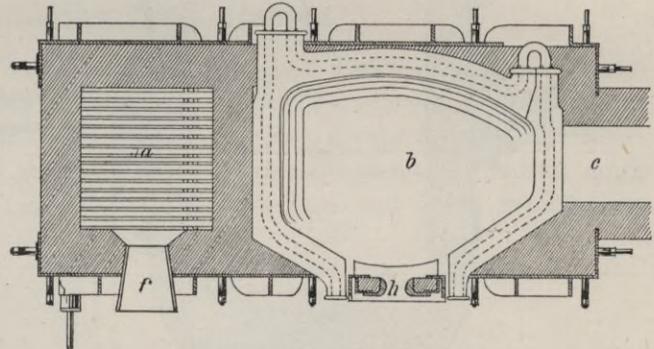


Abb. 118.

Abb. 117 und 118. Durchschnitt und Grundriß eines Puddelofens.

## 2. Bessemerverfahren.

Im Jahre 1855 erfand der Engländer *Henry Bessemer* ein Verfahren zur Entkohlung des Roheisens, welches erheblich kräftiger wirkte, als das Puddelverfahren und daher dieselben Mengen schmiedbaren Eisens in fast ebensoviel Minuten lieferte, wie jenes in Stunden. Es besteht darin, daß die Luft durch das flüssige Metall hindurch-

gepreßt wird. Der von ihm dazu gebaute Ofen, nach seiner äußeren Gestalt Bessemerbirne genannt, ist in Abb. 119 und 120 dargestellt und wird heute noch im wesentlichen in derselben Form benutzt. Der Apparat hängt in zwei starken Zapfen drehbar auf einem gußeisernen Gestell. Der eine Zapfen *a*, der Wendezapfen, trägt ein Zahnrad, vermittels dessen der Ofen gedreht werden kann, der andere Zapfen *b*, der Windzapfen, ist hohl und vermittelt den Eintritt des Windes in die Rohrleitung bzw. die Bodenfläche im Ofen in jeder Stellung. Letzterer ist innen mit einem stark kiesel-säurehaltigen Futter ausgekleidet. Das Bodenstück enthält eine große Anzahl 1,5 cm starker Löcher, welche mit der Windleitung in Verbindung stehen, und durch welche die Luft in das Metall eintritt.

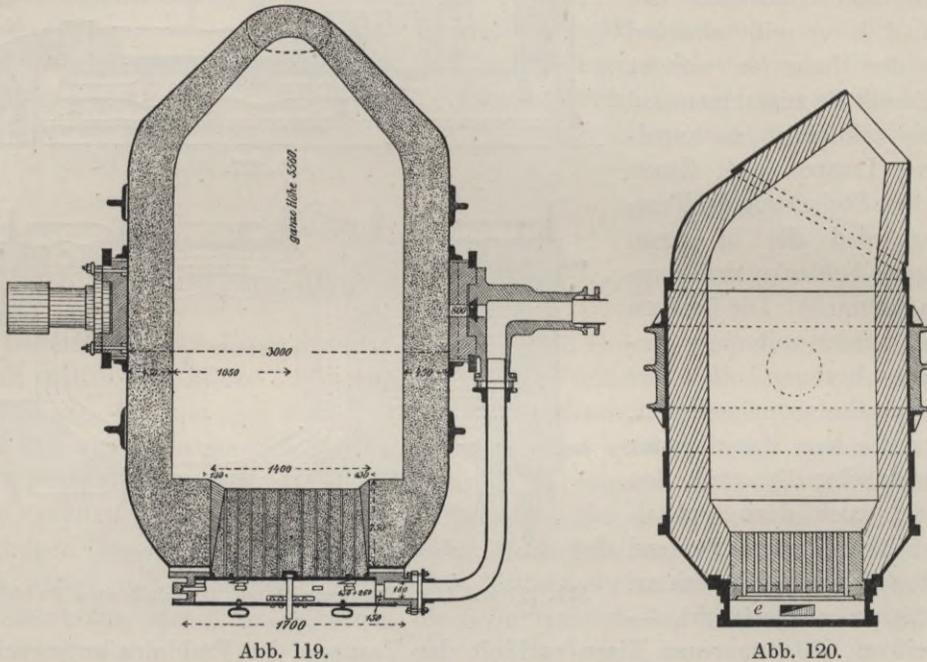


Abb. 119 und 120. Längsschnitte durch eine Bessemerbirne.

Der Vorgang des Frischens geht so vor sich, daß man in den wagerecht gedrehten Ofen das flüssige Roheisen — etwa 10 bis 15 t — einfließen und gleichzeitig den Wind angehen läßt. Nach dem Aufrichten des Ofens wird dann der Wind durch das flüssige Metall hindurchgetrieben und wirkt oxydierend auf Silicium und Mangan, wodurch die Temperatur infolge deren Verbrennung um mehrere hundert Grad steigt und daher das Eisen flüssig erhält. Darauf beginnt die Oxydation des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd, welches beim Austritt aus dem Ofen mit heller Flamme verbrennt. Das Erlöschen der Flamme zeigt die Entkohlung des Eisens an. Um das im Bade gelöste Eisenoxydul zu reduzieren, setzt man Ferromangan hinzu und gießt den Inhalt der Birne auf eine untergeschobene, vorher glühend gemachte Gießpfanne aus, mittels deren es in die einzelnen eisernen Formen gegossen wird.

Etwaiger im Eisen enthaltener Phosphor kann bei diesem Verfahren nicht entfernt werden, da er nur mit basischer Schlacke Verbindungen eingeht, während die Bessemer Schlacke ebenso wie das Futter der Birne sauer ist. Man war daher lange

Zeit genötigt, da phosphorhaltiges Eisen für Schmiedeeisen unbrauchbar ist, nur phosphorfrees Roheisen zu verwenden, was verhältnismäßig selten ist und die Ausbeutung großer deutscher Eisenerzlager mittels Bessemerverfahrens unmöglich machte. Die Versuche, die saure Ausfütterung der Birne durch eine ebenso widerstandsfähige, feuerfeste basischer Natur zu ersetzen, blieben lange ohne Erfolg, bis 1878 *Thomas* im Dolomit einen brauchbaren Stoff dafür fand. Der Stein wird scharf gebrannt, dadurch von Kohlensäure befreit, gemahlen, mit entwässertem Teer vermischt und unter hohem Druck zu Steinen gepreßt. In derselben Weise werden die durchlöcherten Bodenteile hergestellt. Durch Zusetzen gebrannten Kalks zum Roheisen in der basischen Bessemerbirne erzeugt man nun eine so stark basische Schlacke, daß die Aufnahme des Phosphors ohne weiteres vor sich geht. Man verwendet, um nicht zu viel Zuschläge an Kalk machen zu müssen, und nicht zu viel Schlacke zu erhalten, zum Thomasverfahren siliciumarmes weißes Roheisen.

Die stark phosphorhaltige Thomasschlacke wird in gepulvertem Zustand als Düngemittel in der Landwirtschaft viel verwandt.

### 3. Martin-Siemens-Verfahren.

Der Versuch, Stahl durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen zu erzeugen, scheiterte lange an der Unmöglichkeit, die dazu erforderliche hohe Temperatur in einem großen Ofen zu erzeugen. Erst als die *Siemenssche* Regenerativfeuerung zur Verwendung gelangen konnte, gelang es den *Gebr. Martin* einen Ofen herzustellen, in dem mit Leichtigkeit Schmiedeeisen und Stahl geschmolzen

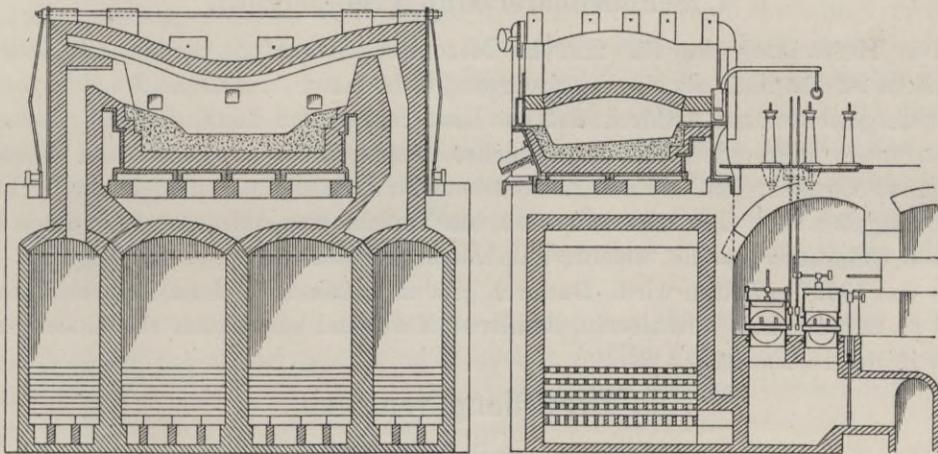


Abb. 121. Längsschnitte durch einen Martin-Siemens-Ofen.

werden konnten. Dieser Martin-Siemensofen hat sich zu einem vielbenutzten Ofen entwickelt, da er sehr vielseitig verwandt werden kann und das Einschmelzen alter Eisenreste gestattet. Seine Anordnung ergibt sich aus Abb. 121. Die Feuerung geschieht nicht unmittelbar durch feste Brennstoffe, sondern durch das in Generatoren erzeugte Kohlenoxydgas, welches an geeigneter Stelle mit heißer Luft gemischt wird und zu Kohlendioxyd verbrennt. Das heiße Gas streicht über den eisernen, mit sauren oder basischen Steinen ausgemauerten Herd, geht dann in derselben Weise, wie es

beim Betrieb des Hochofens geschieht, durch gemauerte Kammern, welche gitterförmig mit feuerfesten Steinen ausgemauert sind, und erhitzt dieses Gitterwerk auf hohe Temperatur. Durch Umschalten von Ventilen geht nun der Gasstrom von den Generatoren und die Verbrennungsluft durch das soeben erhitzte Kammernpaar, erhitzt sich selbst daran, gelangt über dem Herde zur Verbrennung und erwärmt ein zweites Kammernpaar usw. Die Richtung der Feuergase wird etwa alle halbe Stunden geändert, so daß die Temperatur bis  $1700^{\circ}$  steigt.

Man schmilzt nun je nach der Art des vorhandenen Eisens und dem beabsichtigten Zweck eine bestimmte Menge Roheisen auf dem Herd nieder und gibt das aus den Abfällen der Bearbeitung bestehende Schmiedeeisen dazu, so daß aus dem Gemisch ein mehr oder minder kohlenstoffreiches Eisen entsteht, dessen Gehalt man durch Proben feststellen kann. Im Gegensatz zum Bessemerverfahren dauert eine Hitze hier bei der großen Menge des Einsatzes (bis 30 t) sehr lange, 4 bis 11 Stunden, aber gestattet dabei auch eine sorgfältige Überwachung und Beendigung des Frischens zur beabsichtigten Zeit, d. h. bei Erreichung eines bestimmten Kohlenstoffgehalts. Das Entkohlen wird hierbei vielfach in der Weise vorgenommen, daß das Roheisen mit sauerstoffhaltigen Erzen zusammen niedergeschmolzen wird.

Um die in dem Eisen enthaltenen Beimengungen von Mangan, Silicium und besonders Phosphor mit Sicherheit zu entfernen, entkohlt man jetzt meist erst das Eisen vollständig und verarbeitet es dann weiter zu Stahl.

Die neusten Bestrebungen der Eisenhüttentechniker gehen jetzt dahin, den an sich sehr bewährten Martinofen für ununterbrochenen Betrieb einrichten zu können.

#### 4. Schmiedbarer Guß (Temperguß).

Die Herstellung des für manche Maschinenteile erforderlichen schmiedbaren Gußeisens ist ebenfalls als ein Frischvorgang aufzufassen, unterscheidet sich von den bisher dargestellten nur dadurch, daß das Eisen fest bleibt. Die Gußwaren werden aus halbiertem, von fremden Stoffen möglichst reinem Eisen hergestellt und in eiserne Kästen so verpackt, daß sie auf allen Seiten von feinkörnigem Roteisenstein (Eisenoxyd) umgeben sind. Die Kästen werden, lose verschlossen, zu mehreren in einen überwölbten Ofenraum gestellt, welcher allmählich angeheizt und mehrere Tage auf einer Hitze von  $1000^{\circ}$  erhalten wird. Dadurch gibt das Eisenoxyd einen Teil seines Sauerstoffs an den im Guß enthaltenen Kohlenstoff ab und verwandelt das Gußeisen dadurch in Schmiedeeisen.

#### 5. Herstellung von Stahl.

##### a) Kohlen und Desoxydieren.

Zur Erzeugung von Stahl muß entweder dem Roheisen Kohlenstoff entzogen oder dem schmiedbaren Eisen solcher zugesetzt werden. Letzteres Verfahren ist heutzutage das vorwiegende. Man unterscheidet, wie oben erklärt, Schweißstahl von Flußstahl, je nachdem er in teigigem oder in flüssigem Zustand hergestellt wurde; ersterer stammt aus Puddelöfen, letzterer aus Bessemer- und Martin-Siemensöfen. Da beim Puddeln der schädliche Phosphorgehalt des Roheisens sich vor dem Kohlenstoff oxydiert, ist es möglich, mit dem Puddeln aufzuhören, wenn der Gehalt an Kohlenstoff seine erforderliche Höhe für Stahl erreicht hat; man entkohlt aber trotzdem auch

das Schweißisen jetzt erst ganz und setzt ihm dann den erforderlichen Gehalt an Kohlenstoff zu, da es leichter ist, auf diese Weise das Richtige zu treffen.

Beim Flußeisen ist die völlige Entkohlung erforderlich, da der Phosphor hierbei erst nach dem Kohlenstoff oxydiert; auch hier wird die erforderliche Menge an diesem nachträglich zugesetzt. Gleichzeitig muß der nach dem Entkohlen meist vom Eisen aufgenommene Sauerstoff entfernt, d. h. das Eisen desoxydiert werden. Beides erreicht man gleichzeitig durch Zusatz von Spiegeleisen, Ferromangan oder Ferrosilicium zum flüssigen Eisen, indem deren Kohlenstoff in das Eisen übergeht, während sich der Sauerstoff des Eisens mit dem Mangan oder Silicium verbindet und deren Oxyde in die Schlacke gehen. Der Zusatz von Silicium ist gefährlicher als der von Mangan, da ein geringer Überschuß von Silicium im Flußeisen dieses minderwertig macht.

### b) Zementieren.

Das älteste Verfahren zur Stahlbereitung, das sog. Zementieren, besteht darin, daß man kurze Stäbe von etwa 2 cm Dicke in große Kisten aus feuerfestem Ton zwischen Holzkohlenpulver fest verpackt, so daß sie sich gegenseitig nicht berühren, und diese Kisten in einem Ofen 1 bis 1½ Wochen lang einer Hitze von rund 1000° aussetzt, wodurch sie Kohlenstoff aufnehmen. Durch Zerbrechen einer Probestange überzeugt man sich von der Beendigung des Vorgangs. Das Verfahren wird heute fast nur noch zur Herstellung von Werkzeugstahl verwandt.

### c) Verbesserungsarbeiten.

Der auf obige Weise erzeugte Stahl ebenso wie das schmiedbare Eisen enthält zwar seinen richtigen Gehalt an Kohlenstoff, ist aber für seine technische Verwendung noch nicht rein und gleichmäßig genug. Der Schweißstahl enthält noch Schlackenreste, der Flußstahl Blasen von Wasserstoffgas, welche beide entfernt werden müssen. Ersteres geschieht durch Schweißen, indem die auf kurze Länge geschnittenen Rohschienen zu einem Paket zusammengelegt werden, mit Draht unterbunden und in Schweißöfen auf teigigen Zustand erhitzt werden, wobei die Schlacke dünnflüssig wird. Das Paket wird durch Hämmern oder Walzen zusammengeschweißt, wobei die Schlacke herausgequetscht wird. Das Verfahren wird nach Bedarf wiederholt. Der so erhaltene Stahl heißt Raffinier- oder Gärbstahl.

Die beim Flußeisen oft auftretende Erscheinung der Blasenbildung läßt sich dadurch einschränken, daß man die mit Flußeisen gefüllte Form unter starkem hydraulischen Druck erkalten läßt. Die im Eisen enthaltenen Bläschen werden dadurch verhindert, nach oben zu steigen und sich zu größeren Blasen zu vereinigen.

Das beste für Stahl jetzt meist angewendete Verfahren zur gleichzeitigen Beseitigung beider Mängel bildet das Umschmelzen in verschlossenen Tiegeln aus feuerfestem Ton. Das hierzu verwandte Eisen muß chemisch völlig fertig, d. h. frei von allen schädlichen Bestandteilen sein und seinen geforderten Gehalt an Kohlenstoff haben; es wird in Stücken in den Tiegel eingebracht und dieser im Ofen geschlossen. Nach langsamem Anheizen findet bei hoher Glut das Schmelzen und damit die Absonderung von Schlacke und Gasblasen statt. Der auf diese Weise erhaltene Stahl ist der beste. Es sei erwähnt, daß man unter Gußstahl nur stets umgeschmolzenen Stahl und nicht Bessemer- oder Martinstahl zu verstehen hat.

### d) Härtung.

Schmiedbares Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt von 2,3 bis 0,6% hat, wie oben erwähnt, die Eigenschaft, daß es, wenn es in glühendem Zustande in kaltem Wasser plötzlich abgekühlt wird, eine über seine sonstige natürliche Härte weithinausgehende Glashärte annimmt; gleichzeitig allerdings wird es sehr spröde. Der Grund für diese Erscheinung ist in der Art des Kohlenstoffs zu suchen. Der im schmiedbaren Eisen vorhandene amorphe Kohlenstoff kommt in zwei Formen vor, welche man als Härtungskohle und Carbidkohle bezeichnet. Im stark erhitzten und geschmolzenen Zustand ist aller Kohlenstoff Härtungskohle und bleibt in dieser Form, wenn scharf genug abgekühlt wird. Daher setzt man dem Abkühlwasser oft etwas Säure zu, um es besser leitend zu machen oder kühlt in fließendem Wasser. Die ihm dadurch anhaftende Sprödigkeit kann man beseitigen, indem man ihn langsam anwärmt, d. h. anläßt. Dadurch wird die Härtungskohle wieder in Carbidkohle übergeführt. Die Einhaltung der richtigen Temperaturen beim Anlassen wird erleichtert durch die sog. Anlaßfarben einer dünnen Oxydoxydulschicht, welche je nach der zwischen 220 bis 316° betragenden Temperatur gelb, braun, violett, purpur, hellblau, dunkelblau oder grün erscheint.

## D. Formgebung des Eisens.

Entsprechend den verschiedenen Eigenschaften der beiden Eisenarten, des Roheisens und des schmiedbaren Eisens, ist die Formgebungsarbeit bei beiden eine verschiedene. Das kohlenstoffreichere, spröde, aber leicht schmelzbare Roheisen eignet sich zum Herstellen von Gußwaren, während das kohlenstoffarme, zähe, elastische, aber schwer schmelzbare Schmiedeeisen seine Formen durch Schmieden, Walzen oder Pressen erhält. Schmiedeeisen zu schmelzen ist bereits vor etwa 100 Jahren gelungen, indessen waren die Mengen in den Tiegeln sehr klein, so daß stets mehrere zusammengegossen werden mußten. Erst seit Erfindung der Bessemerbirne und des Martin-Siemensofens gelingt es, schmiedbares Eisen in jeder Menge flüssig zu erhalten und so Flußstahl bzw. Flußeisenwaren beliebigen Umfangs zu erzeugen.

### 1. Schmelz- und Gießarbeit.

#### a) Gußwaren.

Für Gußwaren eignet sich am besten siliciumhaltiges, graues Roheisen, da es sich beim Erstarren etwas ausdehnt und dadurch alle Feinheiten der Gußform gut ausfüllt. Für besonders feine Gußwaren eignet sich phosphorhaltiges Eisen, weil es sehr dünnflüssig ist. Wird auf große Festigkeit Wert gelegt, ist manganhaltiges vorzuziehen. Man benutzt zum Gießen entweder das flüssige, aus dem Hochofen kommende Roheisen, wenn es die richtige Zusammensetzung hat, oder man schmilzt die erstarrten Masseln in Kugelöfen, d. s. einfache Schachtöfen, in welche abwechselnd Roheisen und Koks eingefüllt wird, um, sticht es dicht über dem Boden ab und läßt es in Kellen oder Pfannen laufen, vermittelt deren es in die Formen gegossen wird.

Die Herstellung der Formen ist von großem Einfluß auf die Güte der Gußwaren; ihre Abmessungen müssen wegen des Schwindens des erstarrenden Eisens um etwa

$\frac{1}{333}$  nach jeder Richtung größer sein, als das fertige Stück sein soll. Sie werden je nach der Art und der Schwierigkeit der zu gießenden Gegenstände entweder aus Sand, aus einem Gemisch aus feuerfestem Ton und Sand („Masse“), aus Lehm, der mit Häcksel, Kuhhaaren, Pferdedung u. dgl. vermischt ist, oder aus Eisen selbst hergestellt.

1. Für einfache Formen wird der Herdguß angewandt, d. h. die zu gießende Form wird in den wagerecht abgeglichenen Sandboden der Gießhalle abgedrückt und ausgegossen. Die Gußwaren bekommen dann eine raue Seite, das ist die Oberfläche des flüssigen Eisens. Der Sand wird durch Zusatz von Steinkohlenstaub aufgelockert und am Zusammenschmelzen verhindert; sein Anschmelzen an das Gußstück wird verhindert durch Bestreuen der Form mit Holzkohlenpulver oder Graphitstaub. Der Herdguß wird für ebene, flache Gegenstände, wie Platten aller Art, Fenster, Gitter u. dgl. angewandt.

2. Für plastischere Stücke ist die Herstellung der Form in eisernen mit Sand gefüllten Kästen erforderlich, das ist der Kastenguß. Das meist aus Holz hergestellte Modell wird in einen, nötigenfalls 2 bis 4 unter sich zu verbindende Kästen eingelegt und mit Sand umstampft, der durch geringen Zusatz von Ton bildsam gemacht wird. Nach Herausnahme des Modells wird die Hohlform mit der Hand nachgebessert und innen mit Kohlepulver bestäubt. Das Eingießen des flüssigen Metalles erfolgt durch eine — bei langen Gußstücken zwei — im Sand ausgesparte, trichterförmige Öffnung; für Entweichen der Luft muß durch Anlegen von Mundpfeifen an den höchsten Stellen der Form, bei kleineren Stücken durch Einstecken von Löchern mittels Nadel, Holzstäben usw. gesorgt werden. Etwaige Hohlräume, die das Stück erhalten soll, werden durch Einsetzen von Kernen, die aus Masse auf einem eisernen Gerippe hergestellt werden, erzeugt. Der Kern muß, um durch das einströmende Eisen nicht aus seiner Lage gedrängt zu werden, gut in der Form befestigt sein.

Auf diese Weise werden Stützen, Säulen, Kopf- und Fußplatten, Konsole, Ständer u. dgl. gegossen.

3. Für große und schwere Stücke würde der Sand nicht widerstandsfähig genug sein, man stellt die Formen dafür aus Masse oder aus Lehm her, welcher, da er sonst zu dicht wäre, mit trockenem Sand, Häcksel, Kuhhaaren, Pferdedung u. dgl. gelockert wird. Die Formen werden gewöhnlich nicht nach dem Modell, sondern nach Schablonen oder auch aus freier Hand hergestellt, vor dem Gießen scharf getrocknet und mit einem Überzug aus Kohlenstaub und Tonbrei „geschwärzt“.

4. Die bisher genannten Formen bestehen sämtlich aus schlechten Wärmeleitern und ergeben infolge langsamer Abkühlung des Eisens graues, weiches Roheisen. Für bestimmte Zwecke (Walzen, Panzerplatten, Wagenräder, Pressen u. dgl.) ist aber die Erzeugung weißen, harten, allerdings auch spröderen Gußeisens erwünscht, wie es beim schnellen Abkühlen des Roheisens entsteht. Man erreicht dies durch Gießen in eisernen Formen (Schalen), welche als gute Wärmeleiter eine schnelle Abkühlung des Gusses bewirken, und bezeichnet ihn als Hartguß. Handelt es sich darum, an einzelnen Stücken weiche und harte Teile zu erzeugen (z. B. Hartgußwalzen mit weicheren Zapfen), so verbindet man den Sand- und Schalenguß in entsprechender Weise.

Sämtliche Gußstücke müssen, nachdem sie aus der Form genommen sind, geputzt werden, d. h. von Unsauberkeiten, Unebenheiten, Gußnähten, Eingüssen, Windpfeifen u. dgl. befreit werden, ehe sie zur weiteren Bearbeitung bzw. Verwendung gelangen. Zum Putzen bedient man sich häufig des Sandstrahlgebläses.

## b) Flußwaren.

**1. Gießen.** Die aus flüssigem schmiedbaren Eisen gegossenen Waren nennt man zum Unterschied von den aus Roheisen hergestellten Gußwaren Flußwaren. Das flüssige Eisen wird den Bessemerbirnen, Martin-Siemensöfen oder den Tiegeln entnommen und in Formen gegossen, die aber wegen der größeren Hitze des hier zur Verwendung gelangenden Metalls nicht aus Sand, Masse oder Lehm gearbeitet sein können. Man stellt sie daher aus einem Gemisch von Graphit, rohem und gebranntem Ton her, entweder um ein Modell oder mit der Schablone, trocknet sie sorgfältig, bessert sie nach, trocknet sie nochmals und glättet die Innenflächen mit Graphit. Die größte Schwierigkeit beim Gießen der Flußwaren ist die, daß keine Schlacke oder Luftblasen in den Guß hineinkommen. Man gießt deshalb nicht, wie beim Gußeisen, durch Umkippen der Pfannen, sondern durch Abziehen eines Ventils am Boden derselben, wodurch das Eisen ausfließt, ohne daß die obenaufschwimmende Schlacke mit geht. Man läßt auch das Eisen von der untersten Stelle in die Form einlaufen, sog. aufsteigender Guß, um Blasenbildung zu verhüten. Beim Gießen einer Form aus mehreren Tiegeln darf keine Pause eintreten, sondern der zweite Tiegel muß mit dem Auslaufen beginnen, ehe der erste ganz entleert ist.

Das Gießen der Blöcke, die in den Walzen weiter verarbeitet werden, geschieht in eisernen Schalen (Coquillen), die die Gestalt abgestumpfter schlanker Pyramiden haben.

Zur Herstellung kleinerer Gegenstände aus flüssigem Schmiedeeisen setzt man mit Vorteil etwas Aluminium zu, welches den Erfolg hat, daß die Graphitausscheidungen klein, und der Guß sehr dicht wird. Die Stücke zeigen gut schweißbares, weiches Eisen (Mitisguß).

Das Verfahren des Tempergusses ist an anderer Stelle (S. 160) bereits behandelt worden, da es ein Guß aus Roheisen ist, welches durch spätere Behandlung in fester Form schmiedbar gemacht wird.

Die Herstellung von Machinenteilen u. dgl. aus Flußwaren nimmt immer größeren Umfang an, da ihre Festigkeit 2 bis 3 mal so groß ist wie die der Gußwaren und infolgedessen geringere Abmessungen der einzelnen Stücke bei gleicher Leistungsfähigkeit erzielt werden.

**2. Schmieden, Walzen, Pressen.** Die für bauliche Zwecke am meisten in Betracht kommende Formgebung des schmiedbaren Eisens ist nicht der Guß, sondern die Arbeit des Schmiedens, Walzens oder Pressens. Die erstere wird fast ausschließlich mit der Hand ausgeübt und besteht darin, daß Eisenstäbe, welche meist auf Walzwerken hergestellt sind, mittels Hammer und Amboß in die gewünschte Form gebracht werden, nachdem sie im Schmiedefeuere, das mittels Blasebalg angefacht wird, rotglühend gemacht sind. Diese Schmiedearbeiten betreffen entweder Konstruktionsteile, wie Anker, Klammern, Bolzen, Zugstangen u. dgl., oder als Kunstschmiedearbeiten Ziertheile, wie Treppen- und Balkongeländer, Tore und Gitter, Ankerköpfe, Wetterfahnen, Dachspitzen und ähnliches.

Die Hauptmenge des für technische Zwecke verwendeten Eisens wird jedoch durch die Walzarbeit hergestellt. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß man einen Stab glühenden weichen Eisens an zwei parallel zueinanderstehende, sich im entgegengesetzten Sinne drehende starke eiserne Walzen bringt, welche ihn nun ergreifen und

zwischen sich hindurchquetschen, so daß er nach dem Durchgang die Stärke des Abstandes der beiden Walzen besitzt. Da der Rauminhalt des Eisenstücks, abgesehen von einer geringen Zusammenpressung derselbe bleibt, so muß eine Verbreiterung — Breitung genannt — sowie eine Längsstreckung des Stabes eintreten. Erstere wird bei großem, letztere bei kleinem Durchmesser der Walzen überwiegen. Man verwendet danach große Walzen für Bleche und Schweißwaren, kleine für Drahtwalzwerke. Da die Formänderung des Eisenstabes aber naturgemäß keine zu plötzliche und große sein darf, so genügt zur Herstellung von profiliertem Stabeisen nicht ein einmaliger Durchgang des viereckigen Schweißblocks, sondern die Änderung des Querschnitts wird allmählich vorgenommen, so daß eine große Anzahl — bis zu 30 — Durchgänge durch die Walzen erforderlich werden, von denen jeder einen etwas kleineren, dem fertigen Querschnitt näheren erhält (vgl. Abb. 122—123). Die Walzen für derartiges Profil- oder Stabeisen sind mit entsprechenden Rillen versehen, welche so aufeinanderpassen, daß je eine Rille der oberen und unteren Walze zusammen den Querschnitt — das Kaliber ergeben.

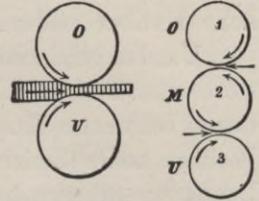


Abb. 122. Abb. 123.

Abb. 122 und 123. 2- und 3fache Walzen.

Gewöhnlich liegen mehrere Walzenpaare nebeneinander auf einer Welle vereinigt; die Anordnung einer solchen Walzenstraße stellt

Abb. 124 dar. *W* ist die gemeinsame Welle, welche von einer Walzenzugmaschine angetrieben wird. Sein Schwungrad, *a* die ausrückbare Kuppelung, *g* das Getriebe zum Antrieb der oberen Walzenachsen *e* und *f* die Walzenständer mit den Walzenpaaren.

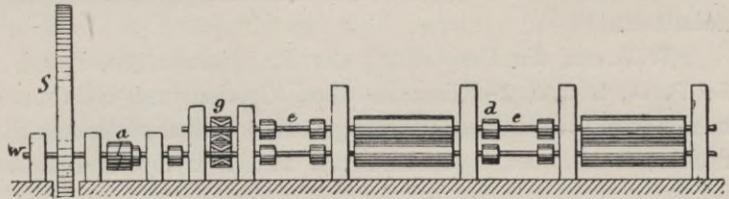


Abb. 124. Walzenstraße.

Naturgemäß erhalten nur die für Stabeisenherstellung bestimmten Walzen Kaliber, während die Blechwalzen glatt zylindrisch sind.

Der mehrfache Durchgang eines Arbeitsstücks hat zur Folge, daß es jedesmal nach einem Durchgang wieder auf die andere Seite des Walzwerks zurückgebracht werden muß. Um diesen Kraft- und Zeitverlust zu vermeiden, hat man Kehrwalzwerke eingerichtet, d. h. nach jedesmaligem Durchgang des Stückes wird das Walzwerk umgeschaltet, so daß die Drehungsrichtung des Walzenpaares wechselt, und das Stück seinen Rückweg durch die Walzen antreten kann. Derartige Walzwerke erfordern eine besondere Kuppelung mit dem Schwungrade, da dieses seine Drehungsrichtung nicht wechseln kann. Die Kuppelung wird jedoch sehr stark beansprucht und ist schwierig herzustellen; man baut daher die Kehrwalzwerke meist ohne Schwungrad und treibt sie durch eine starke Betriebsmaschine an.

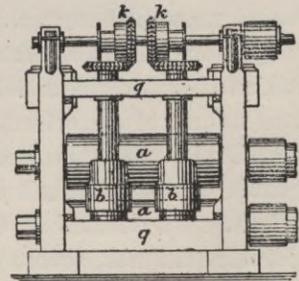


Abb. 125. Universalwalzwerk.

In anderer Weise wird die oben erwähnte Schwierigkeit durch Einbau einer dritten Walze umgangen, so daß die obere und untere dieselbe, die mittlere entgegengesetzte

Drehungsrichtung erhält (vgl. Abb. 123). Bei diesen Drillingswalzwerken ist dann nur ein Anheben des Stückes um die Stärke der Mittelwalze erforderlich. Für bestimmte Zwecke, z. B. Walzen von starken Flacheisen, haben sich die Universalwalzwerke gut bewährt; sie bestehen, wie Abb. 125 zeigt, aus zwei zueinander senkrecht stehenden Walzenpaaren, die dicht voreinanderstehen und zusammen das erforderliche Kaliber bilden.

Um bei größeren Widerständen oder Störungen während des Walzens ein Brechen wertvoller Teile der Walzenstraße zu verhindern, sind die Wellen der oberen Walzen durch schwache Kuppelungen verbunden; ebenso sind über den Lagern der oberen Walzen hohle Zwischenlager, sog. Brechkapseln eingebaut, welche bei zu starkem Druck zerspringen und so das Lager und die Walzenzapfen entlasten.

Besondere Sorgfalt ist der dauernden und richtigen Warmhaltung der Stäbe zuzuwenden. Der aus den eisernen Gußformen kommende Block ist an den Außenseiten bereits etwas abgekühlt, im Innern aber noch glühend, so daß ein Auswalzen in diesem Zustand nicht möglich ist. Zum Ausgleich der Wärme bringt man ihn in große, mit feuerfesten Steinen ausgemauerte, verschleißbare Wärmegruben, deren Wandungen soviel Wärme annehmen, daß sie selbst glühend werden. In dieser gleichmäßigen Temperatur bleibt der Block, bis er selbst durch und durch gleiche Hitze angenommen hat, um den mehrmaligen Durchgang durch die Walzwerke auszuhalten.

Während die Herstellung der Stabeisensorten, Rund-, Quadrat-, Flacheisen, der I, T, U, L und Z-Eisen in allen Größen und Stärken eine große Zahl von verschiedenen Kalibern erfordert, gestaltet sich das Walzen der Bleche entsprechend einfacher, indem der Zwischenraum zwischen den zylindrischen glatten Walzen nach jedem Durchgang des Arbeitsstücks durch entsprechende Stellvorrichtungen um ein gewisses Stück verringert wird, so daß das Blech immer dünner wird. Schließlich legt man, um die Arbeit zu beschleunigen, mehrere (bis 16 Stück) aufeinander und walzt sie gemeinsam fertig. Die Bleche werden, da sie beim Walzen hart geworden sind, ausgeglüht. Von der dadurch entstehenden Farbe nennt man sie Schwarzbleche. Bleche mit besonders glatter Oberfläche — Weißbleche — werden mit verdünnter Schwefelsäure von dem anhaftenden Glühspan gereinigt, nochmals geglüht und, langsam abgekühlt, in kaltem Zustande glattgewalzt. Der größeren Festigkeit wegen walzt man Bleche nach beiden Richtungen quer zueinander.

Grob- oder Kesselbleche werden in der Weise hergestellt, daß ein Paket aus Rohschienen unter einem schweren Dampfhammer zusammengeschweißt, wieder geglüht und dann auf die erforderlichen Abmessungen ausgewalzt wird.

Drahtwalzwerke bestehen aus Walzen von kleinem Durchmesser, die sich mit großer Geschwindigkeit drehen, um zu schnelle Abkühlung des dünnen Eisens zu verhüten. Aus demselben Grunde läßt man den Draht, sobald der Anfang ein Kaliber durchlaufen hat, sofort durch ein zweites gehen usw., so daß der etwa 60 m lange Drahtfaden gleichzeitig mehrere Kaliber in Schlangenlinien durchläuft. Das für den Arbeiter nicht ungefährliche Führen des Drahtes von einem Kaliber zum nächsten ist schon vielfach durch mechanische Zwangsführung ersetzt. Nach Durchgang durch das letzte Kaliber wird der Draht auf Haspeln aufgewickelt, von Glühspan gereinigt und zu feineren Stärken ausgezogen, indem man ihn durch Zieheisen aus gehärtetem Gußstahl gehen läßt. Da er dabei leicht hart und brüchig wird, wird er in eisernen

Töpfen 3 bis 4 Stunden lang in Rotgluthitze ausgeglüht und nochmals durch Beizen und Waschen mit verdünnter Schwefelsäure vom Glühspan befreit.

Zur Herstellung bestimmter großer, schwieriger Maschinenteile, wie Kurbeln, Achslager, Kreuzköpfe, Zylinder, Kolben, bedient man sich neuerdings mit Vorteil der Schmiedepressen oder Preßhammer, welche mittels Wasserdruck, Dampf oder mechanischer Mittel bewegt werden und die Formgebung des weichen Eisenstückes nicht wie der Dampfhammer durch eine Reihe von einzelnen Schlägen, sondern durch einmaligen Druck, der bei großen Preßhammern bis 4000 t erreicht, bewirken. Die formgebenden Stücke sind der bewegliche Stempel (Patrize), und die auf dem festen Amboß ruhende Matrize, zwischen denen das Arbeitsstück gepreßt und eine Zeitlang unter hohem Druck belassen wird. Kleinere, meist durch Schraubenspindeln oder Exzenter in Bewegung gesetzte Pressen benutzt man für die verschiedensten Zwecke.

## E. Rost- und Feuerschutz des Eisens.

Den großen Vorzügen, die das Eisen andern Baustoffen gegenüber aufzuweisen hat, stehen zwei Hauptmängel entgegen, deren gründliche Beseitigung oder Vermeidung bis heute noch nicht ganz gelungen ist. Das sind der Rost, und das Verhalten eiserner Bauteile bei Feuersgefahr. In wasserhaltiger Luft oxydiert das blanke Eisen zu Eisenoxydhydrat, einer rotbraunen, lockeren Masse, Rost genannt, deren Rauminhalt größer ist, als der des oxydierten Eisens. Der Rost bildet aber nicht, wie sonst der Oxydüberzug bei Metallen, eine Schutzschicht gegen weiteres Oxydieren, sondern er frißt langsam weiter, so daß er durch Zerstörung der tragfähigen Querschnitte der Eisenkonstruktionen eine große Gefahr bildet, auf deren rechtzeitige Erkennung und gründliche Abstellung alle Sorgfalt verwandt werden muß. Kohlenstoffarmes Eisen (Stahl, Schmiedeeisen) rostet leichter als kohlenstoffreiches (Gußeisen), besonders wenn dieses noch seine natürliche, gegossene Oberfläche besitzt.

Man schützt das Eisen vor dem Rosten durch Aufbringen verschiedenartiger Anstriche oder durch Überziehen mit Emaille oder mit andern Metallen.

Vor dem Aufbringen des Anstrichs muß das Eisen sorgfältig von Rost gereinigt werden, was am besten durch Abbürsten mit scharfen Stahlbürsten geschieht. Auch kann man es mit verdünnter Salzsäure abbeizen; diese wird durch Eintauchen oder Abspülen mit Kalkwasser und danach mit heißem Wasser wieder entfernt. Nach dem Trocknen der Eisenteile werden sie mit einem Leinölfirnis, dem 10% Zinkweiß zugesetzt sind, geölt.

Von den Ölfarbenanstrichen hat sich Bleimennige als Grundanstrich am besten bewährt. Eisenmennige ist weniger haltbar und muß völlig frei von Ton sein; ebenso ist Anstrich mit Graphit dauerhaft. Nach dem Trocknen der Grundanstriche erfolgen dann mindestens zwei weitere gut deckende Ölfarbenanstriche. In einzelnen Fällen (gußeiserne Abflußrohre) hat sich ein Überzug mit Teer als zweckmäßig herausgestellt; sein Nachteil ist, daß auf ihm kein Farbanstrich unverändert bleibt. Für Eisen zu Betonarbeiten u. dgl. empfiehlt sich Anstrich mit dünnem Zementbrei, der eine innige Verbindung mit der Oberfläche des Eisens eingeht und einen guten Rostschutz darstellt. Als besondere Schutzfarben gegen Rosten haben sich bewährt: Schuppenpanzerfarbe (*Dr. Gräf & Co.*-Berlin), Zoncafarbe (*Zonca & Co.*-Würzburg), Siderosthen (*Jese-*

rich-Hamburg), Amphibolinfarbe (*Hamann-Ernsthöfen* i. Odenwald), Bessemerfarbe (*Rosenzweig & Baumann-Kassel*).

Verschiedene Gebrauchsgegenstände aus Gußeisen, wie Wannen, Becken jeder Art, Abflußröhren, Fußbodenentwässerungen und ähnliches werden zweckmäßig mit einem Emailleüberzug versehen. Dieser besteht aus zwei Schichten, die nacheinander aufgebracht und eingeschmolzen werden. Die einzelnen Bestandteile sind Quarz, Borax, Ton und Feldspat; für den zweiten Auftrag erfolgt ein Zusatz von Zinnoxid, der den Schmelz undurchsichtig weiß macht.

Überzüge mit andern Metallen stellen einen besseren Rostschutz dar, als Farb-anstriche, sind aber teurer und wegen der beschränkten Größe der das flüssige Metall enthaltenden Pfanne nur bei kleineren Gegenständen anwendbar. Am meisten bewährt ist der Zinküberzug, der eine innige Legierung mit dem Eisen bildet und aufgebracht wird, indem die gut gereinigten und getrockneten Gegenstände in das geschmolzene Zink getaucht werden. Verzinkung auf galvanischem Wege ist, da noch zu umständlich, in der Praxis nur vereinzelt für kleinere Gegenstände anwendbar.

Die Überzüge mit andern Metallen — Zinn, Blei, Kupfer — sind weniger gebräuchlich und werden nur für einzelne bestimmte Fälle zweckmäßig verwandt (z. B. verzinntes Eisenblech = Weißblech).

## F. Prüfung.

Für die Prüfung und Abnahme von Eisenkonstruktionen können die vom Ministerium der öffentlichen Arbeiten durch Runderlaß vom 25. November 1891 herausgegebenen „Besonderen Bedingungen“ als mustergültig bezeichnet werden. Sie werden, soweit sie für die Beurteilung der Baustoffe in Frage kommen, nachstehend auszugsweise angeführt:

### *Besondere Vertragsbedingungen für die Anfertigung, Lieferung und Aufstellung von größeren zusammengesetzten Eisenkonstruktionen.*

(Runderlaß vom 25. November 1891.)

#### **Beschaffenheit der Materialien.**

Die zu verwendenden Materialien müssen von folgender Beschaffenheit sein:

1. Das Schweiß Eisen soll dicht, gut stauch- und schweißbar und weder kalt- noch rotbrüchig sein, es soll keine Langrisse, offene Schweißnähte, Kantenrisse oder sonstige unganze Stellen aufweisen.
2. Das Flußeisen soll glatt gewalzt, ohne Schiefer und Blasen sein und darf weder Kantenrisse, noch unganze Stellen haben.
3. Die Gußstücke sollen, wenn nicht Hartguß oder besondere Gattierungen ausdrücklich vorgeschrieben sind, aus grauem, weichen Eisen sauber und fehlerfrei hergestellt sein. Der vorgeschriebene Flächeninhalt eines Querschnittes muß überall voll vorhanden sein. Der Unterschied der Wanddicken darf bei gußeisernen Säulen bis zu 400 mm mittlerem äußeren Durchmesser und 4,0 m Länge die Größe von 5 mm nicht überschreiten. Bei Säulen von größeren Abmessungen wird der zulässige Unterschied für je 100 mm Mehrdurchmesser und für jedes Meter Mehrlänge um je 0,5 mm erhöht. Die Wandstärke soll jedoch in keinem Fall weniger als 10 mm betragen.

Sollen Säulen aufrecht gegossen werden, so ist dies im Verdingungsanschlage besonders anzugeben.

4. Der zu verwendende Stahl muß ein durchaus gleichmäßiges Gefüge haben, möglichst rein und zäh sein.

### Prüfung der Materialien.

Behufs Feststellung der Festigkeit und sonstigen Beschaffenheit der Materialien sind, sofern nicht die Verwaltung nach ihrem pflichtmäßigen Ermessen unter Umständen glaubt, davon ganz oder teilweise absehen zu dürfen, Proben zur Ausführung zu bringen und zwar kommen in Betracht:

#### 1. Proben mit ungeteilten Gebrauchsstücken.

##### Kaltproben:

1. Außenbesichtigung, 2. Biegeprobe.

#### 2. Proben mit abgetrennten Stücken.

##### a) Kaltproben:

1. Gewöhnliche Biegeprobe, 2. Biegeprobe durch wiederholtes Hin- und Herbiegen, 3. Lochprobe, 4. Bruchprobe, 5. Zerreißprobe, 6. Verwindungsprobe.

##### b) Warmproben:

1. Biegeprobe, 2. Härtungsbiegeprobe, 3. Lochprobe, 4. Ausbreit-(Schmiede-)probe, 5. Stauchprobe, 6. Schweißprobe.

Bei der Vorbereitung der Probestücke und Vornahme der Proben sind im allgemeinen folgende Vorschriften zu beachten:

Die Probestäbe, welche zerrissen, ausgedehnt oder gebogen werden sollen, müssen der Prüfung tunlichst in demselben Zustande unterworfen werden, in welchem das betreffende Material zur Verwendung gelangt. Es ist daher bei der Abtrennung der Probestücke von dem zu untersuchenden Erzeugnis jede Einwirkung auf das Gefüge zu vermeiden.

Ausglühen ist, wenn das Stück nicht ebenfalls vor seiner Verwendung oder im Gebrauche ausgeglüht wird, möglichst zu vermeiden.

Sofern ein Geraderichten der Probestreifen erforderlich ist, sollen dieselben nur bis zu einem das Gefüge des Materials nicht verändernden Hitzeegrad mäßig angewärmt und in diesem Zustande mittels Hammer-schlägen oder unter einer Presse gerade gerichtet und alsdann gleichmäßig und allmählich abgekühlt werden.

Alle Kaltproben sollen bei einer Temperatur von nicht unter  $10^{\circ}\text{C}$  vorgenommen werden.

Die Bearbeitung der Probestäbe muß eine solche sein, daß die Wirkung des Scherenschnittes, Auslochens oder Aushauens zuverlässig beseitigt wird.

Nicht makellose Stäbe dürfen in keinem Falle zu Probestäben verwendet werden.

Im besonderen ist noch zu beachten:

#### Bei den Biegeproben:

Es sind die Längskanten mit der Feile vorsichtig abzurunden.

Wenn möglich, sind die Probestreifen 400 mm lang und 30 bis 50 mm breit zu nehmen.

Es wird die Anwendung von Pressen oder ähnlichen Vorrichtungen empfohlen, welche das Ergebnis der Versuche von der Geschicklichkeit oder dem guten Willen der Arbeiter unabhängig machen.

Als Biegewinkel, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, ist stets der Winkel  $\alpha$  zu betrachten.

#### Bei der Härtungsbiegeprobe:

Die Härtung wird derart bewirkt, daß die Probestreifen schwach rotglühend in Wasser von etwa  $28^{\circ}\text{C}$  abgeschreckt werden.

#### Bei den Zerreißproben:

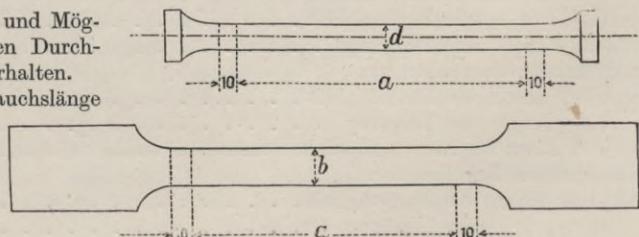
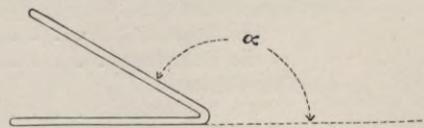
Die Zurichtung der Zerreißproben in kaltem Zustand darf nur mit genau arbeitenden Maschinen und durch geübte Arbeiter geschehen.

Die Form der Probestäbe ist so zu wählen, daß der Teil  $a$ , welcher den zu prüfenden Querschnitt hat, 200 mm (Gebrauchslänge) lang ist.

Rundstäbe sollen je nach Bedarf und Möglichkeit auf der Gebrauchslänge  $a$  einen Durchmesser  $d$  von 10, 15, 20 oder 25 mm erhalten.

Flachstäbe sollen auf der Gebrauchslänge einen Querschnitt von 300 bis 600 qmm haben. Die Breite  $b$  soll dabei wenigstens 30 mm betragen.

Es empfiehlt sich, den auf der Gebrauchslänge  $a$  hergerichteten Quer-



schnitt nach jeder Seite noch um mindestens 10 mm weiter zu führen und erst von da ab die Verstärkungen für die Einspannungen beginnen zu lassen.

Wenn ein Probestab infolge von deutlich erkennbaren Bearbeitungs- oder Materialfehlern oder infolge von nachweisbar unrichtiger Einspannung eine ungenügende Zerreißprobe liefert, so ist letztere nicht maßgebend für die Beurteilung der Festigkeits- und Dehnungsgröße.

Wenn der Bruch außerhalb des mittleren Drittels der Gebrauchslänge stattfindet, so ist die Probe zwar für die Festigkeits-, nicht aber für die Dehnungsgröße maßgebend. Wenn dabei die Dehnungsgröße als eine ungenügende erscheint, so ist zur richtigen Bestimmung derselben eine neue, im mittleren Drittel zum Bruch gelangende Probe zu machen.

Zerreißmaschinen von bestimmter Bauart werden nicht vorgeschrieben, für deren Brauchbarkeit jedoch folgende Grundsätze aufgestellt:

Die Belastung des Probestückes darf nicht stoßweise erfolgen, sondern muß stetig und langsam vor sich gehen können.

Die Einspannvorrichtung muß so beschaffen sein, daß die Mittelachse des Versuchsstabes genau mit der Zugrichtung zusammenfällt.

Die Maschine muß leicht und sicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden können.

Für die einzelnen Materialien wird im übrigen bezüglich der Art und der Ausführung der Proben folgendes vorgeschrieben:

### I. Schweißeisen.

#### A. Herrichtung und Anzahl der Proben.

Das zu prüfende Material darf nicht ausgeglüht werden. Von je 100 Stück Stäben oder Platten können drei Proben, und zwar nach Möglichkeit aus den Abfall-Enden entnommen werden. Wenn dieselben den gestellten Vorschriften genügen, so gelten diese 100 Stäbe oder Platten als angenommen. Genügt eine dieser drei Proben nicht, so darf dafür aus der betreffenden Materialmenge eine neue entnommen werden. Entspricht diese auch nicht den Anforderungen, so kann das Material verworfen werden.

#### B. Zerreiß- und Dehnungsproben.

Die Mindestbeträge der Zugfestigkeit sind so zu verstehen, daß die Versuchsstücke die angegebenen Belastungen für die Dauer von 2 Minuten tragen müssen; die Mindestbeträge der Dehnung so, daß die Versuchsstücke sich um den angegebenen Bruchteil der Länge von 200 mm ausdehnen müssen, wobei die Messung nach erfolgtem Bruche vorzunehmen ist.

1. Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen und solche Bleche, welche im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden.

Die Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

5 bis 10 mm einschließlich . . . . .	36 kg a. d. qmm
mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm . . . . .	35 „ „ „ „
mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm . . . . .	34 „ „ „ „
die Dehnung in allen Fällen . . . . .	12 Prozent.

2. Bleche mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben (z. B. Stegbleche von Blechträgern, Kragträgern, Eckversteifungen).

In der Längsrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . .	35 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	10 Prozent.

In der Querrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . .	28 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	3 Prozent.

3. Bleche ohne ausgesprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verschiedenen Richtungen beansprucht werden (z. B. Anschlußbleche).

In der Hauptwalzrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . .	35 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	10 Prozent.

In der Querrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . .	30 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	4 Prozent.

4. Eisen für Niete und solche Schrauben, welche auf Abscheren beansprucht werden; bis zu 25 mm einschließlich Durchmesser:

die Zugfestigkeit . . . . .	38 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	18 Prozent.

von mehr als 25 bis 40 mm einschließlich Durchmesser:

die Zugfestigkeit . . . . .	36 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	15 Prozent.

5. Trägereisen, nämlich I, C, Z, T ähnliche Formeisen:

a) Für die Flanschen:

die Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

10 mm oder weniger . . . . .	36 kg a. d. qmm
mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm . . . . .	35 „ „ „ „
mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm . . . . .	34 „ „ „ „
die Dehnung in allen Fällen . . . . .	12 Prozent.

b) Für die Stege:

die Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

10 mm oder weniger . . . . .	35 kg a. d. qmm
mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm . . . . .	34 „ „ „ „
mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm . . . . .	33 „ „ „ „
die Dehnung in allen Fällen . . . . .	10 Prozent.

6. Belag-Eisen (sofern solche nicht, wie sonst üblich, aus Flußeisen gefertigt werden) und zwar:

a) Tonnenbleche. Da dieselben im wesentlichen nur in einer Richtung, und zwar in derjenigen, in welcher sie gebogen werden und zu welcher die Hauptwalzrichtung zu nehmen ist, beansprucht werden, so gelten dafür die Vorschriften wie unter 1, also — da deren Dicke wohl stets in den Grenzen von 5 bis 10 mm bleibt — in der Hauptwalzrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . .	36 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	12 Prozent.

b) Buckelbleche. Da dieselben annähernd so lang wie breit und daher in beiden Richtungen auch annähernd gleichen Anstrengungen unterworfen sind, so ist die in der Querrichtung zu erzielende Festigkeit für beide Richtungen maßgebend, nämlich bei den vorkommenden Dicken von 5 bis 10 mm:

die Zugfestigkeit . . . . .	30 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	4 Prozent.

c) Wellbleche. Da dieselben bei der Formgebung schon sehr großen Ansprüchen genügen müssen, so kann bei ihnen von Festigkeits- und Dehnungsproben abgesehen werden. Wegen der Schwierigkeit der Herstellung aus Flußeisen werden sie, namentlich die Trägerwellbleche, fast ausschließlich aus Flußeisen angefertigt.

d) Zores-Eisen:

die Zugfestigkeit . . . . .	33 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . .	6 Prozent.

C. Sonstige Proben.

1. Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen, Blechen und Trägereisen.

a) Biegeproben. Ausgeschnittene Längsstreifen von 30 bis 35 mm Breite mit abgefeilten runden Kanten oder Rund- und Vierkanteisen müssen über eine Rundung von 13 mm Halbmesser winkelförmig gebogen werden können, ohne daß sich an der Biegungsstelle ein Bruch im metallischen Eisen zeigt. Der Winkel  $a$ , welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt in Graden für Biegung in kaltem Zustande:

bei Eisenstärken von 8 bis 11 mm	$a = 50^\circ$
„ „ „ 12 „ 15 „	$a = 35^\circ$
„ „ „ 16 „ 20 „	$a = 25^\circ$
„ „ „ 21 „ 25 „	$a = 15^\circ$

für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande:

bei Eisenstärken bis 25 mm	$a = 120^\circ$
„ „ über 25 „	$a = 90^\circ$ .

b) Ausbreitprobe. In rotwarmem Zustande muß ein auf kaltem Wege abgetrennter, 30 bis 50 mm breiter Streifen eines Flach-, Winkel-, Rund- oder Vierkanteisens oder eines Bleches mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammfinne bis auf das  $1\frac{1}{2}$ fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren von Trennung im Eisen zu zeigen.

2. Bei Nieteisen.

a) Biegeprobe. Nieteisen soll kalt gebogen, eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich der halben Dicke des Rundeisens bilden können, ohne Spuren einer Trennung an der Biegungsstelle zu zeigen.

- b) Stauchproben. Ein Stück Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

## 2. Flußeisen.

### A. Herrichtung und Anzahl der Proben.

Das zu prüfende Material darf nicht besonders ausgeglüht werden. Es sind daher auch die Versuchsstücke von dem zu untersuchenden Eisen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten.

Es können von je 100 Stück Stäben oder Platten 5 Proben und zwar nach Möglichkeit aus den Abfall-Enden entnommen werden. Wenn dieselben den gestellten Vorschriften genügen, so gelten diese 100 Stäbe oder Platten als angenommen. Genügt eine dieser Proben nicht, so darf dafür aus der betreffenden Materialmenge eine neue entnommen werden. Entspricht diese auch nicht den Anforderungen, so kann das Material verworfen werden.

### B. Zerreiß- und Dehnungsproben.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 37 kg und höchstens 44 kg auf das qmm, und zwar in der Längs- und Querrichtung, die Dehnung mindestens 20% für Längs- und Querrichtung betragen.

Die Zerreißproben sollen in der Regel 300 bis 600 qmm Querschnitt haben und die Beobachtungen auf einer Länge von 200 mm vorgenommen werden. Die Mindestbeträge der Zerreißfestigkeit sind so zu verstehen, daß die Versuchsstücke die angegebenen Belastungen für die Dauer von 2 Minuten tragen müssen; die Mindestbeträge der Dehnung so, daß die Versuchsstücke sich um den angegebenen Bruchteil der Länge von 200 mm ausdehnen müssen, wobei die Messung nach erfolgtem Bruche vorzunehmen ist.

### C. Sonstige Proben.

Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen, Blechen und Trägereisen.

a) Biegeproben. Streifen von 30 bis 50 mm Breite mit abgefeilten runden Kanten oder Rund- oder Vierkanteisen sollen kalt gebogen eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich der halben Dicke des Versuchsstückes bilden können, ohne irgendwelche Risse zu zeigen. Eine versuchte Härtung darf das Ergebnis der Biegeprobe nicht ungünstig beeinflussen.

b) Stauchproben. Ein Stück Rundeisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

Anmerkung: Bei den Warmproben ist der schwarzwarmer Zustand zu vermeiden, weil die Bearbeitung in diesem Zustande schädlich wirkt.

## 3. Für Gußeisen.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 12 kg auf das Quadratmillimeter betragen.

Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 30 mm Seite, auf zwei 1 m voneinander entfernten Stützen liegend, muß eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht.

Es muß möglich sein, mittels eines gegen eine rechtwinklige Kante des Gußstückes mit dem Hammer geführten Schläges einen Eindruck zu erzielen, ohne daß die Kante abspringt.

## 4. Für Stahl.

Die Zugfestigkeit in der Längsrichtung soll mindestens 52 kg für das Quadratmillimeter, die Dehnung 12% betragen.

### Bearbeitung der Materialien.

Die durch Nietung der Verschraubung zu vereinigenden Teile müssen genau aufeinander passen und in den Fugen dicht schließen.

Der Grat an allen gewalzten Stücken muß entfernt werden.

Sämtliche Stoßfugen müssen so genau bearbeitet sein, daß die Stoßflächen sich berühren.

Die vorgeschriebenen Biegungen und Kröpfungen der Platten und Stäbe sind glatt und ohne Verdrehung herzustellen und dürfen weder Risse noch Brüche haben. Auch muß der Querschnitt in den Kröpfungen und Biegungen der gleiche sein, wie in den geraden Stücken.

Hinter den Kröpfungen und Biegungen müssen die betreffenden Teile dicht an den mit ihnen zu verbindenden Stücken anliegen; sie dürfen später unter keinen Umständen durch die Befestigungsniete herangezogen werden.

Die sämtlichen Kanten der Steg- und Anschlußbleche, die Kopfflächen aller Flacheisen, Winkel- und sonstigen Formeisen und aller aus verschiedenen Stärken zusammengesetzten Träger, sowie diejenigen Flächen der Auflager von Trägern, Bindern, Säulen usw., welche unter sich oder mit anderen Stücken in Berührung kommen, müssen nach Maß bearbeitet werden und genau aufeinander passen.

Die Verzinkung muß, wo eine solche vorgeschrieben ist, eine vollkommene sein und darf bei gebohrten, gelochten oder sonst bearbeiteten Stücken erst nach der Bearbeitung erfolgen. Die verzinkten Teile müssen bis zum Bruch hin- und hergebogen werden können, ohne daß sich die Verzinkung ablöst. Zur Verzinkung darf nur bestes Rohzink ohne Beimischung anderer Materialien verwendet werden.

Die Modelle zu Gußstücken mit architektonischer Ausbildung bedürfen der Genehmigung durch die Verwaltung, welche der Unternehmer rechtzeitig zu beantragen hat.

#### Herstellung der Niet- und Schraubenlöcher.

Die Niet- und Schraubenlöcher in den Stäben sollen sämtlich gebohrt werden, diejenigen in den Blechen und Platten dürfen auch gelocht werden, sofern das Material nicht Flußeisen oder Stahl ist. Bei den Belagblechen aus Flußeisen steht dem Lochen nichts entgegen.

Alle Löcher in den zu verbindenden Teilen, welche getrennt für sich gebohrt oder gelocht werden, sind zunächst mit einem etwas geringeren Durchmesser herzustellen und erst nach Zusammensetzung der Teile durch Aufreiben mit der Reibahle auf den richtigen, der Nietstärke entsprechenden Durchmesser zu bringen, so daß sie vollständig glatte, metallreine Wandungen erhalten.

Die Bearbeitung der Löcher mit der Rundfeile ist verboten.

Die Nietlöcher müssen die in den Zeichnungen nachstehend vorgeschriebene Versenkung haben.

Im übrigen gilt als Regel, daß die Mittelpunkte der Löcher von den Kanten der Stäbe, Bleche, Platten usw. mindestens entfernt sein müssen:

	bei 16 mm Lochweite	30 mm	
„ 20 „	„	40	„
„ 23 „	„	45	„
„ 26 „	„	50	„
„ 30 „	„	60	„

Die Kanten der Löcher dürfen keine Risse zeigen, sondern müssen glatt sein. Vor dem Einziehen der Niete und Schrauben sind die Löcher von jedem Grate zu befreien und gehörig zu reinigen.

#### Reinigung der Eisenkonstruktionen vor der Besichtigung durch den überwachenden Beamten.

Unmittelbar nach den vorstehend erwähnten Bearbeitungen, jedoch vor weiterer Zusammensetzung, sowie vor dem ersten Anstrich sind die Eisenteile auf das sorgfältigste von Staub, Schmutz, Glühspan und Rost, entweder trocken durch Scheuern mit Bürsten usw. oder naß durch Beizen mit verdünnter Salzsäure usw. zu reinigen und dann sofort mit einem Anstrich von reinem heißen Leinölfirnis mit 10% Zinkweißzusatz zu versehen.

Erfolgt die Reinigung durch Beizen, so ist zunächst die an den Eisenteilen etwa noch anhaftende Säure durch Eintauchen in Kalkwasser zu beseitigen. Demnächst sind die Eisenteile in reinem Wasser abzuspülen, sodann in kochendem Wasser bis zur Siedehitze zu erwärmen, nach Verdunstung der anhaftenden Wasserteile allseitig mit einer aus 90 Teilen dünnflüssigen, schnell trocknenden, guten, wasser- und säurefreien Leinölfirnis und 10 Teilen Zinkweiß bestehenden Farbe satt zu bestreichen und schließlich zum Abtrocknen in gedeckten Räumen zu lagern.

Nach erfolgter Reinigung und Aufbringung des Firnisanstriches sind die Eisenteile dem überwachenden Beamten zur Besichtigung vorzulegen.

#### Anstrich.

1. In der Werkstatt. Bevor die einzelnen oder die zusammengesetzten Bauteile von dem überwachenden Beamten besichtigt und geprüft worden sind, dürfen dieselben keinen anderen als den beschriebenen Anstrich erhalten.

Sofort nach der Prüfung sind die einzelnen Teile nochmals sorgfältig zu reinigen, die Fugen zwischen den sich berührenden Flächen mit einem aus Bleiweiß und Leinölfirnis bereiteten steifen Kitt zu verstreichen und zu dichten, sowie demnächst die Teile allseits mit Bleimennigefarbe zu streichen.

Der Grundanstrich darf nur in dünner Schicht aufgetragen werden und muß gut trocknen.

2. Nach beendigter Aufstellung. Nach beendigter Aufstellung sind die in der Werkstätte gefertigten Anstriche an den beschädigten Stellen auszubessern und an den auf der Baustelle geschlagenen Nieten nachzuholen. Nachdem dann sämtliche Fugen an den Berührungsflächen je zweier Stücke gehörig und sorgfältig ausgekittet sind, ist dem gesamten Eisenwerk ein nochmaliger Anstrich mit reiner

Bleimennige-Farbe und demnächst ein mindestens zweimaliger, jedenfalls vollkommen deckender Ölfarb-anstrich, dessen Färbung seitens der Verwaltung bestimmt wird, zu geben. Alle zwischen den Verbands-teilen sich bildenden Räume, in denen sich Wasser ansammeln kann, müssen mit Asphaltkitt vollständig ausgefüllt und sauber verstrichen werden.

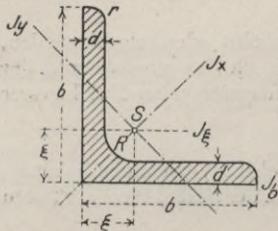
Bei den verzinkten Stücken fallen die Grundanstriche mit Bleimennige-Farbe fort.

Die sämtlichen von Erde, Steinen, Kies, Sand, Mörtel oder Mauerwerk berührten Flächen sind anstatt der Ölfarbanstriche mit Anstrichen von angewärmtem, guten Holzkohlenteer zu versehen.

## G. Deutsche Normalprofile für Walzeisen.<sup>1)</sup>

Bemerkung: Die angegebenen Gewichte gelten für Flußeisen (spez. Gew. = 7,85).

### 1. Gleichschenklige Winkeleisen.



Normallängen = 4 bis 8 m.

Größte Länge = 12 bis 16 m.

Abrundungshalbmesser der inneren Winkelecke  $R = 0,5 (d_{\min} + d_{\max})$ .

Abrundungshalbmesser der Schenkelenden  $r = 0,5 R$  (auf halbe mm abgerundet).

Schwerpunkt Abstand  $\xi \approx \frac{1}{4} b + 0,36 d$ .

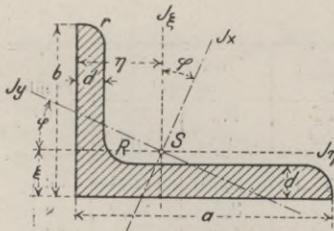
Vorprofile mit gleicher Schenkelbreite und 1 mm größerer Schenkelstärke werden gewalzt.

Profil-Nr.	Breite <i>b</i> mm	Stärke <i>d</i> mm	Quer- schnitt <i>F</i> qcm	Gewicht f. 1 m kg	Abstand d. Schwer- punktes $\xi_0$ mm	Trägheitsmoment			
						$J_b$ cm <sup>4</sup>	$J_\xi$ cm <sup>4</sup>	$J_x = \max$ cm <sup>4</sup>	$J_y = \min$ cm <sup>4</sup>
1 1/2	15	3	0,82	0,65	4,8	0,33	0,15	0,24	0,06
		4	1,05	0,83	5,1	0,46	0,18	0,29	0,08
2	20	3	1,12	0,88	6,0	0,78	0,38	0,62	0,15
		4	1,45	1,14	6,4	1,07	0,48	0,77	0,19
2 1/2	25	3	1,42	1,12	7,3	1,53	0,79	1,27	0,31
		4	1,85	1,45	7,6	2,08	1,00	1,61	0,40
3	30	4	2,27	1,78	8,9	3,5	1,80	2,85	0,76
		6	3,27	2,57	9,6	5,5	2,48	3,91	1,06
3 1/2	35	4	2,67	2,09	10,0	5,6	2,96	4,68	1,24
		6	3,87	3,04	10,8	8,6	4,13	6,50	1,77
4	40	4	3,08	2,42	11,2	8,3	4,47	7,09	1,86
		6	4,48	3,51	12,0	12,8	6,35	9,98	2,67
		8	5,80	4,55	12,8	17,4	7,90	12,4	3,38
4 1/2	45	5	4,30	3,38	12,8	14,9	7,85	12,4	3,25
		7	5,86	4,60	13,6	21,2	10,4	16,4	4,39
		9	7,34	5,76	14,4	27,8	12,6	19,8	5,40
5	50	5	4,80	3,77	14,0	20,4	11,0	17,4	4,59
		7	6,56	5,15	14,9	29,0	14,5	23,1	6,02
		9	8,24	6,47	15,6	38,0	17,9	28,1	7,67
5 1/2	55	6	6,31	4,95	15,6	32,8	17,3	27,4	7,24
		8	8,23	6,46	16,4	44,2	22,1	34,8	9,35
		10	10,07	7,90	17,2	56,0	26,3	41,4	11,27
6	60	6	6,91	5,42	16,9	42,5	22,7	36,1	9,43
		8	9,03	7,09	17,7	57,5	29,2	46,1	12,1
		10	11,07	8,69	18,5	72,8	34,8	55,1	14,6
6 1/2	65	7	8,7	6,8	18,5	63,0	33,4	53,0	13,8
		9	11,0	8,6	19,3	82,0	41,3	65,4	17,2
		11	13,2	10,3	20,0	101,0	48,7	76,8	20,7
7	70	7	9,4	7,4	19,7	79,0	42,3	67,1	17,6

<sup>1)</sup> Nach dem Deutschen Normalprofilbuche für Walzeisen zu Bauzwecken (6. Aufl., 1904) und für Walzeisen zu Schiffbauzwecken (5. Aufl., 1897).

Profil-Nr.	Breite <i>b</i> mm	Stärke <i>d</i> mm	Querschnitt <i>F</i> qcm	Gewicht f. 1 m kg	Abstand d. Schwer- punktes $\xi_0$ mm	Trägheitsmoment			
						$J_b$ cm <sup>4</sup>	$J_\xi$ cm <sup>4</sup>	$J_x = \max$ cm <sup>4</sup>	$J_y = \min$ cm <sup>4</sup>
7		9	11,9	9,3	20,5	102,0	52,5	83,1	22,0
		11	14,3	11,2	21,3	126,0	62,0	97,6	26,0
7 <sup>1/2</sup>	75	8	11,5	9,0	21,3	111,0	59,0	93,3	24,4
		10	14,1	11,1	22,1	140,0	71,0	113,0	29,8
8	80	12	16,7	13,1	22,9	170,0	82,5	130,0	34,7
		8	12,3	9,7	22,6	135,0	72,0	115,0	29,6
9	90	10	15,1	11,9	23,4	170,0	87,5	139,0	35,9
		12	17,9	14,1	24,1	206,0	102,0	161,0	43,0
10	100	9	15,5	12,2	25,4	216,0	116,0	184,0	47,8
		11	18,7	14,7	26,2	266,0	138,0	218,0	57,1
11	110	13	21,8	17,1	27,0	317,0	158,0	250,0	65,9
		10	19,2	15,1	28,2	329,0	177,0	280,0	73,3
12	120	12	22,7	17,8	29,0	398,0	207,0	328,0	86,2
		14	26,2	20,6	29,8	468,0	235,0	372,0	98,3
13	130	10	21,2	16,6	30,7	438,0	239,0	379,0	98,6
		12	25,1	19,7	31,5	529,0	280,0	444,0	116,0
14	140	14	29,0	22,8	32,1	621,0	319,0	505,0	133,0
		11	25,4	19,9	33,6	626,0	340,0	541,0	140,0
15	150	13	29,7	23,3	34,4	745,0	393,0	625,0	162,0
		15	33,9	26,6	35,1	864,0	445,0	705,0	186,0
16	160	12	30,0	23,6	36,4	869,0	472,0	750,0	194,0
		14	34,7	27,2	37,2	1020,0	540,0	857,0	223,0
17	170	16	39,3	30,9	38,0	1171,0	604,0	959,0	251,0
		13	35,0	27,5	39,2	1175,0	638,0	1014,0	262,0
18	180	15	40,0	31,4	40,0	1363,0	723,0	1148,0	298,0
		17	45,0	35,3	40,8	1554,0	805,0	1276,0	334,0
19	190	14	40,3	31,6	42,0	1559,0	845,0	1343,0	347,0
		16	45,7	35,9	43,0	1790,0	949,0	1507,0	391,0
20	200	18	51,0	40,0	44,0	2023,0	1052,0	1665,0	438,0
		15	46,1	36,2	45,0	2027,0	1099,0	1745,0	453,0
21	210	17	51,8	40,7	46,0	2308,0	1225,0	1945,0	506,0
		19	57,5	45,1	47,0	2590,0	1348,0	2137,0	558,0

## 2. Ungleichschenklige Winkeleisen.



Normallängen = 4 bis 8 m.

Größte Länge = 12 bis 16 m.

Abrundungshalbmesser der inneren Winkelecke  $R = 0,5 (d_{\min} + d_{\max})$ .

Abrundungshalbmesser der Schenkelenden  $r = 0,5 R$  (auf halbe mm abgerundet).

Vorprofile mit gleichen Schenkelbreiten und 1 mm größerer Schenkelstärke werden gewalzt.

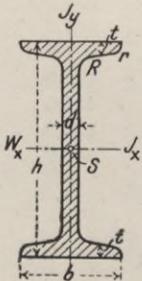
$i$  (in mm) ist der lichte Abstand zweier ungleichschenkligen  $\llcorner$ , wobei die beiden Haupt-Trägheitsmomente gleich groß ( $= 2 J_\xi$ ) sind.

Profil-Nr.	Abmessungen			Querschnitt <i>F</i> qcm	Gewicht f. 1 m kg	Abstand des Schwerpunktes.		$tg \varphi$	Trägheitsmoment				$i$ mm
	<i>b</i> mm	<i>a</i> mm	<i>d</i> mm			$\xi$ mm	$\eta$ mm		$J_\xi$ cm <sup>4</sup>	$J_\eta$ cm <sup>4</sup>	$J_x = \max$ cm <sup>4</sup>	$J_y = \min$ cm <sup>4</sup>	
Schenkelverhältnis $b : a = 1 : 1^{1/2}$ .													
2/3	20	30	3	1,42	1,12	4,9	9,9	0,4216	1,25	0,45	1,42	0,28	5,2
			4	1,85	1,45	5,4	10,3	0,4214	1,60	0,55	1,82	0,33	4,3
3/4 <sup>1/2</sup>	30	45	4	2,87	2,25	7,4	14,8	0,4334	5,77	2,05	6,63	1,19	8,0
			5	3,53	2,77	7,8	15,2	0,4288	6,99	2,46	8,01	1,44	7,1
4/6	40	60	5	4,79	3,76	9,7	19,5	0,4319	17,3	6,20	19,8	3,66	11,0

Profil-Nr.	Abmessungen			Querschnitt <i>F</i> qcm	Gewicht f. 1 m kg	Abstand des Schwerpunktes.		<i>t g φ</i>	Trägheitsmoment				<i>i</i> mm
	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>d</i>			$\xi$	$\eta$		<i>J<sub>ξ</sub></i>	<i>J<sub>η</sub></i>	<i>J<sub>x</sub></i> = max	<i>J<sub>y</sub></i> = min	
	mm	mm	mm			mm	mm						
5/7½	50	75	7	6,55	5,14	10,5	20,4	0,4275	22,8	8,10	26,3	4,63	9,0
			8,33	6,54	12,4	24,7	0,4304	46,3	16,4	53,1	9,58	13,1	
			9	10,5	8,24	13,2	25,6	0,4272	57,2	20,1	65,4	11,9	11,2
6½/10	65	100	9	14,2	11,1	15,9	33,1	0,4101	140,0	46,6	160,0	26,8	19,5
			11	17,1	13,4	16,7	34,0	0,4074	167,0	55,3	189,0	32,9	17,7
8/12	80	120	10	19,1	15,0	19,5	39,2	0,4348	276,0	97,9	317,0	56,8	22,1
			12	22,7	17,8	20,2	40,0	0,4304	323,0	115,0	370,0	67,5	20,1
10/15	100	150	12	28,7	22,5	24,2	48,9	0,4361	649,0	232,0	747,0	134,0	27,8
			14	33,2	26,1	25,0	49,7	0,4339	744,0	263,0	854,0	153,0	26,1

Schenkelverhältnis  $b : a = 1 : 2$ .

2/4	20	40	3	1,72	1,35	4,4	14,3	0,2575	2,81	0,46	2,96	0,31	14,6
			4	2,25	1,77	4,8	14,7	0,2528	3,58	0,60	3,78	0,40	13,4
3/6	30	60	5	4,29	3,37	6,8	21,5	0,2544	15,6	2,61	16,5	1,71	21,2
			7	5,85	4,59	7,6	22,4	0,2479	20,6	3,42	21,8	2,28	19,1
4/8	40	80	6	6,89	5,40	8,8	28,5	0,2568	44,9	7,66	47,6	4,99	28,9
			8	9,01	7,08	9,6	29,4	0,2518	57,5	9,70	60,8	6,41	26,9
5/10	50	100	8	11,5	9,03	11,2	35,9	0,2565	116,0	19,6	123,0	12,8	35,5
			10	14,1	11,1	12,0	36,7	0,2658	141,0	23,5	150,0	14,6	33,7
6½/13	65	130	10	18,6	14,6	14,5	46,5	0,2569	320,0	54,4	339,0	35,4	46,6
			12	22,1	17,3	15,3	47,5	0,2549	374,0	62,8	395,0	41,3	44,4
8/16	80	160	12	27,5	21,6	17,7	57,2	0,2586	719,0	122,0	762,0	79,4	57,8
			14	31,8	25,0	18,5	58,1	0,2679	822,0	139,0	875,0	86,0	55,7
10/20	100	200	14	40,3	31,6	21,8	71,2	0,2608	1654,0	282,0	1754,0	182,0	73,1
			16	45,7	35,9	22,6	72,0	0,2586	1863,0	315,0	1973,0	205,0	71,2



### 3. I-Eisen.

(Doppel-T-Eisen oder I-Eisen).

Normallängen = 4 bis 10 m. Größte Länge = 14 bis 20 m.

Neigung der inneren Flanschlflächen = 14% rd. 1 : 7.

Abrundungshalbmesser zwischen Steg und Flansch  $R = d$ .

Abrundungshalbmesser der inneren Flanschkanten  $r = 0,6 d$ .

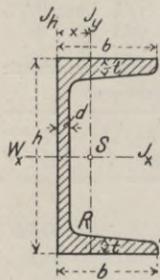
Die Flanschstärke  $t$  liegt im Abstände  $\frac{1}{4} b$  beiderseits der Profilmittle, und zwar ist  $t \approx 1,5 d$ .

Profil-Nr.	Höhe <i>h</i> mm	Breite <i>b</i> mm	Stärke		Querschnitt <i>F</i> qcm	Gewicht f. 1 m kg	Trägheitsmoment		Widerstands- moment		Profil-Nr.
			Steg <i>d</i> mm	Flansch <i>t</i> mm			<i>J<sub>y</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>J<sub>x</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>y</sub></i> cm <sup>3</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> cm <sup>3</sup>	
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,95	6,3	77,7	2,99	19,4	8
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,06	8,8	117	3,81	25,9	9
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,33	12,2	170	4,86	34,1	10
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,65	16,2	238	5,99	43,3	11
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	21,4	327	7,38	54,5	12
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,6	27,4	435	8,85	67,0	13
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,3	35,2	572	10,7	81,7	14
15	150	70	6,0	9,0	20,4	16,0	43,7	734	12,5	97,9	15
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	54,5	933	14,7	117	16
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,8	66,5	1165	17,1	137	17
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,9	81,3	1444	19,8	161	18
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,9	97,2	1759	22,6	185	19
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,2	117	2139	25,9	214	20
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,5	137	2558	29,3	244	21

Profil-Nr.	Höhe $h$ mm	Breite $b$ mm	Stärke		Querschnitt $F$ qcm	Gewicht f. 1 m kg	Trägheitsmoment		Widerstandsmoment		Profil-Nr.
			Steg $d$ mm	Flansch $t$ mm			$J_y$ cm <sup>4</sup>	$J_x$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	
22	220	98	8,1	12,2	39,5	31,0	163	3055	33,3	278	22
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,4	188	3605	36,9	314	23
24	240	106	8,7	13,1	46,1	36,2	220	4239	41,6	353	24
25	250	110	9,0	13,6	49,7	39,0	255	4954	46,4	396	25
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,8	287	5735	50,6	441	26
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,8	325	6623	56,0	491	27
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,9	363	7575	60,8	541	28
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,9	403	8619	66,1	594	29
30	300	125	10,8	16,2	69,0	54,2	449	9785	71,9	652	30
32	320	131	11,5	17,3	77,7	61,0	554	12493	84,6	781	32
34	340	137	12,2	18,3	86,7	68,1	672	15670	98,1	922	34
36	360	143	13,0	19,5	97	76,2	817	19576	114	1088	36
38	380	149	13,7	20,5	107	84,0	972	23978	131	1262	38
40	400	155	14,4	21,6	118	92,6	1160	29173	150	1459	40
42 <sup>1/2</sup>	425	163	15,3	23,0	132	104,0	1433	36956	176	1739	42 <sup>1/2</sup>
45	450	170	16,2	24,3	147	115	1722	45888	203	2040	45
47 <sup>1/2</sup>	475	178	17,1	25,6	163	128	2084	56410	234	2375	47 <sup>1/2</sup>
50	500	185	18,0	27,0	179	141	2470	68736	267	2750	50
55	550	200	19,0	30,0	212	166	3486	99054	349	3602	55
60*	600	215	21,6	32,4	254	199	4668	138957	434	4632	60 <sup>1</sup> )

### 4. C-Eisen.

(E- oder U-Eisen).



Normallängen = 4 bis 8 m. Größte Länge = 12 bis 16 m.

Neigung der inneren Flanschflächen = 8% (1 : 12,5).

Abrundungshalbmesser  $R = t$  und  $r = 0,5 t$  (auf halbe mm abgerundet).

Die Flanschstärke  $t$  liegt in der Mitte der Flanschbreite  $b$ .

$i$  (in mm) ist der leichte Abstand zweier  $\llcorner$ , wobei die beiden Haupt-Trägheitsmomente gleich groß (=  $2 J_x$ ) sind.

### C-Eisen für allgemeine Zwecke.

Profil-Nr.	Höhe $h$ mm	Breite $b$ mm	Stärke		Querschnitt $F$ qcm	Gewicht f. 1 m kg	Abstand d. Schwerpunktes $x$ mm	Trägheitsmoment			Abstand $i$ mm	Widerstandsmoment $W_x$ cm <sup>3</sup>	Profil-Nr.
			Steg $d$ mm	Flansch $t$ mm				$J_h$ cm <sup>4</sup>	$J_y$ cm <sup>4</sup>	$J_x$ cm <sup>4</sup>			
3	30	33	5	7	5,44	4,27	13,1	14,7	5,33	6,39	—	4,3	3
4	40	35	5	7	6,21	4,88	13,3	17,7	6,68	14,1	—	7,1	4
5	50	38	5	7	7,12	5,59	13,7	22,5	9,12	26,4	3,8	10,6	5
6 <sup>1/2</sup>	65	42	5,5	7,5	9,03	7,10	14,2	32,3	14,1	57,5	15,4	17,7	6 <sup>1/2</sup>
8	80	45	6	8	11,0	8,66	14,5	43,2	19,4	106	27,1	26,5	8
10	100	50	6	8,5	13,5	10,6	15,5	61,7	29,3	206	41,4	41,1	10
12	120	55	7	9	17,0	13,3	16,0	86,7	43,2	364	54,9	60,7	12
14	140	60	7	10	20,4	16,0	17,5	125	62,7	605	68,1	86,4	14
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	18,4	166	85,3	925	81,5	116	16
18	180	70	8	11	28,0	22,0	19,2	217	114	1354	94,7	150	18
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	20,1	278	148	1911	108	191	20
22	220	80	9	12,5	37,4	29,4	21,4	368	197	2690	120	245	22
24	240	85	9,5	13	42,3	33,2	22,3	458	248	3598	133	300	24
26	260	90	10	14	48,3	37,9	23,6	586	317	4823	146	371	26
28	280	95	10	15	53,3	41,8	25,3	740	399	6276	159	450	28
30	300	100	10	16	58,8	46,2	27,0	924	495	8026	172	535	30

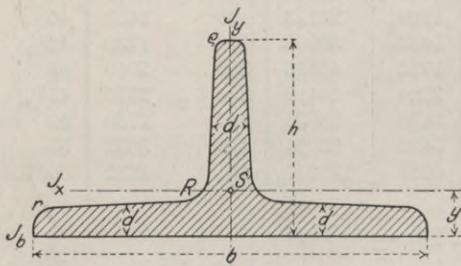
1) Walzprofil der Dortmunder Union, wird demnächst normal.

Profil-Nr.	Höhe $h$ mm	Breite $b$ mm	Stärke		Querschnitt $F$ qcm	Gewicht f. 1 m kg	Abstand d. Schwerpunktes $\alpha$ mm	Trägheitsmoment			Abstand $i$ mm	Widerstandsmoment $w_z$ cm <sup>3</sup>	Profil-Nr.
			Steg $d$ mm	Flansch $t$ mm				$J_x$ cm <sup>4</sup>	$J_y$ cm <sup>4</sup>	$J_z$ cm <sup>4</sup>			

**[ -Eisen für den Eisenbahnwagenbau.**

10 <sup>1/2</sup>	105	65	8	8	17,3	13,6	18,8	122	61,2	287	34,6	54,7	10 <sup>1/2</sup>
11 <sup>3/4</sup>	117,5	65	10	10	22,6	17,7	19,1	160	77,1	447	42,7	76,1	11 <sup>3/4</sup>
14 <sup>1/2</sup>	145	60	8	8	19,8	15,5	15,0	98,1	53,6	585	73,6	80,7	14 <sup>1/2</sup>
23 <sup>1/2</sup>	235	90	10	12	42,4	33,3	22,8	492	272	3429	127	292	23 <sup>1/2</sup>
26	260	90	10	10	41,6	32,7	19,7	398	237	3900	148	300	26
30	300	75	10	10	42,8	33,6	15,0	241	145	4925	181	328	30

**5. T-Eisen.**



Normallängen = 4 bis 8 m.

Größte Längen 12 bis 16 m.

Abrundungshalbmesser in den Winkelecken  $R = d$ ,

Abrundungshalbmesser am Fuße  $r = 0,5 d$ ,

Abrundungshalbmesser am Stege  $e = 0,25 d$ , jedoch  $r$  und  $e$  auf halbe mm abgerundet.

Neigungen bei breitfüßigen T-Eisen: Steg je 4%, Fuß je 2%.

Neigungen bei hochstegigen T-Eisen: Steg und Fuß je 2%. Die Stärken  $d$  sind in den Abständen  $\frac{1}{2} h$  bzw.  $\frac{1}{4} b$  von außen gemessen.

Profil-Nr.	Breite $b$ mm	Höhe $h$ mm	Stärke $d$ mm	Querschnitt $F$ qcm	Gewicht f. 1 m kg	Abstand d. Schwerpunktes $y$ mm	Trägheitsmoment		
							$J_b$ cm <sup>4</sup>	$J_x$ cm <sup>4</sup>	$J_y$ cm <sup>4</sup>

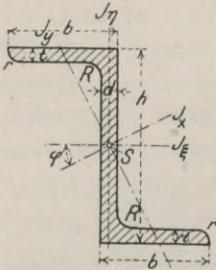
**Breitfüßige T-Eisen.  $h : b = 1 : 2$ .**

6/3	60	30	5,5	4,64	3,64	6,7	4,69	2,58	8,62
7/3 <sup>1/2</sup>	70	35	6	5,94	4,66	7,7	8,00	4,49	15,1
8/4	80	40	7	7,91	6,21	8,8	13,9	7,81	28,5
9/4 <sup>1/2</sup>	90	45	8	10,2	7,98	10,0	22,9	12,7	46,1
10/5	100	50	8,5	12,0	9,42	10,9	33,0	18,7	67,7
12/6	120	60	10	17,0	13,3	13,0	66,5	38,0	137
14/7	140	70	11,5	22,8	17,9	15,1	121	68,9	258
16/8	160	80	13	29,5	23,2	17,2	204	117	422
18/9	180	90	14,5	37,0	29,0	19,3	323	185	670
20/10	200	100	16	45,4	35,6	21,4	486	277	1000

**Hochstegige T-Eisen.  $h : b = 1 : 1$ .**

2/2	20	20	3	1,12	0,88	5,8	0,76	0,38	0,20
2 <sup>1/2</sup> /2 <sup>1/2</sup>	25	25	3,5	1,64	1,29	7,3	1,74	0,87	0,43
3/3	30	30	4	2,26	1,77	8,5	3,35	1,72	0,87
3 <sup>1/2</sup> /3 <sup>1/2</sup>	35	35	4,5	2,97	2,33	9,9	6,01	3,10	1,57
4/4	40	40	5	3,77	2,96	11,2	10,0	5,28	2,58
4 <sup>1/2</sup> /4 <sup>1/2</sup>	45	45	5,5	4,67	3,66	12,6	15,5	8,13	4,01
5/5	50	50	6	5,66	4,45	13,9	23,0	12,1	6,06
6/6	60	60	7	7,94	6,23	16,6	45,7	23,8	12,2
7/7	70	70	8	10,6	8,32	19,4	84,4	44,5	22,1
8/8	80	80	9	13,6	10,7	22,2	141	73,7	37,0
9/9	90	90	10	17,1	13,4	24,8	224	119	58,5
10/10	100	100	11	20,9	16,4	27,4	336	179	88,3
12/12	120	120	13	29,6	23,2	32,8	684	366	178
14/14	140	140	15	39,9	31,3	38,0	1236	660	330

### 6. Z-Eisen<sup>1)</sup>.



Normallängen = 4 bis 8 m. Größte Längen = 12 bis 16 m.

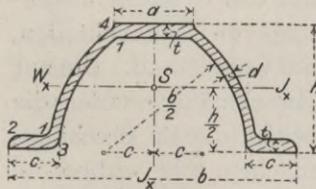
Abrundungshalbmesser am Stege  $R = t$ .

Abrundungshalbmesser an den Flanschen  $r = 0,5 t$  (auf halbe mm abgerundet).

Die inneren Flanschflächen sind den äußeren parallel.

Profil-Nr.	Höhe $h$ mm	Breite $b$ mm	Stärke		Querschnitt $F$ qcm	Gewicht f. 1 m kg	$t_{\varrho\varphi}$	Trägheitsmoment			
			Steg $d$ mm	Flansch $t$ mm				$J_{\xi}$ cm <sup>4</sup>	$J_{\eta}$ cm <sup>4</sup>	$J_x = \max$ cm <sup>4</sup>	$J_y = \min$ cm <sup>4</sup>
3	30	38	4	4,5	4,32	3,39	1,655	5,94	13,7	18,1	1,54
4	40	40	4,5	5	5,43	4,26	1,181	13,4	17,6	28,0	3,05
5	50	43	5	5,5	6,77	5,31	0,939	25,7	24,4	44,9	5,23
6	60	45	5	6	7,91	6,21	0,779	44,0	30,8	67,2	7,60
8	80	50	6	7	11,1	8,73	0,588	108	48,7	142	14,7
10	100	55	6,5	8	14,5	11,4	0,492	220	74,5	270	24,6
12	120	60	7	9	18,2	14,3	0,433	400	108	470	37,7
14	140	65	8	10	22,9	18,0	0,385	671	154	768	56,4
16	160	70	8,5	11	27,5	21,6	0,357	1055	209	1184	79,5
18	180	75	9,5	12	33,3	26,10	0,329	1594	275	1759	110
20	200	80	10	13	38,7	30,4	0,313	2289	367	2509	147

### 7. Belag-Eisen.



Normallängen = 4 bis 8 m. Größte Längen = 12 bis 16 m.

Der Schwerpunkt  $S$  liegt auf halber Höhe.

Abrundungen bei 1 mit Halbmesser =  $t$ .

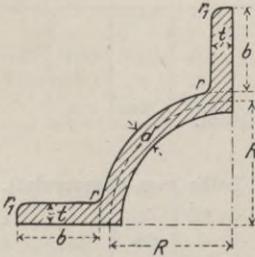
Abrundungen bei 2 mit Halbmesser =  $d$ .

Abrundungen bei 3 mit Halbmesser =  $d - 0,5$  mm.

Abrundungen bei 4 mit Halbmesser =  $0,6 d + 1,3$  mm.

Profil-Nr.	Höhe $h$ mm	Breite			Stärke		Querschnitt $F$ qcm	Gewicht f. 1 m kg	Trägheitsmoment		Widerstandsmoment $w_z$ cm <sup>3</sup>
		obere $a$ mm	untere $b$ mm	am Fuße $c$ mm	Steg $d$ mm	Fuß- und Kopf- $t$ mm			$J_y$ cm <sup>4</sup>	$J_x$ cm <sup>4</sup>	
5	50	120	33	21	3	5	6,71	5,27	86,4	23,2	9,27
6	60	140	38	24	3,5	6	9,34	7,33	164	47,2	15,8
7 <sup>1/2</sup>	75	170	45,5	28,5	4	7	13,2	10,4	347	105	27,9
9	90	200	53	33	4,5	8	17,9	14,1	651	206	45,8
11	110	240	63	39	5	9	24,1	18,9	1272	421	76,5

<sup>1)</sup> Vgl. A. Meyerhof, Biegungsspannungen der Z-Eisen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1891 S. 696. Hier findet sich eine ausführliche Tafel der Widerstandsmomente der Z-Eisen für verschiedene Biegungsebenen.



## 8. Quadranteisen.

Normallängen = 4 bis 8 m. Größte Längen = 12 bis 16 m.

Abrundungshalbmesser  $r = 0,12 R$ . Abrundungshalbmesser  $r_1 = 0,06 R$ .

Vorprofile mit 1 mm größeren Stärken werden gewalzt.

Profil-Nr.	Abmessungen				Querschnitt des vollen Rohres $F$ qcm	Gewicht des vollen Rohres f. 1 m kg	Trägheits- moment des vollen Rohres $J = \text{Konst.}$ cm <sup>4</sup>	Widerstandsmomente des vollen Rohres	
	$R$ mm	$b$ mm	$d$ mm	$t$ mm				$w_z = \text{max}$ cm <sup>3</sup>	$w_x = \text{min}$ cm <sup>3</sup>
5	50	35	4	6	29,8	23,4	576	89,3	66,2
5	50	35	8	8	48,0	37,7	906	135	102
7 <sup>1/2</sup>	75	40	6	8	54,9	43,1	2068	237	175
7 <sup>1/2</sup>	75	40	10	10	80,2	63,0	2982	331	248
10	100	45	8	10	88,1	69,2	5511	501	370
10	100	45	12	12	120	94,2	7478	663	495
12 <sup>1/2</sup>	125	50	10	12	129	101	12161	917	676
12 <sup>1/2</sup>	125	50	14	14	169	133	15788	1165	867
15	150	55	12	14	179	141	23637	1515	1120
15	150	55	18	17	249	195	32738	2051	1530

## VI. Klempner- und Metallarbeiten.

### A. Allgemeines.

Die für die Klempnerarbeiten verwendeten Baustoffe sind weiche Metallbleche, mittels deren die Abdeckung verschiedener dem Regen und Schnee besonders ausgesetzter Bauteile, sowie die Sammlung und Ableitung des auf das Gebäude niederfallenden Regens erfolgt; vereinzelt haben sie die Herstellung von Schmuckteilen, wie Giebel- und Turmknäufen, gegossenen Zinkornamenten zum Gegenstand. Die zur Verwendung gelangenden Metalle sind Zink, Kupfer, Blei. Zweckmäßig werden die Legierungen von Zink und Kupfer an dieser Stelle mitbesprochen, die als Beschläge, Griffe für Fenster und Türen, Gas- und Wasserhähne und ähnlichem sehr verbreitete Verwendung gefunden haben.

### B. Die einzelnen Metalle.

#### 1. Zink.

Es kommt in reinem Zustande in der Natur nicht vor, sondern nur in Verbindung mit andern Stoffen. Von diesen Verbindungen sind die häufigsten und werden daher zur Darstellung des Zinks am meisten benutzt der Zinkspat oder Galmei ( $\text{ZnCO}_3$ ) und die Zinkblende ( $\text{ZnS}$ ). Die Gewinnung des reinen Zinks aus diesen Erzen geschieht nach verschiedenen Arten, meist durch Rösten der Erze und Ausglühen des dabei entstehenden Zinkoxyds. Das Zink kommt in kleinen, 4 cm starken Tafeln in den Handel. Die Länder, die es am meisten erzeugen, sind Schlesien und Belgien.

Zink ist ein mattglänzendes, bläulichweißes Metall von blättrig-körnigem, kristallinischem Bruch; bei gewöhnlicher Temperatur spröde, zwischen 100 und 150° C, elastisch, schmilzt es bei 412°. Sein spezifisches Gewicht beträgt gegossen 6,86, gewalzt 7,20. Es überzieht sich in feuchter Luft mit einer dünnen Schicht halbkohlensauren Zinkoxyds, welche das Metall darunter vor weiterer Oxydation schützt. Es wird durch Walzen zu Blech verarbeitet. Durch Gießen werden verschiedene Schmuckformen (Bekrönungen, Baluster, Füllungen u. dgl.) hergestellt, ebenso durch Stanzen. Das Zinkblech wird aus gegossenen Tafeln von 2 cm Stärke unter den Walzen hergestellt, wobei es dauernd auf einer Temperatur von 80 bis 100° erhalten wird. Durch einen geringen Zusatz von Blei wird seine Dehnbarkeit noch erhöht. Wenn die Bleche dünner werden, werden 2, später 4 Tafeln übereinander gelegt und gehen gemeinsam durch die Walzen. Nach der Fertigstellung werden sie nochmals auf 100 bis 120° erwärmt, um größere Elastizität beim Verbrauch zu erhalten.

Bei der Verarbeitung von Zink ist zu beachten, daß seine Wärmeausdehnung eine bedeutende ist (0,00 003 für 1° C), und daß ihm daher bei Verarbeitung großer Längen (Rinnen, Rohre, Deckleisten und ähnliches) die Möglichkeit der Bewegung gewahrt bleibt. Infolge der Auslösung galvanischer Ströme bei Berührung mit andern Metallen, besonders in Gegenwart von Wasser, ist die unmittelbare Berührung mit solchen zu vermeiden, da sie eine schnelle Zersetzung des Zinks zur Folge haben würde. Zinkblech darf daher nur mit verzinkten Nägeln, Haken u. dgl. befestigt werden. Die stets Säuren enthaltenden Rauchgase großer Städte wirken ebenfalls schnell zerstörend auf Zink ein, desgleichen frischer Kalkmörtel. Es empfiehlt sich daher, für Abdeckungen und Dichtungen der Dächer, besonders an schwer zugänglichen Stellen, statt des Zinkblechs Kupferblech zu verwenden, da es, wenn auch in der Anlage teurer, die laufenden Unterhaltungskosten erheblich vermindert.

Das Zinkblech kommt in 26 verschiedenen Stärken in den Handel, die in der „Zinkblechlehre“ festgelegt sind. Sie betragen nach der Schlesischen Zinkblechlehre:

Nr. d. Lehre	Dicke in mm	1 qm wiegt kg	Nr. d. Lehre	Dicke in mm	1 qm wiegt kg	Nr. d. Lehre	Dicke in mm	1 qm wiegt kg
1	0,10	0,72	10	0,50	3,60	19	1,47	10,6
2	0,143	1,03	11	0,58	4,18	20	1,60	11,5
3	0,186	1,34	12	0,66	4,75	21	1,78	12,8
4	0,228	1,64	13	0,74	5,33	22	1,96	14,1
5	0,25	1,80	14	0,82	5,90	23	2,14	15,4
6	0,30	2,16	15	0,95	6,84	24	2,32	16,7
7	0,35	2,52	16	1,08	7,78	25	2,50	18,0
8	0,40	2,88	17	1,21	8,71	26	2,68	19,3
9	0,45	3,24	18	1,34	9,65			

Die belgische Lehre gleicht der schlesischen mit Ausnahme der Nummern 1 bis 4, in denen sie die eingeklammerten Dicken vorschreibt.

## 2. Blei.

Es kommt ebenso wie das Zink in gediegenem Zustand in der Natur nicht vor, sondern wird aus seinen Erzen, besonders dem Weißbleierz ( $PbCO_3$ ) und dem Bleiglanz ( $PbS$ ) durch Rösten und Niederschmelzen gewonnen; seine Hauptfundstätten sind in Schlesien, Harz, am Niederrhein, in England, Spanien und Nordamerika. Blei ist

ein hellgraues, glänzendes, weiches Metall von geringer Festigkeit, welches sich bequem zu mannigfachen Formen auswalzen oder gießen läßt. Sein Schmelzpunkt liegt bei  $330^{\circ}$ . Es überzieht sich an der Luft sofort mit einer stumpfen, grauen Schicht von Bleioxyd. Sei spezifisches Gewicht beträgt 11,42. Es löst sich in chemisch reinem Wasser etwas auf, bildet dagegen in Berührung mit Quell- oder Leitungswasser infolge ihres Gehalts an Chlor- und Schwefelsäureverbindungen einen schützenden Überzug, so daß es ohne Gefahr für Wasserleitungsrohre verwandt werden kann. Vor der Einwirkung von frischem Kalkmörtel ist es zu schützen, da er zerstörend wirkt. Zusätze anderer Metalle, z. B. Antimon, verleihen ihm größere Härte (Hartblei). Es wird entweder zu Blechen ausgewalzt, zum Decken von Dächern, Kehlen, Vorsprüngen, sowie zum Ausschlagen von Spülbecken (säurefest!) und ähnlichem verwandt, oder zum Vergießen von Sandsteinstücken, Dübeln, Säulenauflagern benutzt. Über seine Verwendung zu Wasserleitungsrohren siehe Abschnitt XV, S. 257.

Die gebräuchlichsten Stärken der im Handel vorkommenden Bleibleche sind nebst ihren Gewichten:

Stärke in mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gewicht in kg/qm	11,4	22,8	34,2	45,6	57,0	68,4	79,5	91,2	102,6	114,2

### 3. Kupfer.

Es kommt in gediegenem Zustand in der Natur selten vor, sondern meist in Erzen, die Oxyde und Schwefelverbindungen desselben darstellen. Die am meisten zur Gewinnung des metallischen Kupfers verarbeiteten Erze sind das Rotkupfererz ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) mit 88,8% Kupfergehalt, der Kupferglanz ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) mit 79,7% und der Kupferkies ( $\text{Cu}_2\text{S} + \text{Fe}_2\text{S}_3$ ) mit 34,5%. Das sehr umständliche Verfahren der Gewinnung besteht im Rösten und Niederschmelzen der Erze unter Zusatz schlackenbildender Stoffe, wodurch die Beimengungen entweder oxydieren oder sich mit der Schlacke verbinden. Das reduzierte Kupfer ist noch nicht rein von fremden Metallen (Schwarzkupfer) und wird daher nochmals einem oxydierenden Schmelzen unterzogen, welches reines Rosetten- oder Scheibenkupfer liefert. Durch nochmaliges Schmelzen wird der Rest von Kupferoxydul, der das Kupfer hart und spröde macht, entfernt, und man erhält nun das für weitere Verarbeitung fertige hammergare Kupfer. Das meiste Kupfer liefert England, Schweden, Japan und Nordamerika, Deutschland nur wenig am Harz.

Es ist ein rötliches, weiches, elastisches, hämmerbares Metall vom spezifischen Gewicht 8,9; sein Schmelzpunkt liegt bei  $1100^{\circ}$ . Zum Gießen von Gegenständen eignet es sich nicht, da es in blasiger oder poriger Art erstarrt. An trockener Luft überzieht es sich mit einer schwarzbraunen Schicht Kupferoxyd, an feuchter mit einer schön grün gefärbten Schicht halbkohlensauen Kupferoxyds, dem vielbegehrten Grünspan oder Edelrost.

Es wird für Bauzwecke in Form von Blechen, Draht, Klammern, Rohren und ähnlichem verwandt. Wegen seiner guten Leitungsfähigkeit des elektrischen Stroms hauptsächlich für elektrische Drähte und Blitzableiter.

Die Bleche werden in Breiten von 1 m, Längen von 2, 3 und 4 m und verschiedenen Stärken hergestellt und müssen nachstehende Gewichte haben:

Stärke in mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gewicht in kg/qm	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90

#### 4. Zinn.

Es wird durch Rösten und Einschmelzen des Zinnsteins ( $\text{SnO}_2$ ), als welcher es in der Natur vorkommt, gewonnen. Seine Hauptfundorte sind die Insel Banka (östlich von Sumatra), Malakka, Böhmen, Sachsen und England.

Es ist ein weißes, stark glänzendes, an der Luft nicht oxydierendes Metall vom spezifischen Gewicht 7,3; sein Schmelzpunkt liegt bei  $230^\circ$ . Es läßt sich zu dünnen Blättchen auswalzen (Stanniol). Seine Verwendung als Blech für Dacheindeckungen ist nicht zweckmäßig, da es vom sog. Zinnkrebs befallen wird, d. h. es bekommt nach einiger Zeit kleine schwarze Flecken, die sich zu Löchern erweitern und nicht auszubessern sind. Das hierfür viel geeignetere Kupferblech ist außerdem billiger. Seine Hauptverwendung findet es zu Überzügen anderer Metalle, zu Legierungen, zu Orgelpfeifen.

#### 5. Legierungen.

Legierungen sind keine chemischen Verbindungen, sondern Mischungen mehrerer Metalle in flüssigem Zustand, die nach dem Erstarren meist andere Eigenschaften aufweisen, als die Grundmetalle besaßen. Von den zahlreichen Legierungen der vorstehenden Metalle sind baulich die wichtigsten das Messing und die Bronze.

##### a) Messing.

Die Legierung von Kupfer und Zink wird je nach ihrem Kupfergehalt verschieden benannt. Rotguß enthält höchstens 20%, Messing 20 bis 50% und Weißmessing 50 bis 80% Zink. Seine Farbe ist rötlich bis hellgelb, je nach dem Kupfergehalt; es ist härter als dieses und schmilzt leichter, da sein Schmelzpunkt (Messing mit 30% Zink) etwa bei  $980^\circ$  liegt. Es eignet sich, da es nicht blasig erstarrt, wie Kupfer, gut zu Gußwaren. Je größer der Gehalt an Kupfer, desto elastischer und weicher, und je größer der Zinkgehalt, desto härter, spröder und leichtflüssiger wird es. Es oxydiert schwerer als die beiden Grundmetalle. Sein spezifisches Gewicht ist gewalzt 8,25 bis 8,62, gegossen 8,4 bis 8,7. Es findet seiner guten Eigenschaften, guten Haltbarkeit und leichten Formgebung wegen sehr ausgedehnte Verwendung in Form von Blechen, Draht, Röhren, Gußstücken jeder Art.

##### b) Bronze.

Man versteht hierunter eine große Zahl von Legierungen, deren Hauptbestandteil stets das Kupfer bildet, und unterscheidet je nach den übrigen Zusätzen Aluminiumbronze (bis 10% Al), Maschinenbronze (mindesten 80% Cu), Münzbronze (94 bis 95% Cu, 4 bis 5% Sn, 1% Zn), Geschützbronze (89 bis 90% Cu, 10 bis 11% Sn), Glockenbronze (78 bis 80% Cu, 20 bis 22% Sn), Statuenbronze (90 bis 95 Cu, 5% Sn, 1% Zn, 1% Pb), Phosphorbronze, Manganbronze u. a. m.

Die reine oder edle Bronze (frei von Zink und Blei) ist härter, dehnbarer und politurfähiger wie Kupfer. Durch Eintauchen in Wasser schnell aus dem glühenden Zustand abgekühlt, wird sie dehnbarer, weicher und gut hämmerbar, nochmals angewärmt und langsam abkühlend erhält sie ihre ursprüngliche Härte und Festigkeit wieder.

Geringe Zusätze von Zink und Blei sollen sie gießfähiger machen; Zusatz von Phosphor oder Mangan verleihen ihr sehr große Härte, die ihre Verwendung zu Maschinenteilen bedingt. Sie wird sonst zum Guß von Bildwerken und ähnlichen dekorativen Kunstgegenständen, zu Beschlägen für Türen und Fenster, zum Guß von Glocken, zur Prägung von Münzen, Medaillen und ähnlichen Gegenständen verwandt.

## C. Verbindung der Metalle.

Die Verbindung einzelner Teile der Metallbleche, die der Klempner vorzunehmen hat, geschieht bei Kupferblech meist durch Nietten mit kupfernen Nietten, selten durch Löten mit Hartlot (Messing und Zink); beim Blei durch Aneinanderschmelzen der betreffenden Teile, beim Zink durch Löten. Letzteres besteht in einem Aufbringen von geschmolzenem Lötzinn auf die zu verbindenden Stellen, welche mit diesem eine innige Vereinigung eingehen. Lötzinn besteht aus 4 Teilen Zinn, 2 Teilen Blei und 1 Teil Cadmium und hat einen Schmelzpunkt von etwa 143°. Zum Aufbringen dient der kupferne LötKolben (spitz oder schneidenförmig breit), der durch Hin- und Herreiben an einem handgroßen Stück kristallisierten Salmiaks gut gereinigt werden muß. Zum Reinigen der zu lötenden Flächen dient statt der meist benutzten rohen Salzsäure besser säurefreies Lötwater oder Lötöl.

## VII. Dachdeckerarbeiten.

### A. Allgemeines.

Die Anforderungen, die man an die zur Dachdeckung sich eignenden Stoffe stellt, sind verschieden, je nach der örtlichen Lage und der Bestimmung des betreffenden Gebäudes. Sie müssen undurchlässig sein für Wasser und Schnee, dagegen nicht für Luft, da eine gute Lüftung des Dachraumes nicht nur für Böden, in denen Waren aufgestapelt werden sollen, sondern auch zur Erhaltung des Dachholzes überhaupt von großer Bedeutung ist. Sie müssen sturmsicher befestigt werden können, sollen möglichst wärmeundurchlässig und feuersicher sein. In Großstädten und in der Nähe von Fabriken, in der die Luft allerlei Säurebestandteile enthält, sollen nur Stoffe zur Verwendung gelangen, die den chemischen Einflüssen dieser Bestandteile standhalten. Schließlich spielt der Preis der Stoffe eine wichtige Rolle, der nicht nur von ihrem Wert selbst, sondern auch von ihrem Gewicht, da es die Konstruktion mehr oder weniger starker Dachstühle verlangt, und der Leichtigkeit ihrer Unterhaltung in gutem Zustand abhängt. Je nach Glattheit der Oberfläche und Dichtigkeit ist die Neigung der Dachfläche zu wählen, damit das auffallende Regenwasser möglichst schnell an die Traufen und in die Rinnen abgeführt wird. Nach diesen Gesichtspunkten wird unter den an dem Ort zur Auswahl stehenden Stoffen die Entscheidung zu treffen sein. Die Konstruktion der Dächer gehört nicht in den Rahmen dieses Buches und wird nur da, wo ihre Kenntnis zum Verständnis der besonderen Eigenschaften eines Deckstoffes notwendig ist, erörtert werden.

## B. Die einzelnen Arten.

### 1. Stroh- und Rohrdach.

Es wird aus dünnen Lagen von Roggenstroh oder ungeschältem, d. h. mit Blättern versehenem Rohr auf 30 bis 40 cm weiter Lattung hergestellt; zur Befestigung dient statt der vielfach noch üblichen Weidenruten besser verzinkter Eisendraht. Infolge seiner Leichtigkeit, großen Luftdurchlässigkeit und Billigkeit in Anlage und Unterhaltung ist es noch heute ein für landwirtschaftliche Zwecke sehr geschätztes Dach, dessen Dauer bei sachgemäßer Unterhaltung etwa 25 bis 30 Jahre beträgt. Als besonderer Vorzug der Strohdächer gilt seine Widerstandsfähigkeit gegen Temperatureinflüsse, die den Dachboden im Sommer stets kühl und im Winter warm erhält. Als Nachteile der Strohdächer sind zu nennen die Möglichkeit der Zerstörung durch nistende Stare, durch Mäuse, Ratten oder Iltis, hauptsächlich aber seine Feuergefährlichkeit, die ebenso sehr in der Brennbarkeit des Daches selbst, als in der Entwicklung von Flugfeuer besteht. Man ist in letzter Zeit bestrebt gewesen, durch Tränken des Stroh- oder Rohrs mit Lehmwasser, Kalkmilch oder ähnlichen feuerbeständigen Stoffen die Brennbarkeit des Daches zu vermindern, was auch schon durch Verwendung von Zinkdraht statt der Weidenruten zum Binden geschieht. Bei einer im Juni 1908 in Worpswede abgehaltenen Brandprobe eines solchen Daches, nach seinem Erfinder *Gernentz-Dach* genannt, hat sich dieses gut bewährt; die Strohplatten verbrannten nicht, sondern stürzten nach Zerstörung des Sparrenwerks nach innen zusammen, ohne Flugfeuer zu entwickeln. (Vgl. die Schrift von *Hans am Ende*, Worpswede: Das feuersichere Strohdach. Protokoll der Brandprobe und Beschreibung der Herstellung des Daches.)<sup>1)</sup> Die etwa  $0,95 \times 0,75$  m großen, 8 bis 10 cm starken, mit verzinktem Draht zusammengebundenen Strohplatten werden in einem dünnen Brei von Lehm und Gips oder Zement, dem Ammoniakwasser zugesetzt wird, getränkt und in feuchtem Zustande aufgebracht. Nach dem Trocknen bilden sie eine steife harte Masse. Das Dach ist versuchsweise im Regierungsbezirk Stade als feuersicher zugelassen worden.

Ebenso wird empfohlen, den sich bildenden Belag von Moos von Stroh- und Rohrdächern nicht zu entfernen, da er die Entstehung und Verbreitung des Feuers hindert<sup>2)</sup>.

### 2. Holzschindeldach.

Holzschindeln werden vereinzelt noch in holzreichen Gebirgsgegenden zum Decken von Dächern und Bekleiden von Wandflächen verwandt. Die Schindeln sind etwa 65 bis 70 cm lang, 8 bis 12 cm breit, haben an der einen Seite eine 2 bis 2,5 cm tiefe Nut und sind am untern Ende zugespitzt. Sie werden durch Belegen mit großen Steinen gegen Abheben durch den Sturm gesichert. Zur Verkleidung von Wandflächen benutzt man meist eine kleinere Art von 7,5, 9 oder 10 cm Breite bei 25 bis 30 cm Länge. Als Holzart kommt Kiefer, Eiche, Zypresse oder Zeder zur Verwendung. Das Dach ist zwar leicht, aber feuergefährlich und gegen Witterungseinflüsse nicht sehr widerstandsfähig. Es kann durch Anstriche verschiedener Art (siehe Holz) dauerhafter gemacht werden.

<sup>1)</sup> Siehe Denkmalspflege Nr. 16 vom 16. Dezember 1908.

<sup>2)</sup> Siehe Centralblatt der Bauverwaltung Nr. 47 vom 13. Juni 1908.

### 3. Pappdach.

Es ist wegen seiner Leichtigkeit, Billigkeit und seiner verhältnismäßig guten Eigenschaften für einfache Gebäude, wie Schuppen, Fachwerksbauten, Fabrikanlagen und provisorische Baulichkeiten jeglicher Art sehr beliebt. Für bessere Bauten wird es wegen der unschönen flachen Neigung, seiner eintönigen ungegliederten schwarzgrauen Fläche und seiner häufigen Ausbesserungen nicht verwandt. Ein Nachteil der Pappdächer ist, daß die auf der hölzernen Schalung festgenagelte Pappé dem Arbeiten des Holzes nicht zu folgen vermag und daher leicht reißt. Die Stoffe, aus denen es hergestellt wird, sind die Asphalt Dachpappe, heißer Steinkohlenteer zum Verkleben der Stöße und feiner Kies zum Bestreuen des Daches.

Zur Herstellung der Asphalt Dachpappe dient die Rohpappe, der Steinkohlenteer und feiner Kies oder Sand. Die zur Verwendung gelangende Rohpappe wird in be-

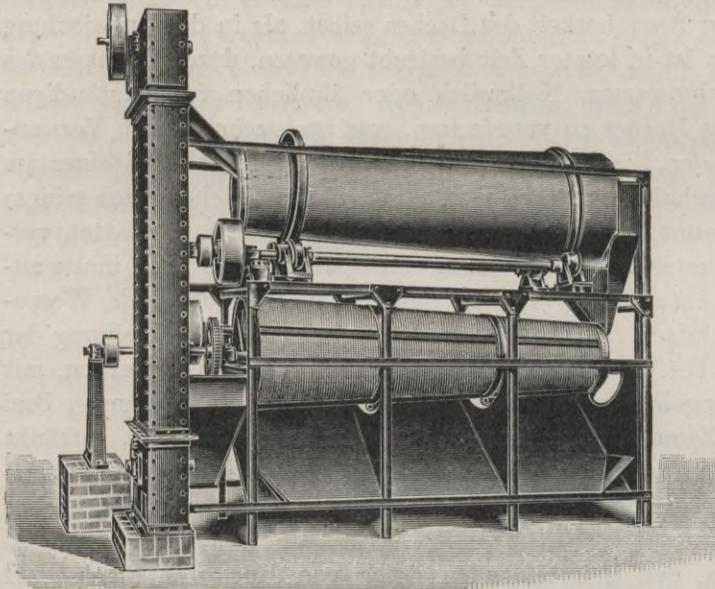


Abb. 126. Sandtrockenmaschine mit Siebtrommel.  
(Maschinenfabrik Calbe a. S. G. m. b. H.)

sonderen Papierfabriken in der Weise hergestellt, daß man Lumpen, Papierabfälle u. dgl. auf Reißwölfen zerkleinert, in Holländern auf Stoff verarbeitet und durch die Papiermaschinen gehen läßt, woselbst sie mittels Kalander in gewünschter Stärke und Breite fertig austritt. Gute Rohpappe soll ungeleimt sein, möglichst viel Wollfaser und wenig vegetabilische Stoffe (Zellulose) besitzen, welche die Pappe leicht brüchig machen. Sie soll beim Durchbrechen ein faseriges, langes filziges

Gefüge und keinen glatten Bruch zeigen, und außerdem genügend Saugfähigkeit besitzen. Die Pappen werden in Breiten von 0,90 bis 1,0 m und Längen von 120 bis 300 m hergestellt; durch Lochreihen bzw. Schlitze werden sie auf ein späteres Abschneiden von 10 bzw. 15 m langen Stücken vorbereitet. Die Stärken sind verschieden nach den Gewichten, welche von 1 bis  $\frac{1}{2}$  kg/qm für die gebräuchlichsten Sorten gehen.

Der zur Tränkung der Pappen verwandte destillierte Steinkohlenteer (als Nebenprodukt bei der Herstellung des Leuchtgases erhalten) wird in zähflüssigem Zustande mit oder ohne Zusatz von Mineralölen verwandt. Ein früher vielfach gemachter Zusatz von Trinidad-Asphalt, der die Pappe geschmeidig machen soll, unterbleibt wegen der höheren Kosten heute meist.

Die Besandlung der Pappe hat einmal den Zweck, ein Aneinanderkleben der Flächen beim Aufrollen nach dem Tränken zu verhindern, sodann soll sie die Widerstandsfähigkeit der Oberfläche gegen mechanische Eindrücke, gegen Abfließen des

Teers in der Wärme und gegen allzu leichte Entflammbarkeit erhöhen. Man benutzt hierzu reinen Quarzsand, der in trommelförmigen Apparaten getrocknet wird, dann in eine zweite darunterliegende, sich drehende Siebtrommel und von dort, in 2, 3 oder 4 Korngrößen getrennt, in Auffangbehälter fällt. Die Abbildung 126 zeigt eine beispielsweise Ausführung solch einer Anlage für kleineren Betrieb.

Die Herstellung der Dachpappe aus den drei Rohstoffen beginnt nun mit dem

Durchtränken der Pappe. Dies erfolgt in einfachen Betrieben in eisernen Behältern nach Art der Abb. 127, auf welchen an einem Schmalende eine drehbare Rolle zur Aufnahme der Rohpappe und am andern Ende ein drehbares Walzenpaar, welches auf bestimmten Abstand fest eingestellt werden kann, befestigt ist. In der Wanne, welche bis fast an ihren oberen Rand mit der Tränkmasse gefüllt ist, sind je nach ihrer Länge drei oder mehr „Eindrehwalzen“ so angebracht, daß die Rohpappe auf ihnen aufgerollt werden kann. Sie werden der Reihe nach gefüllt und, nachdem sich die Pappe durch das Liegen im Teer vollgesogen hat, in derselben Reihenfolge

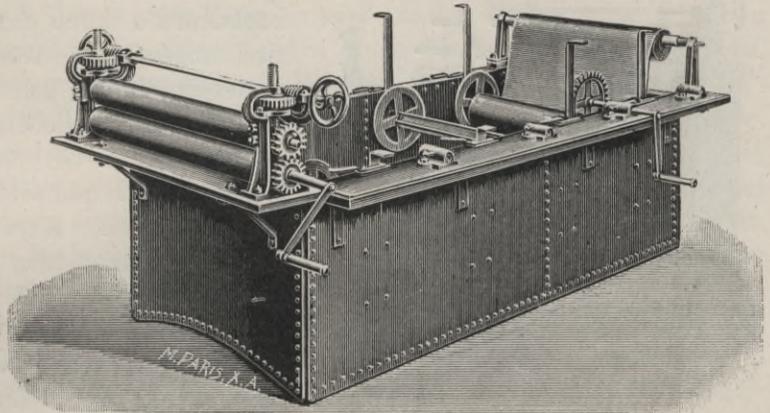


Abb. 127. Dachpappenimprägnierpfanne mit Eindrehwalzen.  
(Maschinenfabrik Calbe a. S. G. m. b. H.)

wieder abgewickelt, indem man die Pappe durch das Walzenpaar, die Ausdrehwalzen gehen läßt, welche den überflüssigen Teer abstreichen. Statt der Pfanne mit den Eindrehwalzen, auf welchen sich die Pappe manchmal nicht genügend durchtränken soll, hat man Pfannen (siehe Abb. 128) gebaut, in denen die Pappe nicht aufgerollt liegt, sondern in mehrfachen Schlangenlinien um Walzen herum durchgezogen wird, doch bringt das zeitweise dabei eintretende Reißen der Pappbahn unangenehme Betriebs-

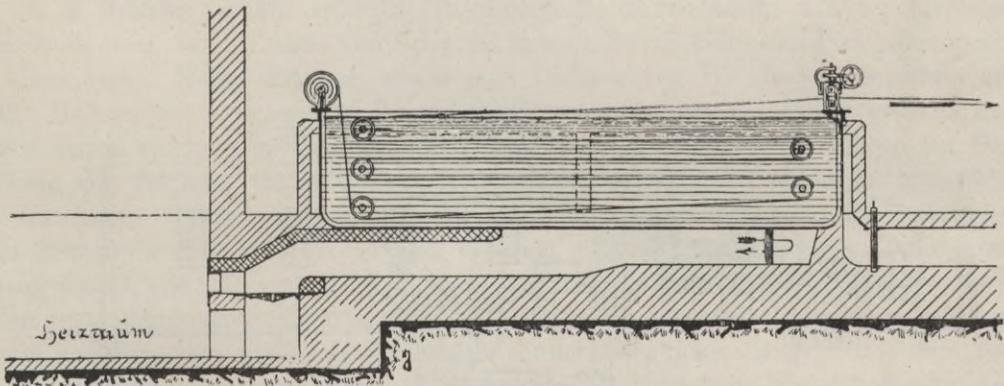


Abb. 128. Dachpappenimprägnierpfanne nach dem Durchzugsystem.  
(Maschinenfabrik Calbe a. S. G. m. b. H.)

wieder abgewickelt, indem man die Pappe durch das Walzenpaar, die Ausdrehwalzen gehen läßt, welche den überflüssigen Teer abstreichen. Statt der Pfanne mit den Eindrehwalzen, auf welchen sich die Pappe manchmal nicht genügend durchtränken soll, hat man Pfannen (siehe Abb. 128) gebaut, in denen die Pappe nicht aufgerollt liegt, sondern in mehrfachen Schlangenlinien um Walzen herum durchgezogen wird, doch bringt das zeitweise dabei eintretende Reißen der Pappbahn unangenehme Betriebs-

störungen mit sich. Neuzeitliche Pfannen für wirtschaftlichen Betrieb sind so angeordnet, wie auf Abb. 129 ersichtlich. Sie bestehen aus einem halbzylindrischen Gefäß, in dessen Mittelachse sich eine drehbare Welle mit 3, 4, 5 oder 6 sternförmig angeordneten Eindrehwalzen befindet. Die Eindrehwalzen werden nach jedesmaliger Drehung des Systems um 120 bzw. 90, 72 oder 60° mit Rohpappe beschickt und entsprechend auf der andern Seite der Reihe nach,

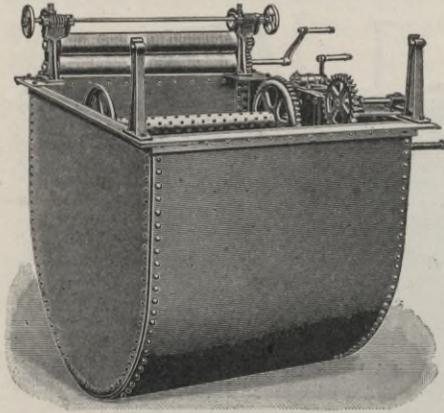


Abb. 129. Neuere Dachpappenpfanne nach dem Durchzugsystem. (Maschinenfabrik Calbe a. S. G. m. b. H.)

nachdem sie durch das ganze Gefäß gegangen sind, abgewickelt. Wie aus der Abbildung 130 weiter ersichtlich, geht die Pappe sodann über einen Tisch, auf welchem sie durch eine Schneidevorrichtung an der jeweiligen Lochreihe zerschnitten wird, und wird dann auf einer Wickelwalze aufgerollt. Kurz vor dem Aufrollen erfolgt die Besandelung der Pappe, indem aus einem über der Rolle hängenden Sandgefäß dauernd feinverteilter Sand auf die Pappe fällt, der gleichzeitig beide Seiten trifft. Durch einen an der Decke lagernden Schneckentrieb und ein neben der Trocken- und Siebvorrichtung stehendes Becherwerk wird dem Sandgefäß dauernd Sand zugeführt.

Die fertigen Rollen läßt man entweder an kühlen trockenen Räumen lagern oder wickelt sie ab und deckt die Pappen übereinander, wobei ein festeres Eindringen des Sandes in die Oberfläche erfolgt.

Zur Dichtung der Stöße der einzelnen Papplagen beim Eindecken des Daches benutzt man heißen dickflüssigen Steinkohlenteer mit oder ohne Zusatz von Mineralölen

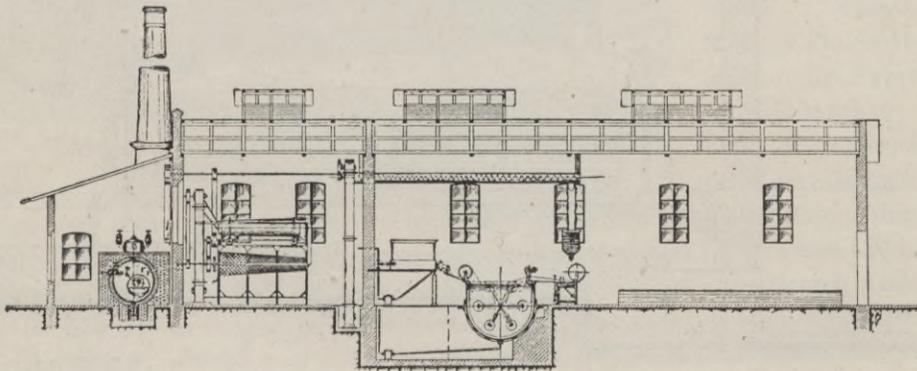


Abb. 130. Dachpappenfabrikanlage für Dampfheizung und Kraftbetrieb. (Maschinenfabrik Calbe a. S. G. m. b. H.)

oder Harz als Klebemasse. Das fertige Dach erhält ebenfalls einen Überzug mit derselben Masse, der man der größeren Härte wegen gepulverten Kalkstein oder Kreide zusetzen kann. Die Bestreuung des Daches mit reinem feinen Kies hat den ähnlichen Zweck wie die Besandelung der Pappen: größere Widerstandsfähigkeit gegen Beschädigungen, Verhinderung des Abfließens des Teers in der Wärme und Erhöhung der Feuerfestigkeit.

Außer der mit Steinkohlenteer getränkten Dachpappe gibt es neuerdings eine Reihe von Pappen, die mit natürlichem Bitumen, Gudron, Trinidad-Asphalt oder ähnlichem getränkt sind und, da diese Stoffe klebrig bleiben würden, einen beiderseitigen Überzug mit Erdwachs, Wollfett erhalten haben. Eine Besandelung dieser nicht klebenden Pappen kann daher nur mit pulverförmigen Stoffen, z. B. Asbestpulver, Kaolin, Talkum u. dgl. stattfinden. Die Herstellung geschieht in ähnlicher Weise, wie oben angegeben, durch Tränken der Pappe in zwei mit den entsprechenden Stoffen gefüllten Pfannen. Einige der bekannteren Arten dieser Pappen sind<sup>1)</sup> Congopappe, Duresscopappe, Semptalin und Ruberoid, von denen die letztere am meisten in Aufnahme gekommen ist. Der Vorzug dieser Pappe soll darin bestehen, daß das erste, weichere Tränkmittel, welches der Pappe die Geschmeidigkeit verleiht, durch das zweite, es von beiden Seiten einschließende härtere geschützt ist. Ruberoid wird des gefälligeren Aussehens wegen auch in dunkelroter und dunkelgrüner Farbe angefertigt. Es gestattet, da es keinen leicht schmelzbaren Überzug erhält, das Verlegen auf steilen Dachflächen; seine Unterhaltungskosten sollen geringere sein als die eines gewöhnlichen Pappdachs, da erhaltende Anstriche nicht wie bei jenen alle 2, sondern alle 5 bis 8 Jahre erforderlich sind.

Am billigsten soll die Unterhaltung eines Dachpappdachs der *Dachpax-Gesellschaft* Oberschöneweide-Berlin sein, da es keinerlei Anstriche erfordert. Es wird hergestellt aus Pappen, die mit Dachpax getränkt sind und mit demselben Mittel verklebt werden; letzteres besteht aus fein vermahlenem Magnesiasilikat, Metalloxyden und Teerölen, welche zu einem flüssig streichbaren, an der Luft zu einem wetterbeständigen unverbrennlichen und durch Hitze nicht flüssig werdenden bituminösen Zement verbunden werden.

#### 4. Holzzementdach.

*K. S. Häusler* machte 1839 in Hirschberg die Entdeckung, daß weichflüssiger Steinkohlenteer durch Zusatz von Schwefel einen höheren Schmelzpunkt bekäme und zu einer harten Masse erstarrte, die er zum Dichten von Weinfässern benutzte und daher Holzzement nannte. Ein Zusatz von Zement zu der Masse, wie vielfach irrig angenommen wird, ist nicht vorhanden. Man benutzt seitdem diese Masse zur Herstellung von Dächern, da sie dem reinen Steinkohlenteer der Pappdächer gegenüber die erwähnten Vorzüge besitzt und stellt heute Holzzement fabrikmäßig her, indem man Steinkohlenteer in geschlossenen eisernen Kesseln, die mit einem Abzugsrohr versehen sind, mit Schwefel und Kolophonium im Verhältnis von 100 : 10 : 6 Gewichtsteilen zusammenkocht. Die Wirkungen des Schwefelzusatzes sind nicht nur, wie man zuerst annahm, rein mechanischer Natur, sondern der Schwefel geht mit dem Teer bei einer Temperatur von über 100° chemische Verbindungen unter heftigem Aufschäumen der Masse ein. Da sie hierdurch etwas strengflüssig wird, ist ein Zusatz von harzigen Ölen oder Kolophonium erforderlich. Der fertige Holzzement ist eine tiefschwarze Masse von teigartiger zähflüssiger Beschaffenheit. Zur Herstellung des Daches, das eine ganz flache Neigung — höchstens 1 : 20 — erhalten kann, benutzt man 4 bis 5 Lagen von starkem Papier, die mit der erhitzten Masse übereinandergeklebt werden. Das Holzzementpapier besteht aus knotenfreien, möglichst schwach

<sup>1)</sup> *Wilh. Freese: Asphalt- und Teerindustrie. S. 237.*

geleimten Stoffen und wird von besonderen Fabriken in Rollen bis zu 175 cm Breite und mehreren hundert Meter Länge hergestellt. Das geklebte Dach wird mit einer 4 cm starken Schicht aus feinem Sand und einer ebenso starken aus Kies bedeckt.

## 5. Ziegeldach.

Unter Dachziegeln versteht man dünne, künstlich hergestellte, mit einer Aufhängevorrichtung versehene Platten von verschiedener Form und Größe, die verlegt sich teilweise überdecken und so einen dichten Abschluß des Daches bilden. Man stellt sie, entsprechend den Mauerziegeln aus Ton, Kalk oder Zement mit Sandzusatz her. Die ältesten und verbreitetsten sind die

### a) Tonziegel.

Von ihnen unterscheidet man drei Hauptarten, die ebenen Biberschwänze, die Pfannenziegel und die Falzziegel; erstere beiden werden mit Mörtel, letztere ohne Mörtel trocken verlegt. Die Vorbereitung und Verarbeitung des zur Herstellung von Dachziegeln verwandten Tons entspricht im allgemeinen derjenigen des Tons für Mauerziegel, nur muß sie in Anbetracht der dünnen Platten eine besonders sorgfältige sein, wenn diese den an sie gestellten Anforderungen genügen sollen. Diese bestehen, abgesehen von den oben besprochenen allgemeinen Bedingungen für die Ziegel, noch besonders darin, daß sie so dicht gebrannt sein müssen, daß kein Regenwasser, auch bei starkem Andrang, durchtropfen kann, ihre Festigkeit soll so groß sein, daß sie den Transport, sowie die Erschütterungen durch Stürme und Belastungen durch Schnee aushalten können, ohne zu zerbrechen; andererseits sollen sie möglichst dünn sein, um das Dach nicht zu stark zu belasten. Diesen Anforderungen werden sie nur bei Verwendung eines guten, festen, nicht zu fetten Tons von gleichmäßiger Beschaffenheit genügen können, welcher beim Trocknen und Brennen nicht stark schwindet oder reißt, aber auch nicht so mager ist, daß er nicht die genügende Festigkeit und Dichtigkeit ergibt. Von Wichtigkeit ist auch, daß der Ton nach dem Brennen eine schöne klare Farbe ergibt, da die meisten Dachziegel mit ihrer Naturfarbe verwandt werden. Denn das Aufbringen anderer Farben, wie es meist mittels der Glasuren geschieht, hat, abgesehen von der ästhetisch wenig befriedigenden Wirkung solcher Dächer, den Nachteil, daß es dem Dachziegel seine wesentliche Eigenschaft, die Luftdurchlässigkeit, nimmt, da die Glasur eine fest zusammengeschmolzene Schicht bildet. Der Ton wird entweder gesumpft oder in Feinwalzwerken durchgearbeitet, ehe er in den Tonschneider bzw. die Ziegelpresse gelangt.

Die Herstellung der Biberschwänze geschieht vielfach noch mittels Handformerei. Der Streichtisch enthält ein Streichbrett, in welchem die Hohlform des Ziegels einschließlich der Nase eingeschnitten ist; der Ton wird eingedrückt, glattgestrichen, der Ziegel besandet und vorsichtig auf ein Brettchen ausgekippt, auf dem er trocknet. Wichtig ist, daß die Nase aus einem Stück mitgeformt wird und nicht nachträglich angesetzt wird, da sie dann leicht abbricht. Das Trocknen muß langsam und sehr sorgfältig geschehen, da der dünne Ziegel sich sonst leicht wirft, schief auf trocknet oder reißt. Die neuerdings in größeren Betrieben ausschließlich angewandte Herstellung mit Maschinen geschieht genau wie bei den Mauerziegeln mittels der Strangpresse, die ein dem Dachziegelquerschnitt entsprechendes Mundstück besitzt. Der

Abschneideapparat ist so eingerichtet, daß der zunächst voll mit auslaufende Nasenstreifen in der erforderlichen Länge abgeschnitten und die Nase selbst etwas unterschritten wird. Der abgeschnittene Ziegel wird weiter auf das letzte Ende des Abschneidetisches geschoben, welches zum Umkippen eingerichtet ist, so daß der Ziegel dadurch auf ein untergehaltenes Trockenbrettchen gelegt werden kann.

Teils um die Leistungsfähigkeit der Maschinen zu steigern, teils auch um dem ungleichen Trocknen und Werfen der Ziegel abzuweichen, hat man Mundstücke gebaut,

mittels deren nicht einer, sondern mehrere, meist vier Ziegel gleichzeitig zusammenhängend ausgepreßt werden, sog. Paketziegel (siehe Abb. 131): Sie werden von einem Vorschneider auf Dachsteinlängen abgeschnitten und nach dem Trocknen durch einen eigens dafür eingerichteten Nachschneider voneinander getrennt. Das Trocknen selbst geschieht bei allen Dachziegelarten auf den Trockenbrettchen oder diesen ähnlichen Rähmchen in gut eingerichteten Trockengerüsten mit natürlicher oder künstlicher Lüftung; das Brennen

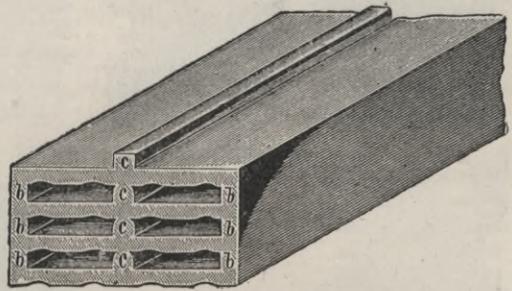


Abb. 131. Paketziegel.

geschieht in periodischen Öfen wie Kasseler Flammöfen und ähnlichen, sowie in Ringöfen. Die Art des Einsatzes der Dachziegel in diese unter Zuhilfenahme von Mauerziegeln veranschaulichen Abb. 132 und 133; in erster sind die Heizschächte dargestellt, in letzterer der dazwischenstehende volle Einsatz.

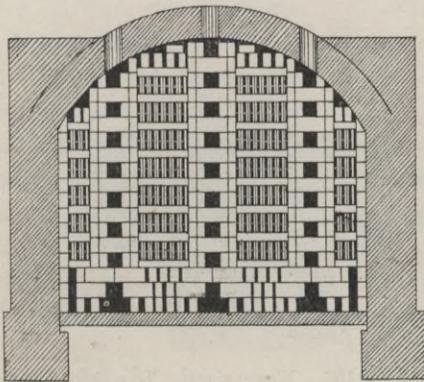


Abb. 132.

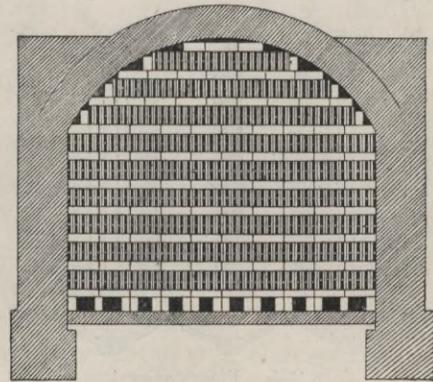


Abb. 133.

Abb. 132 und 133. Einsatz von Dachziegeln im Ringofen.

Die Farbe der Ziegel ist meist rot; die Oberflächen der Handstrichsteine sind rauher als die der Maschinensteine; letztere sind vielfach mit zwei oder mehreren kleinen Längsrippen versehen. Eine schöne graue silberglänzende Färbung ergibt das sog. Dämpfen der Ziegel; gleichzeitig erhöht es ihre Wetterfestigkeit. Es geschieht, indem beim Schluß des Brandes eine starke Raumentwicklung in dem möglichst luftdicht abgeschlossenen Ofen erzeugt wird. Dadurch dringen die aus dem Brennstoff sich entwickelnden Gase, Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd, in die glühenden Ziegel ein und werden dort zersetzt, indem das Eisenoxyd des Tons reduziert und

Kohlenstoff als graphitartige Masse im Innern und auf der Oberfläche der Ziegel zurückbleibt. Zur Rauchentwicklung benutzte man früher grünes, noch Blätter enthaltendes Reisig, neuerdings verwendet man aber auch Steinkohlen, Braunkohlen, Rohpetroleum u. dgl. mit Erfolg dazu. Die Brennstoffe werden, wenn der Einsatz gar gebrannt ist, in den Ofen hineingeworfen, sämtliche Öffnungen möglichst gedichtet und der Ofen schnell abgekühlt.

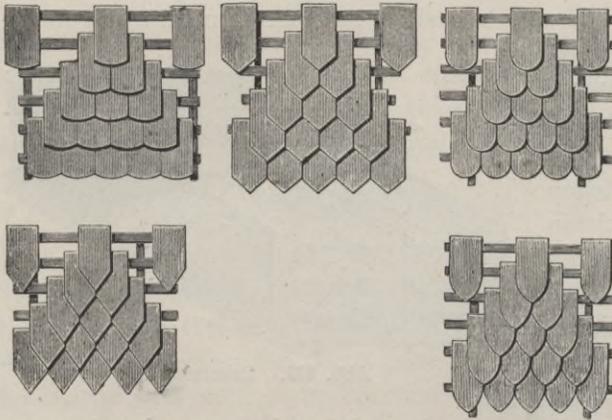


Abb. 134. Verschiedene Formen von Biberschwänzen.

Die Abmessungen der Biberschwänze sind nach dem für Preußen eingeführten Format 36,5 cm lang, 15,5 cm breit und 1,2 cm dick; vielfach wird noch eine größere Form, 45 cm lang, 18 cm breit, 1,5 cm dick, hergestellt. Zum Eindecken geschwungener oder kleiner Dachflächen verwendet man die sog. Turmziegel oder kleine Biberschwänze, 28 cm lang, 11 cm breit und 1,2 cm dick, oder die Turmschuppen, 21 cm lang, 11 cm breit, 1,2 cm dick, zur Eindeckung von Graten, Kehlen oder runden Türmen Segmentziegel von entsprechenden Abmessungen. Je nach dem Schnitt ihres unteren Endes unterscheidet man Segmentschnitt, Sechseckschnitt, Rundschnitt, Spitzschnitt und gotischen Schnitt (vgl. Abb. 134). Der Bedarf an

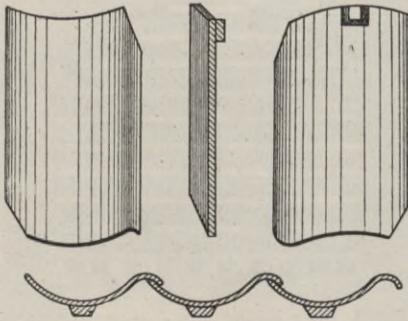


Abb. 135. Pfannenziegel.

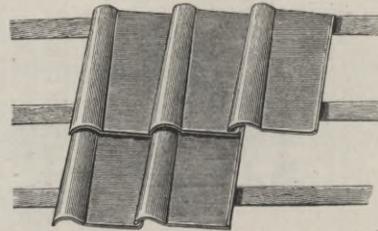


Abb. 136. Krempziegel. (H. Bolze & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Braunschweig.)

Ziegeln und Mörtel für das Quadratmeter Dachfläche ist in der Zusammenstellung auf S. 203 nachgewiesen.

Während bei den ebenen Biberschwänzen die dünne Mörtellängsfuge frei zutage liegt und so den Witterungseinflüssen ausgesetzt ist, ist dies bei der Eindeckung mit Pfannenziegeln nicht der Fall. Diese aus Holland stammenden Ziegel sind von  $\omega$ förmigem Querschnitt (vgl. Abb. 135) und überdecken sich infolgedessen auch an den Längsseiten. Sie haben den ferneren Vorteil, daß das Regenwasser sich in den tieferen Rinnen der Ziegel sammelt und daher schneller abläuft als auf den gleichmäßig ebenen Biberschwanzdächern.

Eine andere ebenfalls gut aussehende und zweckmäßige Form weist der Krepfziegel auf, der eine ebene Fläche mit einer Aufbiegung an der einen und einer wulstförmigen Überdeckung an der andern Seite besitzt (siehe Abb. 136). Als Pfannendach ist auch das im Mittelalter meist verwandte Mönch- und Nonnendach anzusehen. Es besteht aus zwei Arten von Hohlziegeln, den untenliegenden, mittels Nase an die Lattung angehängten Nonnenziegeln (Abb. 137) und den im Querschnitt ebenfalls halbkreisförmigen konischen Mönchen, welche über je zwei der unteren Ziegel übergreifend die Fugen verdecken und abdichten. Es ist sehr schwer, aber bei guter Arbeit ein vorzügliches Dach. Die tiefe Schattenwirkung der einzelnen Ziegelreihen verlangt eine kräftige großzügige Architektur des Gebäudes.

Die Abmessungen der Ziegel schwanken in gewissen Grenzen, je nach den einzelnen Fabriken. Dachpfannen sind in der Regel 40 cm lang, 26 cm breit und 1,5 cm dick; Krepfziegel 30 bis 43 cm lang und 25 bis 30 cm breit; Mönch- und Nonnenziegel 42 bzw. 40 cm lang und 32 cm breit.

Die Herstellung der Pfannenziegel erfolgt vielfach noch im Handbetrieb mittels Gipsformen, in denen der Ton eingedrückt und mittels eines Streichbrettchens glattgestrichen wird. Die Stärke des Ziegels gibt eine Erhöhung der Form auf beiden Seiten an, an welcher das Streichbrettchen entlang gleitet. Die holländischen Pfannen und einzelne Arten der Krepfziegel lassen sich auch mittels der Strangpresse herstellen. Neuerdings findet die Herstellung dieser Ziegelarten häufig auf den mittels der Hand oder mechanisch betriebenen Ziegelpressen statt, wie sie zur Anfertigung der Falzziegel benutzt werden und weiter unten beschrieben sind. Die Trockenbrettchen haben zweckmäßig eine dem Ziegel angepaßte Form. Über Bedarf an Ziegeln und Mörtel für das Quadratmeter Dachfläche vergleiche die Zusammenstellung auf S. 203.

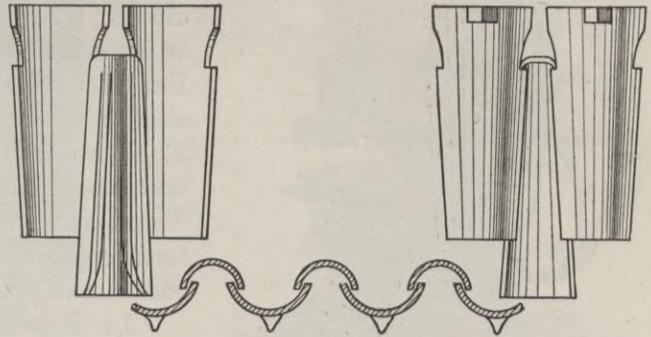


Abb. 137. Mönch- und Nonnenziegel.

Den beiden obigen Dachdeckungsarten gegenüber weist das Falzziegeldach mancherlei Vorteile auf. Es wird ohne Zuhilfenahme von Mörtel und Holzspießeln verlegt und kann sich so den Temperaturschwankungen folgend frei ausdehnen; seine Herstellung kann daher auch bei Frost erfolgen; es wiegt, da die Ziegel groß und dünn sind und sich nur an den vier Rändern etwas überdecken, weniger als die andern Dächer, und gestattet daher leichtere Bauart des Daches und, da die Querfalze ein Hineintreiben des Wassers verhindern, auch flachere Neigungen. Es hält durchaus dicht gegen Regen und Schnee, allerdings nicht gegen Eindringen feinen Staubes und Rußes. Sein Aussehen ist infolge der Längsrippen ein gutes und wird durch eine reiche Auswahl von Einzelformen jedem Geschmack gerecht; nur sollte man von der Verwendung der schreiend buntglasierten Ziegel, die dann noch dazu in verschiedenen Farben im Muster verlegt werden, aus ästhetischen Rücksichten Abstand nehmen; das Mittelalter, das in seinen Backsteinfronten reiche Glasuren verwandt

hat, kennt keine glasierten bunten Ziegeldächer! Ausbesserungen an den Dächern und Ersatz zerbrochener Ziegel gestalten sich, da sie nicht in Mörtel verlegt sind, einfach und tragen dazu bei, die Unterhaltungskosten von Falzziegeldächern niedrig zu halten.

Erfinder der Falzziegel sind die *Gebrüder Gilardoni* in Altkirch im Ober-Elsaß, welche im Jahre 1841 die ersten Dachziegel mit einem Falz an allen vier Seiten herstellten, vermittels dessen der eine in den andern übergreift und so eine dichte, zusammenhängende Bedachung herstellt.

Für die Vorbereitung der Rohstoffe gilt dasselbe, wie bei den Biberschwänzen gesagt. Die Formgebung geschieht in Stempelpressen, die von der Hand oder von Dampf betrieben werden können, in Formen von Metall oder Gips. Die Metallformen haben den Nachteil, daß sich der unter starkem Druck eingepreßte Ziegel nicht ablösen läßt, wenn nicht die Form mit einem Schmiermittel eingefettet worden ist. Dies preßt sich aber mit in den Ziegel ein, brennt später heraus und erzeugt eine raue porige Oberfläche, die der Witterung nicht lange standhält. Man ist deshalb allgemein zur Gipsform übergegangen. Ihre Herstellung muß mit großer Sorgfalt geschehen, da davon die Sauberkeit der gepreßten Ziegel abhängt. Sie besteht aus einer oberen und einer unteren Hälfte in eisernem Kasten, die zusammengelegt den Hohlraum in Ziegelform ergeben und wird über der Mutterform oder der Matrize gegossen.

Die Herstellung der Ziegel geschieht in der Art, daß auf einer Strangpresse eine glatte vier-eckige Platte von Ton, der sog. Tonkuchen, von der ungefähren Größe und dem Inhalt eines Falzziegels hergestellt, dann auf die Gipsform der Pressen aufgelegt und eingepreßt wird, wobei



Abb. 138. Falzziegelpresse für Handbetrieb.  
(H. Bolze & Co., Maschinenfabrik und Eisen-  
gießerei in Braunschweig.)

etwaiger überflüssiger Ton seitwärts herauskommt. Der Druck darf nicht plötzlich schlagartig wirken, sondern muß langsam zunehmen, um den Ziegel sauber auspressen zu können und die Gipsformen zu schonen. Diese sollen bei richtiger Herstellung und sorgfältiger Behandlung 600 bis 800 Ziegel pressen, ehe die scharfen Kanten sich abnutzen. Sie werden vor dem Einlegen des Tonkuchens stark angefeuchtet.

Eine Falzziegelpresse für Handbetrieb stellt Abb. 138 dar. Sie besteht aus einem starken, gußeisernen Gestell, welches die in wagerechter Richtung auf einer eisernen Stange verschiebbare Unterform trägt. Über ihr befindet sich die an einer senkrechten Stange sitzende Oberform, welche mittels Schwungrad und Exzenter auf- und abwärts bewegt wird und somit, wenn die Unterform gerade unter ihr steht, ein allmähliches festes Pressen des Ziegels bewirkt. Meist wird mit zwei an einer Stange sitzenden Unterformen gearbeitet, so daß, wenn die eine unter der Presse steht, die andere entleert werden kann und umgekehrt. Das Abnehmen des Ziegels geschieht durch Auflegen eines Trockenrähmchens und Umkippen der Form, so daß der Ziegel nun-

mehr auf den Rahmen zu liegen kommt. Die Leistung dieser Maschine beträgt täglich 800 bis 1200 Ziegel bei einseitigem und 1100 bis 1500 bei doppeltwirkendem Betrieb.

Für größere Ziegeleien wird meist die mittels Dampf betriebene Revolverpresse benutzt (Abb. 139). Sie besteht aus einem starken gabelförmigen gußeisernen Gestell, welches unten eine um eine wagerechte Achse drehbare, meist 5seitige Trommel zur Aufnahme der Unterformen und oben einen in Falzen gehenden Stempel mit der Oberform trägt. Dieser wird durch eine gebogene, sich drehende Welle auf- und abwärts bewegt. Auf der Trommelachse sitzt ein fünfteiliger, mit Schlitz versehener

Stern, dessen Kreissegmente sich an die auf der Achse des Stirnrades sitzende Bremsscheibe anschmiegen. Diese enthält einen Stift, welcher bei jedesmaliger Umdrehung in den Schlitz des Sterns eingreift, diesen mit der Trommel um  $\frac{1}{5}$  herumdreht und dann in der Lage festhält,

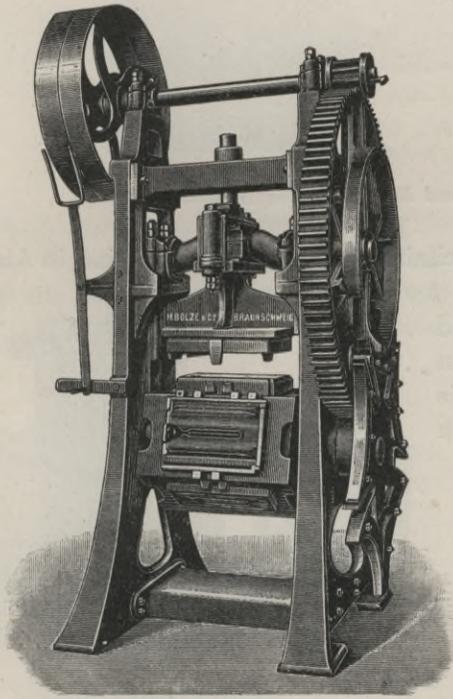


Abb. 139. Revolverpresse für Falzziegel.

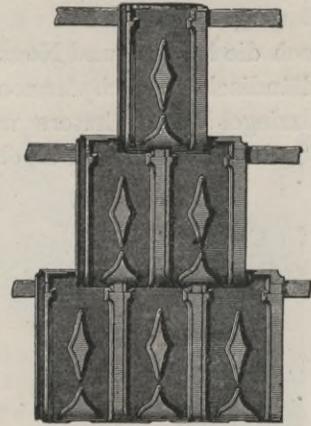


Abb. 140. Herzziegel von Gilardoni.

(H. Bolze & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Braunschweig.)

während der obere Preßstempel mittels der Kniehebelbewegung heruntergeht. So kommt ein ununterbrochener Betrieb zustande: auf der einen Seite werden die Tonkuchen aufgelegt, auf der andern fallen die gepreßten Ziegel auf das untergehaltene Trockenrähmchen. Die Leistung der Maschine beträgt 400 bis 600 Falzziegel in der Stunde bei  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Pferdekraft.

Seit einiger Zeit stellt man auch Falzziegel mit der Strangpresse her. Sie greifen mit seitlichen Falzen ineinander, können naturgemäß aber keinen Kopffalz haben, sondern hängen mit Nasen an der Lattung. Sie sind demgemäß als ein verbessertes Biberschwanzdach zu betrachten, ergeben aber eine gute, nicht teure Deckung.

Von den unzähligen Formen, in denen Falzziegel hergestellt werden, geben die Abb. 140 bis 143 die gebräuchlichsten Arten an. Abb. 140 stellt den von Gilardoni

erfundenen sog. Herziegel, Abb. 141 einen einfachen glatten Ziegel, Abb. 142 den Pariser Falzziegel und Abb. 143 bis 145 einen reichgegliederten Ziegel mit dem bei Deckung im Verband erforderlichen halben Ziegel dar. Die verschiedenen Arten der Falzung sind aus Abb. 146 bis 153 ersichtlich.

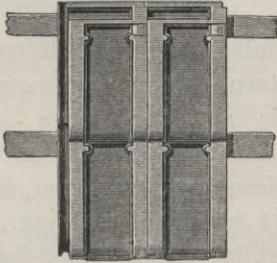


Abb. 141. Glatter Falzziegel.

(H. Bolze & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Braunschweig.)

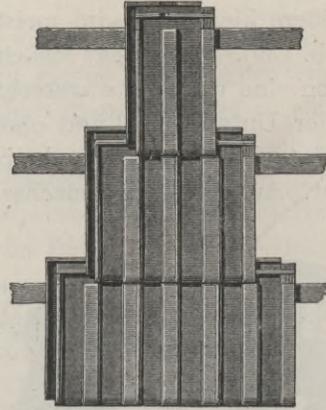


Abb. 142. Pariser Falzziegel.

Die Form und Deckweise nebst Querschnitt der Strangfalzziegel sind in Abb. 154 bis 156 dargestellt.

Auch die Mönch- und Nonnenziegel und die holländischen Dachpfannen stellt man als Falzziegel her. Erstere werden zu je einem Stein vereinigt und ergeben, an allen

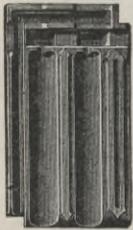


Abb. 143. Moderner Falzziegel.



Abb. 144. Halber moderner Falzziegel.

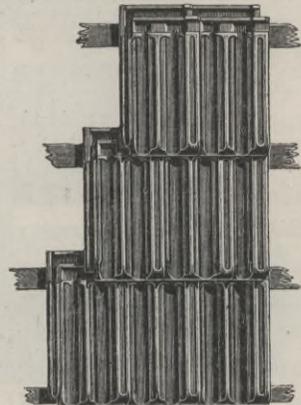


Abb. 145. Eindeckung von Falzziegeln.



Abb. 146.



Abb. 147.



Abb. 148.



Abb. 149.



Abb. 150.



Abb. 151.



Abb. 152.



Abb. 153.

Abb. 146 bis 153. Verschiedene Arten der Falzung.  
(H. Bolze & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Braunschweig.)

vier Seiten mit Falzen ineinandergreifend, ebenso wie die gefalzten Dachpfannen ein gutes Dach (siehe Abb. 157 und 158).

Schließlich sei in Abb. 159 und 160 noch eine rautenförmige Form eines Falzziegels dargestellt.

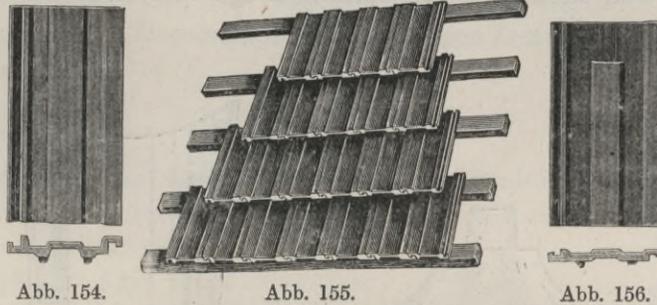


Abb. 154.

Abb. 155.

Abb. 156.

Abb. 154 bis 156. Strangfalzziegel.

(H. Bolze & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Braunschweig.)

Die Abmessungen, in denen bisher die Falzziegel hergestellt werden, sind ähnlich wie ihre Formen, recht verschiedene. Am meisten Verbreitung finden jetzt Ziegel von 40 cm Länge und 24 cm Breite, von denen  $5 \times 3 = 15$  Stück auf 1 qm Dachfläche gehen. Für Turmabdeckungen und Wandbekleidungen stellt man eine kleinere



Abb. 157. Mönch und Nonne zum Falzziegel vereinigt.



Abb. 158. Gefalzte Dachpfanne.



Abb. 159.

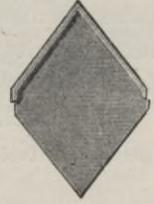


Abb. 160.

Abb. 159 und 160. Rautenförmiger Falzziegel.

(H. Bolze & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Braunschweig.)

Art von 26 cm Länge und 11 cm Breite her. Betreffs Angaben über Bedarf an Ziegeln u. dgl. vgl. Zusammenstellung auf S. 203.

Bei sehr freiliegenden Dächern in stürmischen Gegenden empfiehlt sich eine Befestigung der Falzziegel mittels Sturmklammern aus verzinktem Eisenblechstreifen oder Draht an der Lattung.

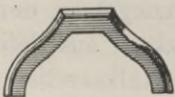


Abb. 161. Firstziegel.

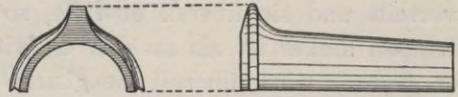
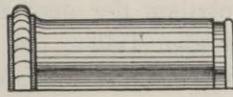


Abb. 162. Gratziegel.

Für verschiedene besondere Teile des Daches sind besondere Formziegel erforderlich, so für die Firste, Grate, Walmspitzen und Kehlen. Die Abb. 161 bis 165 stellen einige ihrer gebräuchlichsten Formen, deren es eine große Reihe gibt, dar. Zur besseren Lüftung der Dachräume, besonders für Futterböden und ähnliche Lagerräume, stellt

man Dachziegel mit kleinen überdeckten Öffnungen her, welche einen ständigen Luftwechsel ermöglichen, ohne daß Regenwasser in den Dachraum hineinlaufen kann (Abb. 166). Diese Formziegel werden alle mit der Hand hergestellt, indem ein Tonblatt in eine Holz- oder Gipsform eingebracht und, soweit erforderlich, nachgeputzt wird. Die Herstellung von ornamentierten Spitzen u. dgl. entspricht der der Terrakotten.

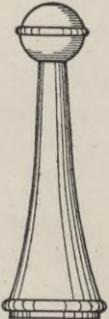


Abb. 163.  
Walmspitze  
Oberteil.

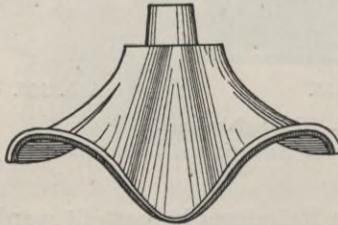


Abb. 164. Walmspitze Unterteil.

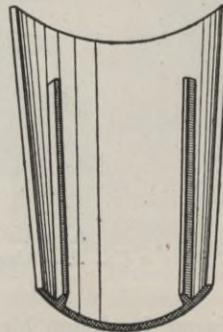


Abb. 165. Kehlziegel.



Abb. 166.  
Dachziegel  
mit Luft-  
öffnung.

Zur besseren Beleuchtung von Dachräumen dienen aus Glas gegossene Ziegel, die man in verschiedener Form, den übrigen Dachziegeln entsprechend, erhält. Sie werden in gewöhnlicher Weise mit eingedeckt und geben eine genügende Erhellung untergeordneter Dachräume, ohne die Dachdeckung zu unterbrechen. Zur Verlegung der Dachziegel wird stets nur Kalkmörtel oder hydraulischer Kalk mit oder ohne Zusatz von Kälberhaaren verwandt, niemals Zementmörtel.

Zu Dachlatten soll gesundes astfreies Holz mit scharfen vollen Kanten und geraden Flächen von 4,5/6 cm Stärke verwandt werden.

### b) Kalksandziegel.

Die für ihre Herstellung in Betracht kommenden Rohstoffe und deren Aufbereitung sind dieselben wie bei der Herstellung der Kalksandmauerziegel, so daß darauf verwiesen werden kann. Da die Kalksandmasse keine plastische Masse wie der Ton ist, und außerdem stark gepreßt werden muß, so kommen als Arbeitsmaschinen nur Stempelpressen in Betracht und die hergestellten Ziegel sind Falzziegel. Ihre Pressung ist nicht so einfach wie die der Tonziegel. Der Ton ist eine weiche plastische Masse, welche sich beim Druck des Oberstempels nach allen Seiten in der Form gleichmäßig verteilt und sie überall ausfüllt, so daß, trotzdem der gepreßte Falzziegel an den Rippen dicker ist als an den dazwischenliegenden Teilen, der Tonkuchen, aus dem er gepreßt wird, überall die gleiche Stärke haben kann. Anders der Kalksandfalzziegel. Die fast trocken gemischte Kalksandmasse ist spröde und folgt nur dem Druck in einer Richtung. Es muß daher bei der ungleichen Dicke der Falzziegel eine der Zusammendrückbarkeit der Masse jedesmal entsprechende Menge an jeder einzelnen Stelle der Form vorhanden sein, da eine Verteilung der Masse in der Form während des Pressens nicht stattfindet. Daher liegt in der richtigen Füllung der Form vor der eigentlichen Pressung die Schwierigkeit der Herstellung fester rissefreier Ziegel. Als

Presse kann ebenfalls die auf S. 47, Abb. 57 dargestellte Mauerziegelpresse verwandt werden. Sie erhält für den Zweck Formen mit Profileinlageplatten, einen Profilpreßstempel und dem Profil des Ziegels ebenfalls entsprechende aus Stahlblech kalt gestanzte, daher nicht federnde Unterlagsbleche, auf denen der Ziegel in der Form gepreßt und auf denen er auf den Wagen in den Erhärtungskessel gebracht wird. Den von Natur aus weißen Ziegeln kann mittels farbigen Zementbreis ein verschiedener Anstrich gegeben werden.

### c) Zementziegel.

In ähnlicher Weise wie die Zementkunststeine werden auch Zementdachziegel hergestellt. Man benutzt dazu eine Maschine, welche auf einem starken gußeisernen Untergestell ein oder mehrere Unterformen für Ziegel enthält (vgl. Abb. 167), während an einer um eine wagerechte Achse beweglichen Deckplatte die entsprechenden Oberformen angebracht sind, so daß sich beim Herunterklappen der Platte die Form schließt. In diese wird eine dem Ziegel entsprechende eiserne Unterlagsform eingelegt und darauf die reichlich angefeuchtete Zementsandmasse vom Mischungsverhältnis 1:3 eingebracht, mit dem Hammer festgeschlagen und die Oberfläche mit dem Streichstahl glattgerieben. Man streut dann eine Farbmischung, bestehend aus 1 Teil Erdfarbe und 6 bis 8 Teilen Zement auf, glättet sie mit dem Spachtel und preßt dann mit dem Preßdeckel die Falze ein. Mittels einer einfachen Ausstoßvorrichtung werden die Ziegel mit den Unterlagsplatten hochgehoben und abgestellt. Sie bleiben 2 bis 4 Tage in geschlossenem frostfreien Raum auf der Unterlage und werden dann im Freien gestapelt; nach 7 bis 8 Wochen sind sie verwendungsfähig. Die Firma *Gotthar Bermig-Halle* a. S. stellt Maschinen für Biberschwänze, für Falzziegel (siehe Abb. 167) und für rautenförmige Ziegel, ähnlich denen der Abb. 157 her. Letztere haben eine Seitenlänge von etwa 39 cm, Breite von 50 cm und Stärke von etwa 1 cm, und sind nur noch wenig im Gebrauch.

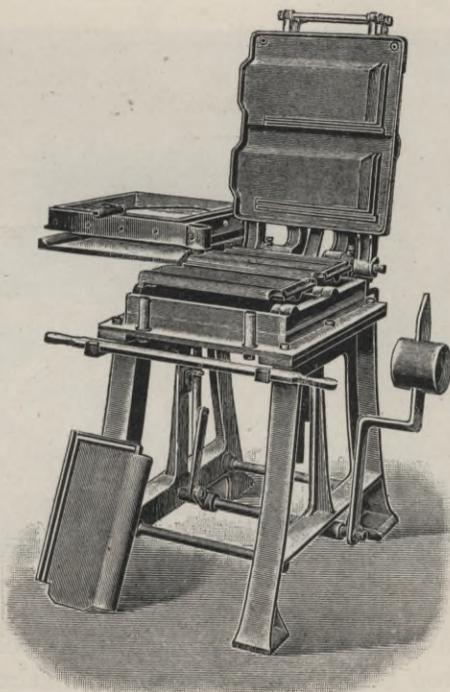


Abb. 167. Handpresse für Zementziegel.

## 6. Schieferdach.

Die zur Dachdeckung benutzten natürlichen Steinplatten werden aus den Tonschiefergesteinen gewonnen, die als Trümmergesteine durch Ablagerung feinsten Teilchen im Wasser entstanden sind. Sie bestehen aus verwittertem Feldspat, kiesel-saurer Tonerde, Glimmer und Quarzsand, denen sich als zufällige, meist aber schädliche Beimengungen Eisen- und Kupferkies, Eisenoxyd, kohlensaurer Kalk und Kohle zugesellen. Das Gestein zeigt schichtenweise Ablagerung mit stark ausgesprochenem

schieferigen Gefüge und besitzt infolgedessen nach einer Richtung hin hohe Spaltbarkeit, die seine Verwendung in Form dünner Platten ermöglicht. Das spezifische Gewicht beträgt 2,7 bis 3,5, die Druckfestigkeit 600 bis 900 kg/qcm, die Zugfestigkeit 170 bis 200 kg/qcm und die Biegezugfestigkeit 300 bis 400 kg/qcm; seine Härte ist = 3 der *Mohs'schen* Härteskala; seine Wasseraufnahmefähigkeit sehr gering, = 0,6%. Die zur Herstellung von Dachschiefen geeigneten Gesteine sollen gleichartig dicht, eben spaltbar, von mattem homogenen, nicht kristallinischem Bruch und wetterbeständig sein. Das letztere bedingt das Freisein von metallischen Beimengungen, von Kohle und von kohlensaurem Kalk. Die Prüfung darauf geschieht am besten, indem man in ein verschlossenes Gefäß, in welches man etwas Schwefelsäure geschüttet hat, eine Schieferplatte so aufhängt, daß sie die Flüssigkeit nicht berührt. Nicht wetterbeständiger Schiefer bröckelt ab und zerfällt, während guter unverändert bleibt. Der Schwefel-

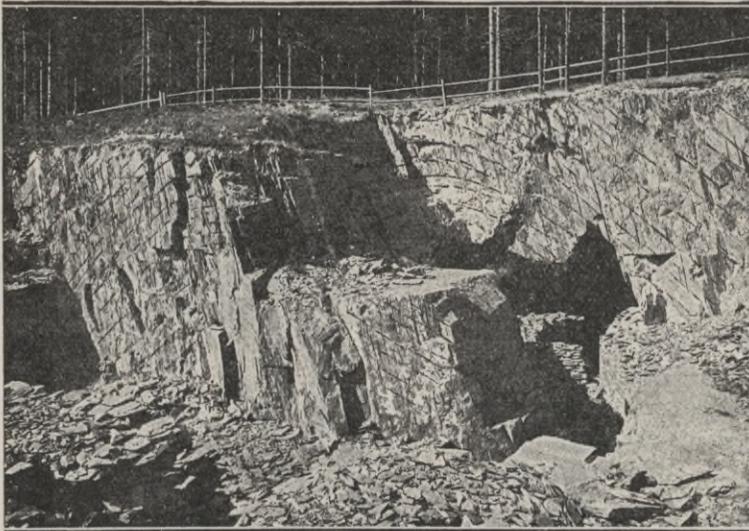


Abb. 168. Dachschieferbruch von Goslar.

kies oxydiert in feuchter warmer Luft leicht zu Eisenoxyd und verursacht somit die Zerstörung des Gesteins; er ist äußerlich an den messinggelben, glänzenden Kristallen zu erkennen und riecht beim Glühen des Schiefers nach schwefliger Säure. Kalkhaltige Schiefer brausen beim Begießen mit Salzsäure auf, kohlehaltige verlieren beim Glühen an Gewicht. Guter Schiefer klingt beim

Anschlagen hell, läßt sich leicht bohren und schneiden, ohne zu springen, und ist von bläulichschwarzer oder dunkelrotbrauner Färbung.

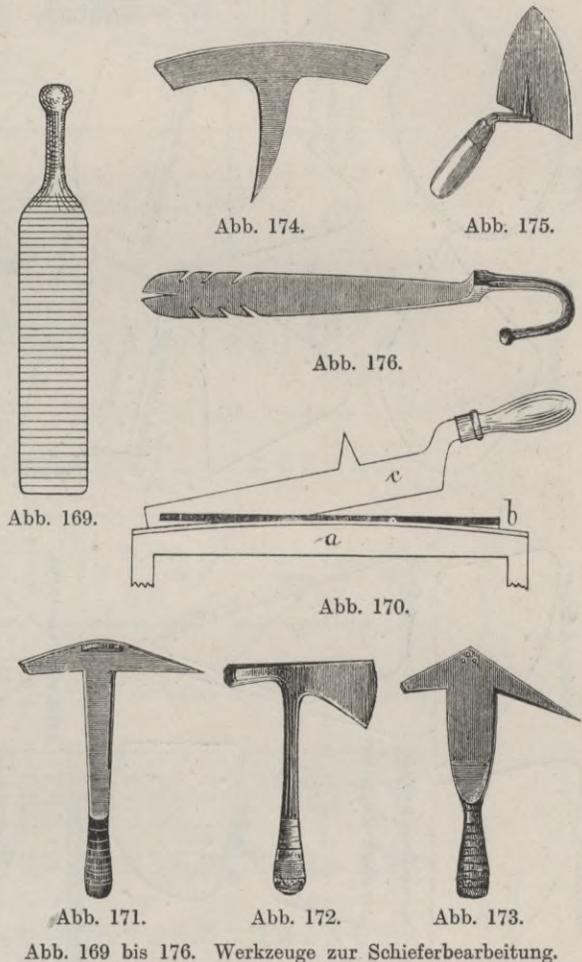
Guter Dachschiefer findet sich in Deutschland, Frankreich, Belgien und England. Letzteres besitzt den geologisch ältesten Schiefer, welcher sich durch festes, langfaseriges und feinkörniges Gefüge auszeichnet und in größeren Platten und geringeren Stärken bricht als der deutsche (2,5 bis 4 mm gegen 5 bis 6 mm); die französischen und belgischen Schiefer stehen dem deutschen an Wetterbeständigkeit und Härte nach. Die bekannteren Fundorte in Deutschland sind das Moseltal (Trier, Mayen, Müllentbach, Goslar am Harz, Caub, Andernach, Rüdesheim a. Rh., Lehesten, Sonneberg in Thüringen, Limburg, Dietz a. Lahn, Nuttlar i. Westfalen, sowie vereinzelt im Taunus und in Schlesien. Französische Schiefer kommen aus Angers (blauer Schiefer), Tumah (roter St. Anne-Schiefer), Rimogne, Deville (grüner Schiefer) und anderen Orten; die englischen, zum Teil roten Schiefer aus Wales: Penrhyn-Brüche, Port Dinorwik, Port Madoc.

Die Gewinnung des Dachschiefers geschieht meist im Tagebau (Abb. 168). Das im Steinbruch durch Sprengarbeit in unregelmäßigen oder mit Keilen in regelmäßigen

Blöcken gewonnene Gestein wird mit Keilen weiter gespalten und durch Behauen oder Zersägen rechtwinklig zugerichtet. Das weitere Zerspalten in dünne Plättchen geschieht meistens noch mit der Hand unter Benutzung des Spalteisens (s. Abb. 169), einer etwa 6 cm breiten und 20 cm langen, dünnen elastischen Klinge mit Handgriff, welche in die Spaltflächen mit Schlägen eingetrieben wird und durch Hin- und Herbewegen die Platten voneinander löst. Das Beschneiden von dickeren Platten geschieht mit der Säge, dünner Dachplatten mittels der Schere (Abb. 170), einem dem Brotschneider ähnlichen Werkzeug. Zum Bearbeiten der Platten beim Verlegen auf dem Dach benutzt der Schieferdecker den Hammer (Abb. 173, 172 und 171), der mit Spitze, Breitkopf und Schneide am Stiel versehen ist, der Brücke (Abb. 174), zum Auflegen der zu behauenden Platten, des Nageleisens (Abb. 176) und der kleinen Mörtelkelle (Abb. 175).

Die Festigkeit des englischen Schiefers gestattet, ihn in größeren Platten und geringeren Stärken zu brechen als den deutschen. Die Platten sind rechtwinklig und können ihrer Größe wegen auf Lattung verlegt werden. Gangbare Abmessungen sind bei einer Stärke von 3 bis 4 mm 61/36, 61/30, 56/30, 51/25, 46/23 und 41/20. Dementsprechend beträgt die Lattweite bei schräger Deckung 35, 30, 28 und 25,5 cm und bei gerader 28,5, 23,5, 21 und 18 cm. Zur Verwendung kommen auch rhombenförmige Schablonenschiefer ähnlicher Abmessungen. Die Eindeckung der Firste und Traufen geschieht mit besonderen, an einer Seite stark abgerundeten Steinen.

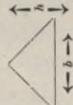
Ganz anders gestaltet sich die Eindeckung der Dächer mit deutschem Schiefer, der in kleineren Platten bricht und daher stets eine 2,5 cm starke Schalung mit Abdeckung von guter Asphaltdachpappe als Unterlage erhält. Die Formen und Größen der einzelnen Platten sind sehr mannigfaltig. Im wesentlichen unterscheidet man den Bezeichnungen am Dach entsprechend 5 Grundformen, und zwar: 1. Fußsteine (Traufe), 2. Ortsteine (Giebel), 3. Firststeine, 4. Kehlsteine und 5. Decksteine. Die einzelnen Reihen heißen Gebinde und werden danach wieder in Fuß-, Ort-, Kehl-, First- und Deckgebände unterschieden. Die Art der Eindeckung selbst gehört nicht in den Rahmen dieses Buches. Doch seien zum Überblick über die verschiedenen Arten





Vergleichende Zusammenstellung der verschiedenen Dachdeckungsstoffe.

Deckungsart	Abmessung			Gewicht per Stück kg	Lattenweite cm	Anzahl	Dachfläche pro qm		Neigungswinkel des Daches <sup>1)</sup>	Bedarf pro qm	
	Länge cm	Breite cm	Stärke cm				Gewicht	einschl. Schalung, Lattung, Mörtel		an Mörtel oder Klebstoff	an Nägeln
Stroh- oder Rohrdach .....	—	—	—	45 p. qm	—	—	—	—	1:2	—	—
Schindeldach, klein .....	30	9	1	0,07	—	85	6,0	58,0	—	—	200
Pappdach, einfach .....	—	100	0,3	4,5 p. qm	—	1,10	5,5	15,0	1:10 bis 1:15	1,0	25
" doppel .....	—	100	0,8	7,5	—	2,20	9,5	18,5	" "	2,0	25
Ruberoiddach, einfach .....	—	915	0,15	2,0	—	1,10	2,2	22,5	jede Neigung	0,1	25
" doppel .....	—	915	0,35	4,0	—	2,20	4,4	17,4	" "	0,5	25
Holzementdach .....	—	—	—	—	—	—	140—150 <sup>2)</sup>	155—170	1:20 bis 1:60	4,0	25
Schieferdach, engl., einfach .....	61	36	0,4	2,4	—	6,5	16,0	29,0	nicht unter 1:5	—	15
" doppel .....	61	36	0,4	2,4	—	10,5	26,0	39,0	" "	—	25
" deutsches .....	32	28	0,6	1,16	—	19	22,0	35,0	nicht unter 1:2,5	—	40
Biberschwänze, Kronendach .....	37	15	1,5	1,35	27—28	48	65,0	90,0	nicht unter 1:3	16,0	8
" Pappdach .....	37	15	1,5	1,35	14—15	46	63,0	88,5	" "	16,0	15
" Einfachdach .....	37	15	1,5	1,35	22	30	40,5	56,5	" 1:2	10,0	10
Turmziegel .....	27,5	11	1,2	0,6	11—12	80	49,0	62,0	—	—	200
Turmschuppen .....	18	11	1,2	0,4	8	120	48,0	61,0	—	—	280
Holl. Pfannen .....	35	23	1,5	2,0	26—27	18	36,0	57,0	nicht unter 1:2	16,0	8
Mönch- und Nonnenziegel .....	40	20	1,5	2,0	30—31	30—32	64,0	105,0	" "	40,0	8
Mönchnonnenfalzziegel .....	40	20	1,8	3,1	32	17	53,0	67,0	" 1:3	10,0	8
Falzziegel .....	42	21	3,5	2,8	36	13,2	37,0	45,0	" "	3,0	8
Falzpfannen .....	44	20,5	3,5	2,8	37	13	36,5	44,5	1:2,5	3,0	8
Kalksandfalzziegel .....	40	24	1,6	3,0	33	15	45,0	53	1:2	3,0	8
Eternit, einfach .....	30	30	0,35	—	23	19	9—12	22—25	" "	—	38
" doppel .....	40	40	0,35	—	33	10	8—11	21—24	1:1 bis 1:6	—	20
" doppel .....	30	30	0,35	—	12	29	16—22	29—35	" "	—	58
" doppel .....	40	40	0,35	—	17	16	15—20	28—33	" "	—	32
Zementfalzziegel .....	40	24	2	2,4	36	15	36	43	1:2	3,0	8
" Rautenform .....	39 <sup>3)</sup>	50	2	3,6	30	11	40	47	1:2	2,5	6



1) Der Neigungswinkel des Daches ist im Verhältnis  $h : b$  angegeben:

2) Bei 8 cm Kies- und Sanddeckung.

3) Betr. Seitenlänge.

Haken und Nägel sollen nicht unter 32 mm, besser 40 bis 50 mm lang sein und aus verzinktem, verbleitem oder verkupferten Schmiedeeisen bestehen; haltbarer, aber auch teurer sind gepreßte Messing- oder Kupfernägel.

## 7. Asbestzementschiefer.

Vor einigen Jahren wurde dem Ingenieur *Hatschek* in Wien ein Verfahren zur Herstellung von Asbestzementplatten patentiert, die seitdem unter dem Namen „Eternit“ als Dachdeckungsstoff auf den Markt gekommen sind<sup>1)</sup>. Die wesentlichen Bestandteile desselben sind Asbest und Portlandzement; ihre Verarbeitung erfolgt in der Weise, daß die Platten, die auf Papiermaschinen ähnlich wie Pappe erzeugt werden, indem die einzelnen Lagen des Asbestfließes um eine runde Walze von etwa 90 cm Durchmesser so lange herumgeführt werden, bis die nötige Dicke erreicht ist, in frischem, noch nicht abgebundenem Zustand unter hydraulischen Pressen einem hohen Druck ausgesetzt werden und dann in geeigneter Weise zur Abbindung und Erhärtung gelangen. Sie zeichnen sich durch außerordentlich große Festigkeit und Zähigkeit, gute Feuerfestigkeit, Frost- und Wetterbeständigkeit, geringes Wärmeleitungsvermögen und Gewicht aus. Ihre Farbe ist weiß, grau oder rot. Sie werden in einer Stärke von 3 bis 4 mm und Größen von 15/30, 30/30, 20/40 und 40/40 cm hergestellt und genau wie Schieferplatten auf Schalung oder Lattung verlegt und mit kupfernen Sturmklammern und verzinkten Nägeln befestigt. Die bisher damit gemachten Erfahrungen sind gut gewesen.

Aus denselben Rohstoffen hergestellt, aber in anderer Weise, wird der Asbestolithschiefer der Asbestolithwerke in Hamburg-Reinbeck nach dem Patent *Pulvermann*. Während beim Eternitschiefer die Asbestfasern alle parallel liegen und bis zur Oberfläche gehen, liegen sie bei letzterem kreuz und quer und sind wenig verfilzt miteinander; außerdem erhalten die Tafeln an der Ober- und Unterfläche eine ebene, dünne Zementschicht. Durch die geänderte Anordnung soll die Wetterfestigkeit der Platten erhöht und einem etwaigen Werfen derselben vorgebeugt werden.

## VIII. Tischlerarbeiten.

### A. Allgemeines.

Die vom Tischler verarbeiteten Baustoffe sind dieselben wie die des Zimmermanns, die Hölzer. Der Unterschied zwischen den beiden Handwerksgebieten liegt darin, daß die Arbeit des Zimmermanns im allgemeinen die gröbere ist, und daß er mit massiven, vollen Hölzern arbeitet, die mittels Holz- oder Eisennägel zusammengehalten werden, während die Arbeiten des Tischlers feinerer Art, die Hölzer vielfach nicht massiv, sondern nur furniert sind und mit Leim zusammengefügt werden.

Das über Entstehung, Beschaffenheit, Eigenschaften und Krankheiten des Holzes im Abschnitt IV Gesagte gilt daher auch hier. Die vom Zimmermann verwandten

<sup>1)</sup> Sie werden jetzt von der *Deutschen Eternit-Gesellschaft* in Hamburg, die das *Hatscheksche* Patent erworben hat, hergestellt.

Hölzer werden auch wegen ihrer allgemeinen Verbreitung und daher geringen Preises vom Tischler am meisten verbraucht. Für feinere Arbeiten des inneren Ausbaus und besonders für Möbel ist dagegen noch eine Reihe anderer Laubhölzer im Gebrauch, zum Teil ausländischer, die sich durch Festigkeit, Härte und vor allem durch schöne Färbung und hohe Politurfähigkeit dafür ganz besonders eignen. Ihre Beschreibung im einzelnen folgt unten.

## B. Bearbeitung der Hölzer.

Die vom Tischler gebrauchten Hölzer, meist Bretter und Bohlen, werden als fertige Handelsware von den Sägewerken bezogen, seltener als Stämme, die dann in der Werkstatt zerschnitten werden. Letzteres geschieht bei einigen ausländischen Hölzern. Besonderer Wert ist darauf zu legen, daß die gekauften Holzwaren bereits abgelagert, d. h. gut ausgetrocknet sind. Ihre Lagerzeit im Sägewerk soll daher nicht unter 2 Jahren betragen. In den Lagerräumen des Tischlers, die hell, warm und gut zu lüften sein müssen, wird der Trockenvorgang fortgesetzt. Für besonders gute Arbeiten kommen die Hölzer in besondere Trockenkammern, d. h. möglichst hohe, auf 40° erwärmte Räume, in denen eine stetige Lüfterneuerung durch Absaugen mittels Ventilators herbeigeführt wird.

Die Bearbeitung des Holzes zu den einzelnen Gegenständen hat ihr Augenmerk besonders auf zwei Punkte zu richten, von denen der eine mehr für die Arbeiten des Bautischlers, der andere für die des Möbeltischlers Bedeutung hat. Es ist dies die Formgebung und Konstruktion der Waren und die Behandlung ihrer Oberfläche.

Die Konstruktion bezweckt, dem Gegenstand die nötige Festigkeit und Beständigkeit zu geben; sie hat insbesondere mit den fehlerhaften Eigenschaften des Holzes zu rechnen und dem Trocknen und Quellen, Werfen, Verziehen usw. entgegenzuarbeiten. Die Anforderungen, die ein heutzutage meist schnell in die Höhe geworfener Neubau in bezug auf die Trockenheit seiner Tischlerarbeiten stellt, sind recht hohe und können daher meist nicht unbedingt erfüllt werden. Das vom Tischler in trockenem Zustande verarbeitete Holz der Türen und Fenster kommt in den noch feuchten Bau, quillt durch Wasseraufnahme an; Türen und Fenster schließen nicht mehr und werden daher abgehobelt. Nach Benutzung der Räume und regelmäßiger Heizung trocknet alles dann zusammen, gibt Fugen, Risse und läßt Streifen von weißem, ungestrichenem Holz an den Füllungen von Türen, Paneelen usw. erscheinen. Das einzig wirksame Mittel dagegen, nämlich langes und gründliches Austrocknen des Rohbaues abzuwarten, läßt sich aus wirtschaftlichen Gründen heutzutage leider nur selten durchführen. Etwas beschränken lassen sich die Erscheinungen des Arbeitens des Holzes dadurch, daß man die fertigen Gegenstände in der Tischlerwerkstatt mit einem heißen Leinölanstrich tränken läßt, was am besten durch den Maler zu geschehen hat. Steht der künftige Farbenton derselben bereits fest, so läßt man zweckmäßig auch den ersten Grundanstrich aufbringen.

Die Konstruktion der Gegenstände arbeitet, besonders bei glatten Holzflächen von Türen u. dgl., dem Trocknen und Werfen dadurch entgegen, daß man die Platten nicht aus einem Stück herstellt, sondern aus mehreren (3, meist 5) dünneren Platten (Dickten genannt) so zusammenleimt, daß die Fasern der einzelnen Platten rechtwinklig zur nächsten liegen. Dadurch wird das Arbeiten des Holzes fast ganz auf-

gehoben. Derartige Platten in großen Abmessungen, für Tische usw. gut, werden auch fabrikmäßig hergestellt und sind unter dem Namen Koptoxyl im Handel. Man nennt diese Art der Verleimung mehrerer Dicken Absperren des Holzes. Für bessere und teurere Holzarten stellt man die für die Außenseiten bestimmten dünnen Platten in Stärken von 1, 2 oder 3 mm her, sog. Furniere. Die inneren Lagen werden meist aus billigerem (Kiefer) oder wenig arbeitendem weichen Holz (Pappel) angefertigt. Derartige Holz heißt furniertes Holz.

Die Bearbeitung des Holzes erfolgt zum Teil mit der Hand, zum Teil mit Maschinen. Letztere Art der Bearbeitung hat infolge der steten Gleichmäßigkeit und Weichheit des Holzes, sowie der häufigen Wiederkehr ein und desselben Arbeitsstückes (z. B. bei umfangreichen Lieferungen von Türen oder Fenstern gleicher Art) einen großen Umfang angenommen und ist außerdem infolge ihrer wirtschaftlichen

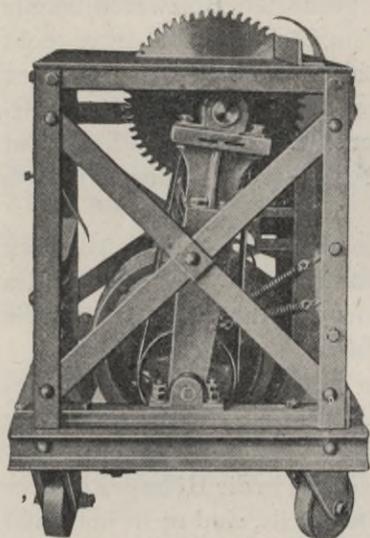


Abb. 178. Pendelsäge.

Vorteile heutzutage die in allen größeren Tischlereien allein übliche geworden. Dazu kommt, daß der Betrieb den Heizstoff für die Dampfkessel oder Lokomobilen in Form von Säge- und Hobelspänen oder anderen Holzabfällen selbst liefert, so daß wenig oder gar keine Kohlen dafür anzuschaffen sind. Die Beförderung der Späne von der Arbeitsmaschine nach dem Dampfkessel geschieht selbsttätig in der Weise, daß an der Maschine an der Entstehungsstelle der Späne ein Trichter angebracht ist, durch den sie einer 15—30 cm weiten Blechrohrleitung zugeführt werden, welche vor dem Rost des Kessels endigt. Ein Ventilator bewirkt das Absaugen und die Beförderung der Späne.

Die Zahl der im Tischlereigewerbe bestehenden Arbeitsmaschinen ist eine entsprechend den vielen Arbeitsgebieten desselben sehr große. Ihre Hauptgruppen sollen in folgendem besprochen werden.

An Abschneidemaschinen sind die Kreissägen und die Bandsägen im Gebrauch; sie entsprechen in ihrer Anordnung den im Abschnitt Zimmerarbeiten dargestellten Sägemaschinen (S. 146 ff.). Eine Abart der Kreissäge stellt die Pendelsäge (Abb. 178) dar. Ein kreisförmiges Sägeblatt ist an einem starken eisernen Arm, der am andern Ende an einer Welle drehbar sitzt, so montiert, daß es sich in einem Schlitz der Tischplatte hin und her bewegen läßt. Eine auf der Platte befestigte Anschlagschiene gestattet das Festlegen des zu schneidenden Holzstücks. Der ganze Tisch ist auf Rädern fahrbar eingerichtet und kann mit Leichtigkeit an jeden Benutzungsort befördert werden. Der Antrieb ist elektrisch.

Eine Abart der Bandsäge stellt die Dekupiersäge (Abb. 179) dar, die zum Ausschneiden von durchbrochenen Hölzern verwandt wird. Sie besteht aus einem auf dem Boden befestigten Tischgestell, welches die Antriebsvorrichtung enthält und aus einem an der Decke des Raumes befestigten Führungsgestell, das nicht sehr lange, schmale Sägeblatt wird mittels Klemmschrauben oben und unten festgespannt, durch den Exzenter, die Antriebsvorrichtung, nach unten gezogen und durch die das Blatt stets straff haltenden federnden Stahlbügel des Führungsgestells wieder gehoben.

In obiger Abbildung ist die Dekupiersäge mit einer Bohrmaschine vereinigt, was die verhältnismäßig seltene Benutzung beider Maschinen gestattet.

Eine wichtige Stelle nehmen die Hobel- oder Abrichtmaschinen ein, die für alle Arbeiten dienen, die die Herstellung glatter, abgerichteter Flächen bezwecken; ebenso sind sie zum Abkanten und Fügen, zum Kehlen, Nuten und Spunden geeignet. Abb. 180 veranschaulicht ihre Bauart. Sie bestehen aus einem starken gußeisernen Untergestell, welches eine zweiteilige eiserne Platte trägt, in deren Mitte ein schmaler Spalt sich befindet. Unter diesem ist die quadratische oder kreisrunde Messerwelle mit 2 Messern so angebracht, daß die Schneiden derselben eben über die Tischoberfläche hervorragen, und wenn die Welle in schnelle Umdrehung versetzt wird, das auf der Tischfläche entlang gleitende Holzstück abhobeln. Ein Führunglineal an der Seite gibt dem von der Hand des Arbeiters vorwärts geschobenen Holzstück feste Richtung.

Zum Abhobeln von Brettern auf bestimmte Dicken dient die Dicktenhobelmaschine. Sie entspricht in ihrer Hauptanordnung der vorigen, besitzt nur eine verstellbare untere Platte, welche die Einstellung des Zwischenraums und damit also des hindurchgleitenden Holzstücks auf bestimmte Stärken gestattet. Der Vorschub des Holzes wird durch mehrere in der Platte sitzende Walzen bewirkt. Die Messerwelle sitzt, von einem Schutzgehäuse umgeben, über der Platte (vgl. Abb. 181).

Zum Anarbeiten von Profilen jeglicher Art an gerade oder geschweifte Hölzer dienen die Fräsmaschinen. Sie bestehen, ähnlich wie die entsprechenden in der Sandsteinbearbeitung, aus einer horizontalen Tischplatte mit einer senkrechten, über die Tischebene hinausragenden Spindel in der Mitte, auf welche die verschieden profilierten Fräsköpfe aufgeschraubt werden. Das Holzstück wird an einem Führunglineal entlang an dem sich schnell drehenden Fräskopf vorbeigeführt, der dann das Profil ausschneidet.

Zum sauberen Abschleifen glatter Flächen sind vielfach Sandpapierschleifmaschinen in Gebrauch. Sie bestehen darin, daß eine mit Sandpapier bezogene gußeiserne Scheibe in schnelle Drehung versetzt wird und das gegen sie gepreßte Holzstück sauber abschleift.

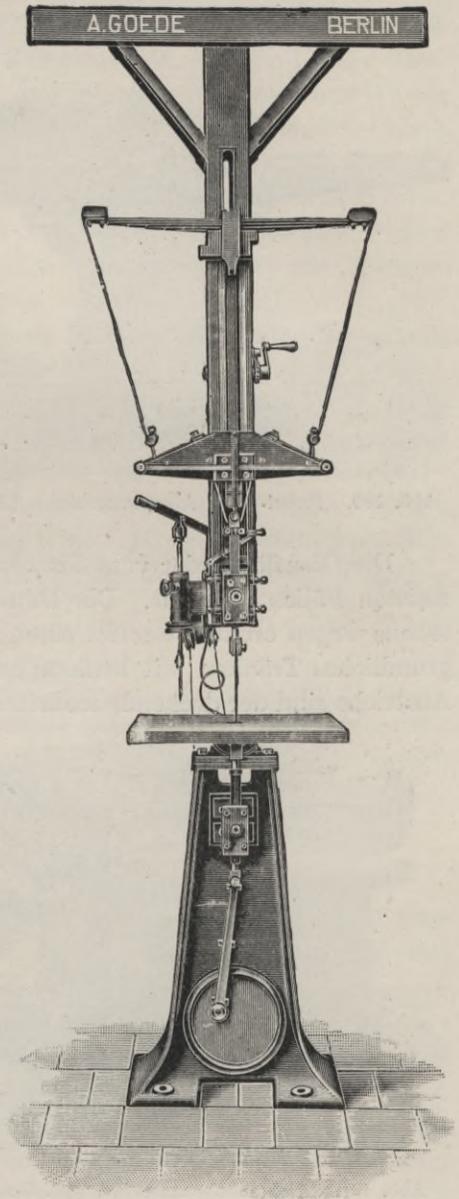


Abb. 179. Dekupiersäge. (A. Goede-Berlin).

Weiter sind noch in Gebrauch die Bohrmaschinen mit drehbarem Bohrer und Hebel zum Vor- und Zurückziehen desselben, sowie Kettenfräsmaschinen zum Ausfräsen von Löchern, die scharfkantig werden im Gegensatz zu denen der vorgenannten Bohrmaschinen, welche dem Bohrer entsprechend rund sind und nachgestemmt werden müssen.

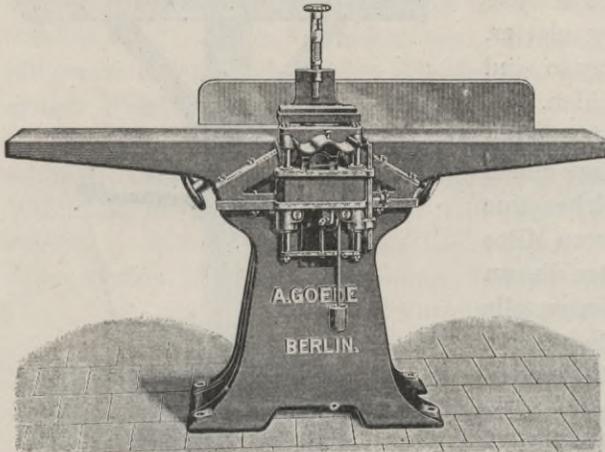


Abb. 180. Hobel- oder Abreißmaschine. (A. Goede-Berlin.)

Die Oberfläche der vom Tischler hergestellten Holzarbeiten wird in den weitaus meisten Fällen gehobelt. Der Dauerhaftigkeit des Holzes, sowie des besseren Aussehens wegen erhält sie meist einen Farbanstrich, dem, wie oben schon erwähnt, ein gründliches Tränken mit heißem Leinöl voranzugehen hat. Die meist verwendeten Anstriche sind der deckende mehrfache Ölfarbanstrich, der die Maserung des Holzes verbirgt und eine durchaus glatte Fläche erzielt, und der Lasuranstrich, welcher dünn aufgetragen, die Zeichnung des Holzes durchscheinen läßt. Beide Anstriche erhalten zuletzt noch einen Lacküberzug. Die besseren Arbeiten, meist auch aus teureren Hölzern hergestellt, können einen schönen und dauerhaften Farbenton durch Beizen erhalten. Diese dringen in das Holz ein und bilden, da sie meist chemisch saurer Art sein sollen, mit den basisch wirkenden Holzsäften feste Salze, die gegen Einflüsse von Luft und Licht ziem-

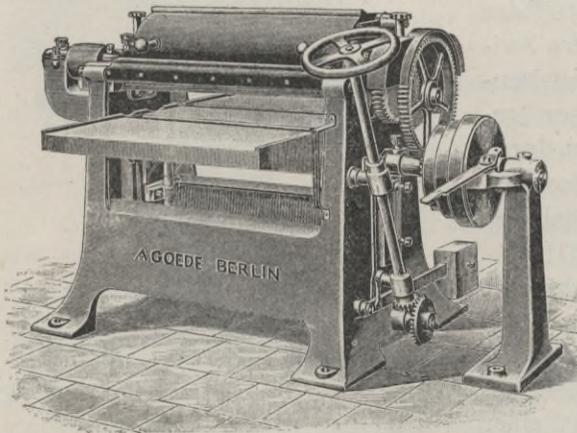


Abb. 181. Dicktenhobelmachine. (A. Goede-Berlin.)

lich widerstandsfähig sind. Besitzt das Holz zuviel Eigenfarbe oder ist es zu dunkel, um bestimmte zarte Töne anzunehmen, so kann man es vorher bleichen. Dies geschieht durch Behandeln mit Pottasche- oder Sodalösung, welche mit den im Holz enthaltenen Harzen Seifen bilden und mit seinen Gerbsäuren usw. Verbindungen eingehen, die in Wasser löslich sind.

Die feinste Behandlung des Holzes, bei welcher seine Farbe und Maserung am günstigsten zur Wirkung kommen, besteht im Polieren. Es eignen sich dafür nur harte,

Zum Zusammenfügen der Arbeiten wird bester Lederleim benutzt, der in größeren Betrieben in Dampfkesseln gekocht und in Dampfwasserkästen warm gehalten wird. Zum Leimen selbst benutzt man Tische mit eisernen Platten, die durch ein Netz von darunterliegenden Dampfzweigen angewärmt werden, um ein zu schnelles Erkalten des Leims zu verhüten.

festen Holzarten mit dichtem Gefüge, z. B. Nußbaum, Birnbaum, Esche, Ahorn, Zitrone und die meisten ausländischen Hölzer. Dem eigentlichen Polieren geht das Schleifen voran, welches die Herstellung einer durchaus glatten Oberfläche und das Schließen sämtlicher Poren bezweckt. Es kann trocken geschehen — entweder mittels Schleifmaschinen oder mit der Hand unter Zuhilfenahme von Sand- oder Gaspapier oder Bimsstein. Meist wird naß geschliffen, und zwar mit Bimsstein und Wasser oder Leinöl. Letzteres ist das allgemein übliche, hat aber den Nachteil, daß bei nicht genügendem Trocknenlassen des Öls nach dem Schleifen das Holz beim späteren Zusammentrocknen die Öltröpfchen aus einzelnen Poren herausdrückt, d. h. ausschwitzt. Empfohlen wird neuerdings als Schleifmittel und Porenfüller ein Gemenge aus gleichen Gewichtsteilen Stärkemehl und Schwespat und  $\frac{1}{6}$  des Gewichts Sikkativ oder Elektroleinöl-Firnis (auf elektrolytischem Wege gereinigtes, oxydiertes Leinöl).

Den spiegelartigen hohen Glanz erzielt man durch Aufreiben der Politurflüssigkeit, einer Auflösung von Schellack in 96proz. Spiritus, auf die geschliffene Fläche. Nach dem ersten Auftrag, dem Grundieren, erfolgt ein neuer Auftrag so oft, bis vollständig gleichmäßiger Glanz erzielt ist, wobei darauf zu achten ist, daß jeder neue Auftrag erst aufgebracht werden darf, wenn der vorhergehende vollständig getrocknet ist.

Will man dem Holz anstatt des spiegelnden Glanzes einen matten Glanz verleihen, so wird es gewachst, d. h. mit einer Auflösung von reinem Bienenwachs in Terpentin oder in Äther behandelt, nachdem durch vorheriges Schleifen die Poren sorgfältig gefüllt sind.

## C. Die einzelnen Arten.

Außer den unter Zimmerarbeiten S. 149ff. bereits aufgeführten, auch vom Bau- tischler meist verwendeten Holzarten kommen für feinere Tischlerarbeiten des innern Ausbaus und für Möbel folgende Hölzer in Betracht.

### I. Einheimische Laubhölzer.

a) **Buche, Rotbuche** (*Fagus silvatica*). Das Holz ist rötlichbraun mit hell oder dunkel sich abhebenden Spiegeln, feinen Jahresringen, hart, fest, schwer; es arbeitet sehr stark und ist dem Wurmfraß sehr ausgesetzt. Wird daher als Bauholz weniger benutzt, viel zu Tischler- und Stellmacherarbeiten.

b) **Erle, Else, Schwarzerle** (*Alnus glutinosa*) und **Weißerle** (*Alnus incana*). Das Holz zeigt breite Jahresringe und Markstrahlen, ist hellbraun bzw. hellgrau von Farbe, leicht, nicht sehr hart, gut spaltbar und hält sich ausgezeichnet unter Wasser, wenig dagegen im Trocknen, da es von Würmern leicht angegangen wird. Dementsprechend seine Verwendung im Wasserbau und für Tischler- und Drechslerarbeiten.

c) **Ulme, Rüster** (*Ulmus campestris*). Das im Splint gelbe, im Kern und bei älteren Bäumen bräunliche Holz kommt an Güte dem Eichenholz nahe. Es ist fest, hart, zähe, elastisch und schwer, selbst im Splintholz, leidet nie unter Wurmfraß und ist sehr dauerhaft. Seine Verwendung entspricht der des Eichenholzes, ist jedoch gemäß dem hohen Preise des Holzes eine beschränkte.

d) **Pappel; Zitterpappel, Espe** (*Populus tremula*), **Silberpappel** (*Populus alba*), **Schwarzpappel** (*Populus nigra*). Das Holz ist von weißlichgelber Farbe und ohne ausgeprägte Jahresringe, weich, aber zäh, leicht, schwindet und arbeitet wenig. Für

Bauholz zu weich, findet es als Blindholz für Fußböden und zu Tischplatten Verwendung.

e) **Esche** (*Fraxinus excelsior*). Das hellgraue bis gelbe, im Kern bräunliche Holz ist schwer, fest, zäh und sehr biegsam, leichtspaltig und im Trocknen sehr dauerhaft. Verwendung als Bauholz selten, dagegen wegen seiner großen Biegsamkeit für Turngeräte und ähnliches geeignet.

f) **Ahorn; gewöhnlicher Ahorn, Bergahorn** (*Acer pseudoplatanus*), **Spitzahorn** (*Acer platanoides*), **Feldahorn** (*Acer campestre*). Das Holz ist gelblichweiß, beim Feldahorn rötlichweiß, mit wenig sichtbaren Jahresringen und zahlreichen Spiegeln; es ist fest, zähe, fein, gut spaltbar, unterliegt aber leicht dem Wurmfraß. Als Bauholz wenig verwandt, dagegen für Möbel und Einlegearbeiten.

g) **Linde; gewöhnliche Linde** (*Tilia vulgaris*), **Winterlinde** (*Tilia parvifolia*), **Sommerlinde** (*Tilia grandifolia*). Das weiße, weiche Holz ist fein und gleichmäßig gewachsen und zeigt fast keine Jahresringe. Es ist dem Faulen leicht ausgesetzt und für tragende Teile daher nicht zu verwenden; sehr gut dagegen wegen seiner Weichheit und Gleichmäßigkeit zu Schnitz- und Drechslerarbeiten.

h) **Birke** (*Betula alba*). Das Holz ist weich, leicht, fein gewachsen, schwer spaltbar und zähe, von graugelber bis rötlicher Farbe. Wird zur Herstellung von Möbeln, Stühlen und in der Stellmacherei verwandt.

i) **Weißbuche, Hainbuche** (*Carpinus betulus*). Das weißgraue Holz ist schwer, hart, elastisch, dicht, zäh und schwer zu bearbeiten. Seiner geringen Abmessungen und seines unregelmäßigen Wuchses wegen zum Bauholz nicht geeignet, aber für Maschinen, Geräte und Werkzeuge viel verwandt.

k) **Kastanie, Edelkastanie** (*Castanea vesca*). Das Holz kommt in seinen Eigenschaften dem Eichenholz sehr nahe, ähnelt ihm auch im Aussehen, unterscheidet sich aber von ihm durch das Fehlen der Markstrahlen; es ist schwer, hart, elastisch, gerbsäurehaltig und sehr dauerhaft, findet aber bei seiner geringen Verbreitung nur vereinzelt Verwendung.

l) **Akazie** (*Robinia pseudacacia*). Das gelblichbraune, oft geflammte Holz ist schwer, hart, elastisch, schwer zu bearbeiten und sehr dauerhaft; es wird wenig durch Würmer angegangen, findet aber bei seiner geringen Verbreitung nur Verwendung für kleinere Arbeiten des Drechslers und Stellmachers.

m) **Nußbaum** (*Juglans regia*). Das Holz besitzt schöne dunkelbraune bis schwarzbraune Farbe, sichtbare Jahresringe und ist schön geflammt und gemasert. Es ist mäßig hart und schwer, leicht zu bearbeiten, Splintholz minderwertig. Es findet in der Möbeltischlerei ausgebreitete Verwendung.

n) **Kirschbaum** (*Prunus cerasus*). Das graue bis bräunliche Holz ist feinjählig, ziemlich fest, dicht, leicht zu bearbeiten und sehr politurfähig. Geschätztes Holz für Möbeltischlerei.

o) **Pflaumenbaum** (*Prunus cerasus*). Das braunrote Holz ist sehr hart und fest und von Markstrahlen durchzogen. Verwendung wie vor.

p) **Birnbaum** (*Pirus communis*). Das anfangs weißlichgelbe, im Alter rötlichbraune Holz ist feinfaserig, oft geflammt, schwer und hart; es wird vom Wurm vielfach angegangen. Verwendung wie vor.

q) **Apfelbaum** (*Pirus malus*). Das Holz ist dunkler wie das des Birnbaums, aber ebenso fein, dicht, hart und schwer. Verwendung wie vor.

## II. Ausländische Hölzer.

a) **Mahagoniholz** ist ein Sammelname für verschiedene ähnliche Holzarten; am meisten geschätzt Swietania Mahagony von Haiti und St. Domingo, weniger gut das von Madeira und der westafrikanischen Küste stammende Holz von *Khaja senegalensis*. Als „unechtes“ Mahagoni bezeichnet man das Holz von *Pteroxylon utile* (Kapkolonie) und der australischen Eukalyptusarten, die dem echten Holz ähnlich sind, aber in der Härte bzw. Färbung und Politurfähigkeit nachstehen. Das Holz ist schön lebhaft rot gefärbt, dunkelt etwas nach, von sehr feinem dichten Gefüge, mit sehr schmalen Jahresringen mit Spiegeln, sehr fest, wirft sich nicht und wird von Würmern nicht angegangen. Bestes Möbelholz.

b) **Jacarandaholz, Palisander** (*Jacaranda brasiliana* und andere) aus Südamerika und Westindien. Sehr feines, festes, hartes und zähes Holz, im Splintholz weißlichgelb, Kernholz schokoladenbraun bis rötlich, mit schwarzen Adern durchzogen. Sehr politurfähig. Zu Möbeln und Einlegearbeiten viel verwandt.

c) **Ebenholz** ist ein Sammelname für mehrere aus verschiedenen Ländern stammende Holzarten, z. B. Dattelpalme (*Diospyros ebenum*) und andere *Diospyros*arten; am meisten geschätzt das von der Insel Ceylon, von Siam, Mauritius, Madagaskar und Sansibar kommende. Splintholz weißlich, Kernholz schwarz, zum Teil mit braunen Streifen im Innern; sehr hart, fein und gleichmäßig, schwer und dicht. Verwendung wie vor.

d) **Amerikanische Pappel, White wood**. Das grünlichgelbe bis graue Holz ist weich, leicht zu bearbeiten und mäßig schwer. Es kommt als billiges und gutes Furnierholz neuerdings viel in den Handel.

## IX. Glaserarbeiten.

### A. Rohstoffe.

Glas ist ein in hoher Temperatur durch Zusammenschmelzen von Kieselsäure mit Kali, Natron, Kalk, Tonerde, Blei-, Zink-, Wismut-, Eisen- oder Manganoxiden erzeugter amorpher, glänzender, durchsichtiger, harter, schleif- und polierbarer, für Flüssigkeiten und Gase undurchdringlicher Körper von muscheligem Bruch und verschiedenem spezifischen Gewicht.

Von diesen Bestandteilen sind die grundlegenden und in allen Glassorten vorhandenen: Kieselsäure (etwa 70 bis 75%), Kalk (10 bis 16%) und Kali oder Natron (10 bis 15%). Als Beimengungen sind Tonerde (1 bis 2%), Magnesia (0,1 bis 1%) und Bleioxyd (1 bis 10%) vorhanden. Kristallgläser und für optische Zwecke gebrauchte Gläser besitzen einen erheblich stärkeren Gehalt an Bleioxyd (35 bis 50%) und dementsprechend geringeren Gehalt an Kieselsäure (45 bis 55%). Über weitere zu bestimmten Zwecken zu machende Zusätze (z. B. zum Färben) siehe unten.

Da die Güte des Glases naturgemäß sehr von der Beschaffenheit der einzelnen Rohstoffe abhängt, so ist auf deren Auswahl und gute Beschaffenheit großer Wert zu legen.

Die Kieselsäure wird in Form von Quarz, Sand, Feuerstein oder Kieselgur zugesetzt. Sämtliche Stoffe müssen durchaus eisenfrei sein, da ein geringer Prozentsatz

von Eisen die Glasmasse färbt. Quarz, kristallinische Kieselsäure (Bergkristall) wird, um die unerläßliche Zerkleinerung zu erleichtern (des innigeren Gemenges und leichteren Schmelzens wegen), in einfachen Schachtöfen oder für bessere Waren in Flammöfen geglüht, in Wasser abgeschreckt, und die so entstandene mürbe Masse in Pochwerken, Kollergängen oder Kugelmühlen zerkleinert. Wegen der erforderlichen Eisenfreiheit stellt man Läufer und Mahlbahn der Kollergänge aus Quarzit her. Vorteilhafter ist die Verwendung von feinem reinen Quarzsand, da er nicht zerkleinert zu werden braucht; durch Glühen und Waschen befreit man ihn von organischen und erdigen Bestandteilen.

Kalk wird in Form von kohlensaurem Kalk — Kalkspat, Kreide, Marmor, Kalktuff, Kalkstein — oder als Kalkhydrat zugesetzt. Auch er soll frei von Eisen und Magnesia sein; letztere erhöht die Schmelztemperatur des Glases und macht es zähflüssig.

Kali wird meist in Form von kohlensaurem Kali, das ist Pottasche, zugesetzt, seltener als schwefelsaures Kali; Natron in Form von Soda, Glaubersalz oder Kochsalz. Der Zusatz von Tonerde macht das Glas wohl widerstandsfähiger gegen chemische Einflüsse, gleichzeitig aber auch streng flüssig und wird daher meist sehr beschränkt. Ein mäßiger Zusatz soll die Entglasung der Masse, d. h. Zersetzung infolge zu langer Glut im Ofen oder zu langsamen Abkühlens, verhindern.

Der für verschiedene Gläser erforderliche Zusatz von Bleioxyd geschieht jetzt fast ausschließlich in Form von Mennige, und zwar nicht nur seiner Reinheit wegen, sondern auch weil die Sauerstoffabgabe beim Schmelzen der Reduktion des Oxyds zu Metall und damit dem Rauchig- und Dunkelwerden der Gläser entgegenwirkt. Vereinzelt wird Zinkoxyd für besondere Arten zugesetzt, was aber dem Bleioxyd hinsichtlich Klarheit und Glanz des Glases nachsteht. Die für einzelne Glassorten erforderlichen Zusätze von Borsäure und Phosphorsäure sind als solche im Handel zu beziehen.

Der Wert des vielfach als Fluß- und Läuterungsmittel zugesetzten Flußspats wird neuerdings stark bestritten; man erreicht denselben Zweck billiger und ohne Schädigung der Brennöfen durch Verminderung des Sandes und Vermehrung des Kalkes im Gemenge.

Endlich setzt man dem Gemenge alte Glasbrocken und Scherben zu; dabei ist zu beachten, daß sie sämtlich demselben Gemenge entstammen, da Glasteile von anderer Zusammenstellung Schlieren und brüchige Stellen verursachen würden.

Da eine geringe Verunreinigung der Gemenge, meist durch Gegenwart von Eisenoxyd, nicht zu vermeiden ist, hat die Glasmasse keine reinweiße, sondern eine grünliche Farbe. Zur Herstellung weißer Gläser ist daher eine Entfärbung der Masse notwendig, die durch Zusatz von Komplementärfarben — in diesem Fall also rot — geschieht. Man bedient sich dazu der Entfärbungsmittel oder „Seifen“, deren Wirkung eine chemische oder physikalische sein kann. Gebräuchlich zur Entfärbung grüner Glasmassen ist die Anwendung von Braunstein infolge seines Gehalts an rötlich färbendem Mangansuperoxyd; außerdem reduziert sein freiwerdender Sauerstoff etwa vorhandenes Eisenoxydul in das blässere Eisenoxyd. Da die Manganfärbung im Kühlöfen stets etwas zurückgeht, das Glas also wieder grünlich wird, bedient man sich besser des dauerhafteren Nickeloxys, welches eine bläulichrote Färbung hervorruft. Das ebenfalls oft verwandte Selen ist ähnlich unbeständig wie Mangansuperoxyd. Gut bewährt hat sich das in neuerer Zeit viel angewandte selenfreie „Universal-Entfärbungsmittel“ von *Br. Lange* in Pirna a. E.

Gegen Gelbfärben des Glases durch entstehende Schwefelverbindungen hilft der Zusatz von arseniger Säure oder Salpeter, welche dieselben durch Oxydation farblos machen.

Zur Färbung der Gläser dienen meist Metalloxyde, welche sich in der glühenden Glasmasse auflösen. Die Farbe selbst ist abhängig von der Zusammensetzung des Glases und der Oxydationsstufe. Meist werden folgende Oxyde verwandt:

Eisenoxyd färbt gelblichgrün, Eisenoxydul blaugrün, Kobaltoxyd blau, Manganoxyd violett, Uranoxyd gelblichgrün, phosphoreszierend, Chromoxyd grün, Kupferoxyd blaugrün, Kupferoxydul rubinrot, Gold rot bis rosa, Silber goldgelb, Selen rot bis rosa.

Schwarze Färbung erzielt man durch sehr starken Zusatz mehrerer verschiedenfärbender Mittel, wie Braunstein, Eisenoxydul, Kupfer- und Kobaltoxyd.

Milchglas, das ist ein durch Ausscheidungen mehr oder weniger getrübtes, durchscheinendes Glas von weißlicher Farbe, erhält man durch Zusatz von Zinnoxid, gebrannten und gepulverten Knochen und Guano. Die Zusätze ergeben zunächst eine klare, durchsichtige Schmelzmasse, treten aber beim Erkalten als weiße Trübung hervor.

Durch Mischung einzelner Farbentöne lassen sich entsprechende Zwischenstufen der Färbungen erzielen.

Man unterscheidet je nach den Hauptbestandteilen des Glases Kalikalkglas (böhmisches Krystallglas), vollkommen farblos, äußerst strengflüssig, hart und beständig.

Natronkalkglas (französisches Glas, Crown Glas, Fensterglas), etwas härter als das vorige, weniger strengflüssig.

Kalibleiglas (Krystallglas), schwer, leicht schmelzbar, weich, vollständig farblos, stark lichtbrechend (optisches Glas, Flintglas).

Alkalitonerdekalkglas (Flaschenglas), grün oder braun gefärbt.

## B. Herstellung.

Nach sorgfältiger Abwägung der für das Gemenge erforderlichen, gut zerkleinerten und gereinigten Bestandteile werden sie entweder mit Schaufeln oder besser in eisenfreien Mischmaschinen zu einem innigen Gemenge verarbeitet, dem man dann die etwa mitzuschmelzenden Glasbrocken beifügt.

Das Schmelzen des Gemenges geschieht nun entweder in großen Becken aus feuerfestem Ton — Häfen genannt —, die in Schmelzöfen eingestellt werden, oder in muldenförmigen Vertiefungen der Öfen selbst, sog. Wannenöfen. Man unterscheidet bei den Häfen offene und geschlossene, solche für einmaligen und für dauernden Betrieb. Sie sind aus den besten feuerfesten Tonen hergestellt und mit großer Sorgfalt geformt, getrocknet und gebrannt, da sie außer der großen Hitze dem Gewicht und den chemischen Einwirkungen der alkalischen Glasmasse standhalten müssen. Sie sind entweder offene Becken von der Form eines umgekehrten abgestumpften Kegels oder mit einem dünnwandigen Dom überdeckt, der eine röhrenförmige Öffnung zum Ein- und Ausbringen der Masse enthält und in einem Stück mit dem Hafen hergestellt wird. Vorteilhafter als diese einräumigen Häfen für einmaligen Betrieb sind diejenigen

für Dauerbetrieb, in denen also dauernd das Gemenge geschmolzen und an der andern Seite das flüssige Glas entnommen werden kann. Sie bestehen aus einem großen Becken mit drei untereinander in Verbindung stehenden Abteilungen, von denen die zum Ausarbeiten bestimmte meist überdeckt ist. Die Größe der Häfen ist je nach den Zwecken und nach Ortsgebrauch verschieden. Ihr Fassungsvermögen geht von 60 kg Glasmasse hinauf bis 1000 kg und mehr. Im allgemeinen verwendet man Häfen mit nicht über 600 bis 800 kg Fassung und geht bei größerem Bedarf zum Wannenofen über. Die Häfen stehen in der Regel zu 4 bis 8, selten mehr in einem Schmelzofen, der mit einem flachen elliptischen oder kreisförmigen Gewölbe überdeckt ist und mit unmittelbarer oder mit Regenerativfeuerung geheizt wird. Letztere verdient, wie allgemein, so auch hier den Vorzug, da sie eine bessere Ausnutzung der Brennstoffe gestattet. Die den Häfen und Hafenoöfen anhaftenden Mängel sind folgende: Großer Heizraum und damit viel Verbrauch an Brennstoffen, beschränkte Dauer und Kostspieligkeit der Häfen, Glasverluste durch Bruch der Häfen, Erfordernis weicher, alkalireicher, teurer Gemenge. Diesen Mängeln hilft der Wannenofen ab. Er kann ebenso wie der Hafenoöfen für einmaligen und für dauernden Betrieb eingerichtet sein; die Arbeitsweise entspricht vollständig der ersten. Sie wird meist in größeren Verhältnissen benutzt und enthält in der Sohle des Ofens eine große muldenförmige Vertiefung für die Glasmasse, in den größten Fabriken bis zu 40 000 kg Fassungsvermögen. Für dauernden Betrieb erhält der Ofen zwei Wannen zum Schmelzen und zum Ausarbeiten, die miteinander in Verbindung stehen, manchmal auch in zwei getrennten Öfen angeordnet sind. Um das Ausfließen der Glasmasse bei Reißbildung in den Wannen zu verhindern, befindet sich zwischen den zwei feuerfesten Steinlagen der Wannen ein mit Schamotteklein oder Sand ausgefüllter Raum.

Das in die Häfen oder Wannen eingebrachte Gemenge beginnt von unten nach oben zu schmelzen, wobei etwaige unzersetzt gebliebene Sulfate der Alkalien und des Kalks, sowie Chloride an die Oberfläche steigen und als Tropfen oder Scheiben auf der Masse schwimmen. Diese sog. „Galle“ wird, wenn sie nicht von selbst wieder verschwindet, entfernt. Sobald die Wärme nun nicht mehr durch das Schmelzen der Masse verbraucht wird, gerät der Ofen und mit ihm die Glasmasse in höhere Glut. Sie wird dünnflüssiger, kommt ins Wallen und wird dadurch homogener. Diese „Läuterung“ der Masse wird befördert, indem man eine Kartoffel oder Rübe, oder ein Stück nasses grünes Holz in die Glasmasse versenkt, dessen aufsteigende Wasserdämpfe eine starke Bewegung verursachen. Durch Decken des Feuers wird nach dem „Heißschüren“ das „Kaltschüren“ eingeleitet, wodurch das weißglühende, dünnflüssige Glas wieder in Rotglut zurückgeht und dabei teigartig zähflüssig wird. In diesem Zustand erhält man den Ofen während der Arbeit.

Das Formen des Glases geschieht nun auf zweierlei Art: im zähflüssigen Zustand durch Blasen, im dünnflüssigen durch Gießen. Auf die erste Weise werden außer dem Fensterglas die Flaschen, Röhren u. dgl. hergestellt, während die zweite Art fast ausschließlich für Fenster- und Spiegelglas, sodann für massive Glaskörper in Frage kommt.

Zum Blasen des Glases bedient der Arbeiter sich der sog. „Pfeife“, das ist eines etwa 2 m langen, zur Hälfte mit Holz umkleideten Eisenrohrs, dessen unteres Ende aufgebaucht ist. Er nimmt mittels der Pfeife Glasmasse aus dem Hafen und bläst sie langsam unter wiederholtem Anwärmen und Eintauchen in den Hafen zu einer

hohlen, zylindrischen Walze auf; diese wird nach Abschneiden des oberen und unteren Bodens im Streckofen auf eine glühende geschliffene Tonplatte gelegt, der Länge nach aufgeschnitten und auf der Platte gestreckt. Liegen mehrere Platten übereinander, so werden sie aus dem Streckofen, dessen Temperatur immer noch eine Weichheit des Glases bedingt, in den Kühlöfen gebracht, in dem sie sehr langsam abkühlen und erstarren. Von dem richtigen und sorgfältigen Kühlen hängt in erster Linie die Festigkeit und Zähigkeit des Glases ab. In der Arbeitsweise unterscheidet sich die rheinische mit engen, bis etwa 2 m langen Walzen von der in Schlesien üblichen böhmischen oder deutschen, in der kurze, aber bis 0,5 m weite Röhren geblasen werden.

In England hat sich teilweise noch eine andere Art des Blasens erhalten, welche das sog. Mondglas erzeugt. Der Arbeiter erzeugt durch fortwährendes Drehen der Pfeife eine mehr oder weniger kreisrunde Scheibe, in deren Mitte der dickere Pfeifenansatz sitzt. Es ergibt gutes, sehr dünnes und festes Glas, aber in nur kleinen Abmessungen und viel Verschnitt.

Bei den Fabriken zur Herstellung von Spiegel- und Tafelglas ist die Einrichtung derartig, daß in der Mitte des Hüttengebäudes der Schmelzofen und an beiden Längsseiten ihm gegenüber die Kühlöfen liegen. Auf Geleisen dazwischen fährt der „Gießwagen“, der die eiserne Gußplatte enthält, deren Größe gleich der Scheibengröße ist, und an welcher zwei Randleisten die Dicke der zu gießenden Platte angeben. Auf diesen Leisten bewegt sich eine schwere eiserne Walze, welche vom „Kurbelwagen“ aus bewegt wird. Mittels eines fahrbaren Krans wird der Hafen mit der dünnflüssigen Glasmasse auf die Gußplatte langsam entleert und mittels des Kurbelwagens die eiserne Walze darüber hinweggerollt, welcher sie sodann selbst aufnimmt. Vermittels des herangefahrenen „Brückenwagens“ wird die gegossene und inzwischen erstarrte Platte in die Kühlöfen eingeschoben, in denen sie nach 2 bis 3 Tagen gekühlt ist. Man erzeugt Platten von 10, 20, ja sogar bis 30 qm Größe.

### C. Eigenschaften des Glases.

Eine Reihe hervorragender Eigenschaften haben, neben der leichten Formbarkeit das Glas zu einem wesentlichen und unentbehrlichen Baustoff gemacht. Die wichtigste dieser Eigenschaften ist die fast vollkommene Durchsichtigkeit des Glases bei völliger Undurchdringlichkeit von Gasen und Flüssigkeiten, die es zu einem raumabschließenden und lichtspendenden Element unserer Bauten macht. Das Wärmeleitungsvermögen ist gering; daher erstarrt schnell abgekühltes Glas an der Oberfläche, während die inneren Teile, da ihre Abkühlung langsamer fortschreitet, sich noch zusammenziehen können und daher Spannungen im Glase verursachen, welche ihm zwar eine sehr erhebliche Festigkeit verleihen, aber auch bei geringer Beschädigung eine explosionsartige Zertrümmerung herbeiführen (Glastränen, Bologneser Flaschen!). Daher das Erfordernis einer langsamen Kühlung der Gläser! Kalk, Kieselsäure und Tonerde erhöhen das Wärmeleitungsvermögen des Glases. Die Wärmedurchlässigkeit des Glases nimmt ab mit dem Gehalt an Eisenoxydul. Nach den Versuchen von *Zsigmondi* beträgt die durchgegangene Wärme bei einer Spiegelglasplatte von 7,52 mm Stärke 83 bis 89%; bei einer 8,3 mm starken Glasplatte mit einem Gehalt von 1% Eisenoxydul 10 bis 14%, von 2% Eisenoxydul 4 bis 8% und ist bei einem Gehalt von

3% nicht mehr meßbar. Die Ausdehnung des Glases durch die Wärme ist eine sehr geringe; der kubische Ausdehnungskoeffizient schwankt zwischen 0,000 017 7 und 0,000 027 48 je nach der Zusammensetzung des Glases. Der Schmelzpunkt des Glases liegt zwischen 800° C (Kalibleiglas) und 1400° (Kalikalkglas).

Das spezifische Gewicht des gewöhnlichen Bauglases kann im Mittel mit 2,6 angenommen werden; bleihaltige Gläser haben ein spezifisches Gewicht von 3,2 bis 4,99, Jenaer Bleisilikatglas sogar 6,33. Die Zugfestigkeit des Glases beträgt etwa 4 bis 8 kg/qmm; die Druckfestigkeit 15 bis 17 kg/qmm; sie steigt mit dem Gehalt an Kieselsäure, Tonerde und Borsäure und fällt bei kali- und kalkreichen Gläsern. Die Bruchfestigkeit nimmt ab mit der Dicke des Glases und beträgt für gegossenes Glas bei einer Stärke

	von mehr als	15 mm	2,00 kg/qmm
	von 10—15	„	2,40 „
	„ 5—10	„	3,60 „
und für geblasenes Glas	„ 3—5	„	3,75 „

Von beträchtlichem Einfluß auf die Bruchfestigkeit des Glases ist die schnelle Kühlung infolge der, wie oben erläutert, im Glase entstehenden Spannungen; sie kann unter Umständen bei geeigneter schneller Kühlung sogar höher werden als die des Gußeisens.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Wasser, Säuren und Laugen ist groß, bei alkali-reichen Gläsern etwas geringer. Die natürliche Oberfläche des gegossenen oder geblasenen Glases ist widerstandsfähiger als die geschliffene; beim geblasenen Glas die der inneren Seite mehr als der äußeren. Gläser, die dauernd der Wärme und der feuchten Luft ausgesetzt sind, ziehen Feuchtigkeit an, beschlagen und werden matt. Gut zusammengesetzte Kalikalkgläser widerstehen der Einwirkung scharfer Säuren mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure, welche alle Arten von Glas zersetzt.

Das elektrische Leitungsvermögen des Glases ist gering, weshalb es zu Isolationszwecken für elektrische Leitungen benutzt werden kann.

Die Prüfung des Glases auf äußere Fehler, wie Flecke, Schlieren, Krümmheit, regelt sich nach den gestellten Anforderungen und wird am besten durch Probescheiben festgelegt. Die Prüfung auf seine Dauerhaftigkeit und Unveränderlichkeit geschieht, indem man die sauber gereinigte Scheibe 24 Stunden lang unter einer Glasglocke den Dämpfen von konzentrierter Salzsäure aussetzt und dann ebensolange, vor Staub geschützt, trocknen läßt. Gutes Glas bleibt völlig unverändert, mangelhaftes erhält einen mehr oder minder starken weißlichen, abwischbaren Belag.

## D. Die einzelnen Arten.

### 1. Geblasenes Glas.

Das für Bauzwecke vorwiegend gebrauchte Fensterglas ist fast ausschließlich geblasenes, sog. rheinisches Glas, womit nicht mehr die Heimat desselben, sondern die Art der Ware als solche bezeichnet wird.

Man stellt es in drei Stärken her: 2, 3 und 4 mm, die unter der Bezeichnung  $\frac{4}{4}$ ,  $\frac{6}{4}$  und  $\frac{8}{4}$  Glas im Handel sind. Der Reinheit nach unterscheidet man 4 Wahlen:

I. Wahl ganz rein, weiße Schnittfläche, sehr selten und teuer; II. Wahl etwas geringer, leicht grünliche Schnittfläche; III. Wahl halbweiß, grüne Schnittfläche, meist bei Bauten verwandt; IV. Wahl grünlich, fleckig, nur für untergeordnete Gebäude zu verwenden. Der Preis wächst nicht mit der absoluten Größe der Scheiben, sondern im Verhältnis der Summe von Länge und Breite, addierte Zentimeter.

Das nur noch in England hergestellte Mondglas hat 1,4 mm Stärke und zeigt vielfach, seiner Herstellung entsprechend, konzentrische Ringe. Es besitzt hohen Glanz und ist sehr hart und biegsam. In den Abmessungen geht es über  $40 \times 80$  cm nicht hinaus.

## 2. Gegossenes Glas.

a) **Rohglas** ist ungeschliffenes Gußglas und wird in Stärken von 3 bis 13 mm, für begehbbare Hof- und Kellerabdeckungen von 20, 30 mm und mehr geliefert. Seine Tragfähigkeit ist bedeutend. Nicht sorgfältig gekühlte Gläser, besonders der größeren Stärken, springen leicht infolge der in ihnen herrschenden Spannungen. Für Bedeckung von Hallen und Oberlichten kommt meist 5 mm starkes Glas zur Verwendung.

b) **Antik-, Cathedral- und Opalescentglas** sind ungeschliffene, 2 bis 3 mm starke gegossene Gläser, denen man bei der Herstellung absichtlich gewisse Mängel des antiken bzw. mittelalterlichen Glases verleiht. Während das Antikglas mit Strichen und Bläschen durchsetzt ist, ist Cathedralglas infolge seiner welligen unebenen Oberfläche nicht durchsichtig und zeigt in allen Farben weiche matte Töne, so daß es sich zur Herstellung von bunten Glasfenstern und Glasmalereien eignet. Ihm ähnlich, aber teilweise milchig, undurchscheinend und von wundervollem Farbenspiel ist das Opalescentglas. Es wird durch Zusammengießen zweier farbigen Gläser erzeugt und erhält dadurch geflammte Zeichnungen in allen Mischungen der beiden Farbtöne.

c) **Ornamentglas** ist 3 mm starkes, mit einem vertieften geometrischen, stern-, schuppen-, blumen- oder rautenförmigen Muster versehenes Gußglas. Es ist ebenfalls undurchsichtig, erhellt aber infolge der Lichtbrechung der zahlreichen kleinen Prismenflächen die dahinter liegenden Räume gut. Es wird durch Verwendung von entsprechend gravierten Walzen auf glatter Unterlage oder umgekehrt durch Walzen auf gravierter Unterlage hergestellt.

d) **Drahtglas** ist ein in verschiedenen Stärken hergestelltes Gußglas, in welches eine Einlage aus Drahtgewebe eingebettet ist. Diese bewirkt, daß die Bruchfestigkeit der Tafeln etwa um die Hälfte höher wird, als die gewöhnlicher gleichstarker Tafeln, während der Lichtdurchgang nur etwa um  $\frac{1}{4}$  vermindert ist. Die Scheiben sind gegen Druck und Stoß sehr widerstandsfähig und verlieren selbst bei Zerbrechen des Glases ihren Zusammenhang nicht, so daß sie für Oberlichte verwandt werden können, ohne daruntergespanntes eisernes Fangnetz. Die Einbettung der Drahtgewebe in die zu gießende Tafel geschieht auf verschiedene Art und Weise, die Gegenstand von Patenten ist. Bekannt ist das Drahtglas der Aktiengesellschaft für Glasindustrie, vorm. *Friedr. Siemens* in Dresden. Stärken: 8 bis 10, 15, 20, 25 bis 60 mm. Es läßt sich nicht schneiden, muß daher nach Maß bestellt werden, Tafelgröße bis 100/60 cm. Ferner das der Spiegelmanufaktur zu Schalke, Westfalen, sowie zu Stolberg (Rheinland). Das Glas wird in Tafeln bis zu 80/250 cm Größe geliefert, ist weitmaschiger und läßt sich schneiden.

e) **Spiegelglas** entsteht durch Schleifen und Polieren von gegossenen Platten. Nachdem diese sorgfältig auf Blasen und sonstige Fehler, welche ihre Bearbeitung zu

Spiegelglas ausschließt, untersucht und dann so zerschnitten worden sind, daß nur fehlerfreie Platten bleiben, beginnt das Rauhschleifen. Die Tafeln werden auf einem Schleiftisch befestigt und durch ein oder mehrere kleinere Obergläser, welche auf ihnen in Kreisen hin und her bewegt werden unter beständiger Zuführung von Schleifsand oder Diamantin und Wasser rauh geschliffen. Die Bewegung der Gläser erfolgt durch Maschinen. Danach beginnt das Feinschleifen in derselben Weise, nur daß immer feinerer Schleifsand verwandt wird. Durch das zum Schluß erfolgende Polieren mittelst Englischrot erhalten die Tafeln ihren Glanz und ihre Durchsichtigkeit wieder. Beim Schleifen geht fast die Hälfte ihrer Stärke verloren.

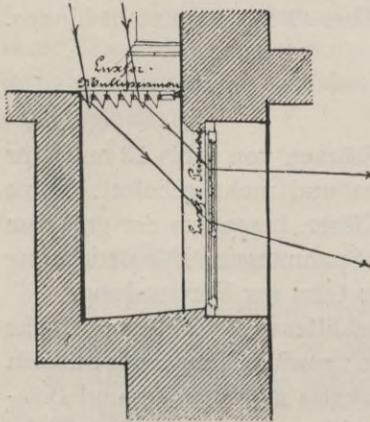


Abb. 182. Kellerbeleuchtung mittels Glasprismen.

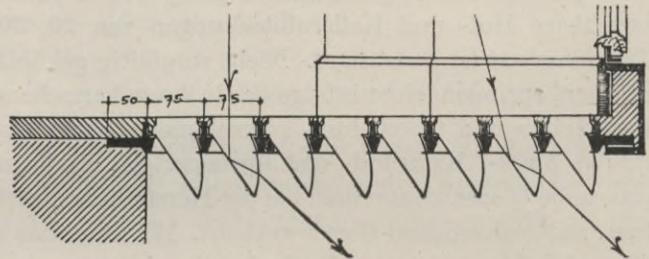


Abb. 183. Glasprismen.

(Deutsches Luxfer Prismensyndikat, Berlin-Weißensee.)

Es wird in Stärken von 4 bis 8 mm hergestellt; der Güte nach unterscheidet man 3 Wahlen, von denen die 1. und 2. fast ausschließlich zu Spiegeln, die 3. etwas geringere für Bauverglasungen verwandt wird. Die sog. Facettengläser sind Spiegelscheiben mit gebrochener, d. h. mit Face versehener Kante. Sie werden für Türfüllungen, Schaufenster Teile und ähnliche bessere Verglasungen verwandt und erzeugen infolge Zerlegung des weißen Lichts durch Brechung ein reizvolles Farbenspiel. Das Schleifen der Facen erfolgt auf sich drehenden Schleifsteinen oder mit der Hand.



Abb. 184.



Abb. 185.

Abb. 184 und 185. Elektrolytglas (Durchschnitt).  
(Deutsches Luxfer Prismensyndikat, Berlin-Weißensee.)

Abb. 182 und 183 zeigen Anordnung und Querschnitt der Glasprismen nach der Bauart des Deutschen Luxfer-Prismen-Syndikats Berlin. Die Prismen sitzen in stark verzinkten gußeisernen Rahmen und werden mit Vorteil zum Abdecken von Kellerlichtschächten, Hofkellerlichtern und ähnlichem verwandt. Sie werden für Fußgänger und für Wagenverkehr tragfähig hergestellt.

Dieselbe Firma stellt unter dem Namen Elektroglas eine feuerfeste Verglasung für Brandmauertüren, Wandabschlüsse u. dgl. in der Weise her, daß kleine Glasscheiben aneinandergesetzt werden und durch dünne Kupfersprossen gefaßt sind. Die ganze

f) Prismenglas. Die Brechung der Lichtstrahlen in prismenförmigen Glaskörpern führte dazu, für schlechtbeleuchtete Räume, besonders im Keller, aus Prismen zusammengesetzte Glasscheiben anzuwenden, welche eine starke Brechung des Lichts und damit bessere Erleuchtung der Räume herbeiführten.

Platte wird dann in ein Kupferbad gelegt, in welchem sich das Kupfer an den Sprossen nach Art der Abb. 184 und 185 niederschlägt, so daß eine feste, den Temperaturen eines Brandes gut standhaltende Glasscheibe beliebiger Größe entsteht. Das Muster der Scheiben kann nach Zeichnung beliebig zusammengesetzt, auch einfache Glasmalereien können in der Weise als feuerfeste Scheiben hergestellt werden.

### 3. Hartglas.

Die Herstellung von Gegenständen aus Hartglas beruht auf dem obenerwähnten Verhalten des Glases bei plötzlicher Abkühlung. Infolge der auftretenden Dehnungsspannungen erhält das Glas eine hohe, dem Eisen nahekommende Festigkeit, zerspringt aber bei geringen Veranlassungen explosionsartig. *De la Bastie* stellte Hartgläser her, indem er die geformte und wieder erhitzte Ware in Ölbäder von niedrigerer Temperatur tauchte und darin abkühlen ließ. *Siemens-Dresden* änderte das Verfahren dahin ab, daß er die Glastafeln zwischen erhitzte Platten brachte und preßte (Preßhartglas), was den weiteren Vorteil hatte, daß die Glasplatten sich nicht wie im heißen Ölbad verziehen können. *Schott-Jena* erreichte die Herstellung von für die Praxis brauchbarem Hartglas dadurch, daß er 2 Lagen Glas von verschiedenem Ausdehnungsvermögen übereinanderschmolz und so ebenfalls infolge der Spannungen im Glase große Härte erzielte, ohne die leichte Zerstörung der schnell gekühlten Gläser dabei zu erhalten (Verbundglas).

### 4. Farbiges und geätztes Glas.

Das Färben der Gläser geschieht, wie oben erwähnt, durch Zusatz von Farbmitteln, meist Metallen oder Metalloxyden, zum Gemenge. Das Glas ist dann im ganzen gefärbt. Im Gegensatz dazu besteht das Überfangglas aus weißem, nur mit einer dünnen Schicht überzogenem Glase. Es wird durch Eintauchen einer an der Pfeife hängenden farblosen Kugel in eine farbige Glasmasse oder durch Aufblasen eines Külbchens farbigen Glases in einer geblasenen farblosen (noch heißen) Glocke hergestellt. Wichtig ist, daß beide zur Vereinigung kommenden Glassorten dasselbe Ausdehnungsvermögen besitzen. Durch Abschleifen von Mustern oder Verzierungen in der farbigen Schicht kann man reizvolle Wirkungen erzielen.

Der Umstand, daß Fluorwasserstoffsäure Glas auflöst, indem sie sich mit der Kieselsäure chemisch verbindet und diese zersetzt, wird zum Einätzen von Schriften und Verzierungen in Glas benutzt. Man schützt die nicht zu ätzenden Stellen durch Auftragen der sog. „Reservagen“, das sind Deckmassen, aus geschmolzenem Wachs, Asphalt, Pech, Talg u. dgl. bestehend, und kratzt aus diesen die betr. Muster aus. Die so vorbereitete Tafel wird in ein Bad mit verdünnter Fluorwasserstoffsäure gehängt und nach einiger Zeit herausgenommen und gereinigt. In großen Fabriken, die Massenartikel herstellen, ist das Ätzen vielfach durch das Sandstrahlgebläse ersetzt. Durch Druckluft oder Dampf wird ein Strahl scharfkantigen feinen Quarzsandes gegen das Glas geschleudert und schleift so die Oberfläche rau ab. Die nicht zu ätzenden Teile werden durch festes Aufpressen von Papier, Karton oder Zinkblech geschützt. Die Wirkung des Sandes beträgt etwa in 5 Minuten 1 mm Tiefe.

Eine sehr reizvolle Behandlung blanker Gläser bietet das Damasizieren. Die matten oder mit einer Schicht von Borax und Wasserglas überzogenen Gläser erhalten einen 2 mm starken Auftrag aus bestem harten Leim, welcher gut trocknen muß. Wird die Tafel nun einer Temperatur von 40 bis 50° C ausgesetzt, so bekommt der spröde gewordene Leim Risse, springt ab und nimmt Glasteilchen mit. So entsteht ein schönes eisblumenähnliches Muster.

## E. Der Kitt.

Die Befestigung der Glasscheiben in den Holz- oder Eisenrahmen der Fenster geschieht durch loses Anheften mit Nägeln und Ausstreichen der Fugen mit Kitt. Der Glaserkitt besteht aus gekochtem Leinölfirnis und Schlemmkreide. Zum schnelleren Erhärten wird etwas Mennige oder Bleiglätte bzw. Bleiweiß zugesetzt. Der Kitt erhärtet langsam, wird aber ziemlich hart, luft- und wasserdicht. Zusatz von ungekochtem Leinölfirnis verzögert etwas die Erhärtung, macht ihn aber desto fester.

Alter Fensterkitt kann durch mehrmaliges Bestreichen mit Kalilauge und Schmierseife aufgeweicht werden; nur auch durch Auftragen eines Breies von Pottasche und Löschkalk.

## X. Anstreicherarbeiten.

### A. Zweck und Art der Farben.

Der Zweck der Farbanstriche kann verschiedener Art sein; entweder dient er zum Schutz des zu streichenden Gegenstandes gegen Feuchtigkeit oder Nässe, wie meist bei Holz- und Eisenanstrichen, oder er ist dazu bestimmt, der Fläche eine andere, glattere Oberfläche zu geben (Ölfarbanstriche auf Putz) und ihren von Natur aus meist nicht befriedigenden Farbenton abzuändern und der Stimmung des Ganzen einzufügen. Diese letztere Bedingung trifft auch naturgemäß oft bei den Schutzanstrichen zu, während sie bei den Anstrichen im Innern des Hauses Hauptzweck wird und in den reichsten Dekorationsmalereien auf Decken und Wänden ihre höchste Stufe erreicht.

Die Art der Anstriche kann ihrer Deckung nach verschieden sein. Man unterscheidet deckende Anstriche, die meist doppelt oder dreifach aufgetragen werden und das Gefüge der zu streichenden Fläche vollständig überdecken, Lasuranstriche, welche, in dünner Lösung aufgetragen, das Gefüge des darunterliegenden Körpers (meist Holz) durchscheinen lassen, oder Beizen, welche dasselbe noch mehr zur Geltung kommen lassen, indem sie in der Oberfläche des Körpers eindringen; letztere werden meist für bessere Holzarbeiten verwandt.

Die Anstrichfarben bestehen im allgemeinen aus dem pulverförmigen Farbstoff und dem Bindemittel, das sehr verschiedener Art sein kann, und zwar: Wasser, Leimwasser, Leinöl, Lack, Wachs, Wasserglas, Casein. Man unterscheidet demgemäß folgende Arten von Farben:

**1. Leimfarben.** Sie werden aus Farbstoffen in Wasser angerührt und durch tierischen oder pflanzlichen Leim gebunden. Sie können nur in gut ausgetrockneten Innenräumen Verwendung finden; länger einwirkende Feuchtigkeit erzeugt durch

Zersetzung des Leimes Schimmelbildung. Vor dem Anstrich ist es nötig, die zu behandelnde Putzfläche mit einer Seifen- oder Alaunlösung zu überstreichen, da sonst durch zu schnelles „Anziehen“ (Trocknen) die gestrichene Fläche scheckig wird.

**2. Ölfarben.** Bei diesen wird der Farbstoff durch Öle gebunden, und zwar gelangen mehr oder weniger schnell trocknende pflanzliche Öle zur Verwendung. Ölfarbenanstriche dienen dazu, hauptsächlich Holz-, Zink- und Eisen, auch geputzte Flächen usw. gegen Witterungseinflüsse und Feuchtigkeit gut zu schützen. Ein mehrmaliger Anstrich zur Verstärkung der Wirkung ist im Gegensatz zur Leimfarbe notwendig.

**3. Emaillefarben.** Als Bindemittel dient irgend ein Lack, mit dem die Farben verrieben werden. Sie trocknen sehr hart und finden überall dort Verwendung, wo eine glatte, glänzende, gegen Feuchtigkeit und gelinde Hitze widerstandsfähige Farbfläche verlangt wird.

**4. Wachsfarben.** Sie enthalten als Bindemittel gut trocknende Öle, Terpentin und Wachs, am besten reines Bienenwachs. Der Wachszusatz gibt dem Anstrich ein mattes oder mattglänzendes Aussehen; er eignet sich nur für Innenräume.

**5. Mineral- und Silikatfarben.** Bei diesen dient ein Silikat, Wasserglas usw. als Bindemittel. Sie eignen sich als Anstrich für geputzte oder steinerne Außenwände und für innere, der Feuchtigkeit viel ausgesetzte Wandteile. Besonders feine und zur dekorativen Bemalung der Fassaden geeignete Mineralfarben sind unter andern die *Keimschen*, die jedoch eine besondere und vorher sehr sorgfältig bearbeitete Putzschicht erfordern.

**6. Caseinfarben.** Als Bindemittel dient flüssiges Casein (Käsestoff), welches den Farben große Leuchtkraft, Dauerhaftigkeit und Festigkeit verleiht. Sie eignen sich, da sie gut decken, für bessere Anstriche in Innenräumen.

**7. Bronzen.** Sie bestehen aus feinzerteilten Metallen oder Metallegierungen und werden entweder auf eine halbtrockene Lackschicht aufgestäubt oder mit einem besonderen Bindemittel — Gemisch von Lacken oder guttrocknenden Ölen mit ätherischen Ölen — angerührt und mit dem Pinsel aufgetragen. Sie oxydieren im Freien oder im Innern in feuchter Luft sehr schnell mit Ausnahme der echten Vergoldung.

**8. Feuerfeste Farben.** Sie bestehen aus guten Erd-, Metall- oder Mineralfarben und werden durch Wasserglas oder guten Lack gebunden; sie dienen zum Anstrich von heißen Rohren, Heizkörpern, Badeöfen, Kesseln u. dgl. und vertragen ziemliche Hitzegrade. Es gibt sie fertig im Handel unter den verschiedensten Namen.

## B. Die Bindemittel.

**1. Der Leim.** Der zum Ansetzen der Leimfarben erforderliche Leim wird entweder aus tierischen oder pflanzlichen Stoffen gewonnen. Von den ersteren unterscheidet man Lederleim, der durch Auskochen von Hautabfällen der Gerbereien hergestellt wird, Knochenleim, der aus Knochen gewonnen wird, und Mischleim, der aus beiden Stoffen zusammen erzeugt wird; von den letzteren wird Sichellem am meisten verwandt, der, aus Kartoffelmehl, mit Wasser und einigen Chemikalien angesetzt, die Eigenschaften eines guten Lederleimes besitzt, ohne sauer zu werden. Ein guter Leim soll hell und gleichmäßig in der Farbe, durchscheinend, hart sein und darf nicht unangenehm riechen. Man stellt die Probe auf seine Güte in der Weise an, daß man eine trockene Leimtafel zur Hälfte in kaltes Wasser hängt; das eintauchende Stück muß

auf das  $2\frac{1}{2}$  bis 3fache der Dicke aufquellen und die Gallerte halten, ohne sich aufzulösen.

**2. Die Öle.** Das hauptsächlich für die Zwecke der Farbanstriche verwandte Öl ist das durch Pressen des Leinsamens erhaltene fette Leinöl. Seine Verwendung beruht auf seiner Eigenschaft, an der Luft durch Oxydation zu erhärten und eine harte, feste Schicht zu bilden. Diese Eigenschaft erhält das Leinöl in höherem Maße durch Kochen, wobei ihm vielfach geringe Mengen von Mennige, Bleiglätte oder Braunstein zugesetzt werden. Das Ergebnis ist unter dem Namen Leinölfirnis im Handel. Guter Firnis soll knochenhart aufdrocknen und darf beim Auflegen der warmen Handfläche weder sich klebrig anfühlen, noch aufweichen.

Ein weiteres viel gebrauchtes Öl ist das Terpentinöl. Das aus den Harzen verschiedener Nadelhölzer, meist der Kiefern, gewonnene Terpentin wird mit Wasser destilliert und unter Zusatz von Ätzkalk unter Dampf gereinigt. Es ist dünnflüssig, farblos, riecht stark, löst Harze auf und erhärtet durch Oxydation an der Luft. Es wird als Zusatz zu Ölfarben, zu Lacken und Firnissen und zum Verdünnen und Auflösen von Ölfarben benutzt.

Vereinzelt wird für einfache Grundierungen das billigere, stark riechende, minderwertige Kienöl, oder von künstlichen Ölen das Schwebbenzin benutzt; ersteres enthält noch harzige Rückstände und trocknet sehr langsam auf.

## C. Die Farbstoffe.

Von diesen kommen für Bauzwecke fast nur die anorganischen in Betracht, die sich entweder in der Natur als farbige Mineralstoffe bereits vorfinden — natürliche Erdfarben — oder auf chemischem Wege erzeugt werden — chemische Farben. Von ihnen sollen die Grundfarben — weiß, gelb, rot, blau, grün, braun, schwarz — in ihren bekannteren Arten nachstehend angeführt werden.

### 1. Natürliche Erdfarben.

a) **Weiß.** Kreide — kohlenaurer Kalk —  $\text{CaCO}_3$ ; als Ölfarbe schlecht deckend, Hauptfarbkörper für Leimfarbenanstrich. Permanentweiß (Blanc fixe) — schwefelsaures Baryum ( $\text{BaSO}_4$  — feingemahlener Schwerspat, auch Barytweiß genannt; ist permanent, doch von geringer Deckkraft; als Ölfarbe nicht verwendbar.

b) **Gelb.** Gelbe und braune Ocker; sie enthalten als Farbstoff Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat und sind, wenn rein, durchaus unveränderlich und in allen Maltechniken verwendbar. Je nach dem Farbton unterscheidet man Lichtocker, Goldocker (Satinober), Mittelocker, römischen Ocker, Braunocker.

Terra Sienna ist eine außerordentlich reich gefärbte Spielart des Gelbocker und eine der besten Lasurfarben.

c) **Rot.** Gebrannte Ocker und natürliche Rotocker. Beim Erhitzen von Gelbocker geht das Eisenoxydhydrat in rotes Eisenoxyd über. Die natürlichen Rotocker brauchen nur gemahlen, geschlämmt und gewaschen zu werden; hierher zählen: Venezianischrot, die rote Kreide, der Bolus, Terra rossa, Terra Puzzuoli, Sinopische Erde und die Rubrica des klassischen Altertums.

d) **Blau.** Ultramarin und Kobaltblau; werden jetzt künstlich hergestellt (siehe unten).

e) **Grün.** Grüne Erde, auch Seladongrün, Venezianererde genannt; Naturstoff.

f) **Braun.** Umbra, gebrannt oder roh, ist eine Abart von Ocker mit hohem Gehalt an Eisenhydroxyd und Manganoxyden; in jeder Technik gut verwendbar.

Van Dykbraun, Kasselerbraun, Kölnererde sind im wesentlichen erdige Braunkohlen und etwas eisenoxydhaltig. Sie blässen im Licht ab und bekommen einen kälteren Ton; sie trocknen als Ölfarbe schlecht.

Asphaltbitumen ist eine Kohlenwasserstoffverbindung (vgl. S. 83). Der reinste und beste stammt aus dem Toten Meer; er eignet sich nur als Ölfarbe, trocknet aber schwer und reißt leicht.

g) **Schwarz.** Graphit, reiner Kohlenstoff von dunkelgrauer Farbe mit fettigem Glanz, ist durchaus dauerhaft.

## 2. Chemische Farben.

a) **Weiß.** Bleiweiß, ist basisch kohlen-saures Blei von etwas wechselnder Zusammensetzung, deckt vorzüglich und ist die Hauptfarbe des Ölanstrichs. Giftig!

Zinkweiß, Zinkoxyd, wird durch Verbrennung von Zink hergestellt, trocknet als Ölfarbe langsamer und deckt schlechter als Bleiweiß. Eine andere Art von Zinkweiß besteht wesentlich aus Schwefelzink und führt die Namen Litopone, Griffith white; es ist schwer verwendbar, da mit vielen andern Farben unverträglich. Giftig!

b) **Gelb.** Neapelgelb, antimonsaures Blei, als Ölfarbe gut deckend und trocknend. Giftig!

Chromgelb, erscheint in drei Arten von verschiedener Zusammensetzung. Der hochgelbe Farbstoff ist neutrales chromsaures Blei. Es dunkelt im Licht nach, ist aber eine gut deckende und trocknende Farbe. Unter dem Namen Parisergelb und Neugelb kommen Gemische mit Gips und Schwerspat in den Handel. Giftig!

Cadmiumgelb (hell, mittel, dunkel und orange), Schwefelcadmium, trocknet als Ölfarbe langsam; nur zu feineren Malereien verwandt.

c) **Rot.** Rote Eisenoxydfarben decken und trocknen als Ölfarben gut. Hierher gehören: Indischrot, Caput mortuum, Kolkothar, Eisenoxyd (hell, dunkel, violett), Morellensalz, Persischrot, Türkischrot, Kaiserrot, Van Dykrot, Pompejanischrot, Marsviolett.

Zinnober, Verbindung von Quecksilber mit Schwefel, als Ölfarbe nicht lichteht, da die meisten Zinnoberarten bei längerer Belichtung nachschwärzen. Giftig!

Saturnrot, Mennige; Bleioxyd, leuchtend rot, als Ölfarbe gut lichteht. Giftig!

Chromrot, Wienerrot, basisch chromsaures Blei. Giftig!

Carmin, wird aus der Kochenillelaus gewonnen, nicht lichteht, aber leuchtende Farbe.

Krapplack. Die Krappe sind Tonerdeverbindungen des Alizarins; sie werden aus der getrockneten Wurzel der Krapppflanze gewonnen. Tiefroter und violetter Alizarinlack gehören zu den besten, lichtehtesten Farben.

d) **Blau.** Kobaltblau besteht im wesentlichen aus Kobaltoxydul und Aluminiumoxyd, lichtehte, gute Farbe. Giftig!

Ultramarinblau, ursprünglich aus dem Lapis lazuli gewonnen; jetzt künstlich aus Aluminiumoxyd, Natriumoxyd, Kieselerde und Schwefelnatrium hergestellt. Edle blaue, für alle Techniken gut geeignete Farbe. Giftig!

Pariser-, Berliner- oder Preußischblau, besteht aus Cyaneisen. Gute Farbe, besonders für Lasuren; ist empfindlich gegen Kalk.

Indigo, aus dem Saft der Indigoferaarten gewonnen, jetzt auch künstlich hergestellt.

Bergblau, ist basisch kohlen-saures Kupfer.

e) **Grün.** Kobaltgrün, Verbindung von Kobaltoxydul mit Zinkoxyd, auch Zinkgrün genannt; gute, beständige Farbe. Giftig!

Chromoxydgrün, gute beständige, für alle Techniken verwendbare Farbe, gut deckend. Giftig!

Grüner Zinnober, im Handel unter den Bezeichnungen Ölgrün, Olivgrün, Bronze-grün, Seidengrün, Moosgrün erhältlich, ist eine Mischfarbe aus Pariserblau oder Ultramarinblau mit gelben Pigmenten; nur für Wasser- und Ölfarben verwendbar.

Grünspan, essigsäures Kupfer, nur als Öllasurfarbe gut zu verwenden. Sehr giftig!

Schweinfurtergrün, Deckgrün, Doppelverbindung von essigsäurem und arsenik-säurem Kupfer. Lichtecht, aber mit vielen andern Farben nicht gut mischbar. Von der Verwendung in Wohnräumen gesetzlich ausgeschlossen, da sehr giftig!

f) **Braun.** Beinbraun, Beinschwarz, aus verkohlten Knochen hergestellt, nicht ganz beständig.

g) **Schwarz.** Elfenbeinschwarz, Rebenschwarz, ersteres aus Elfenbeinabfällen, letzteres aus der Weinrebe durch Verkohlen hergestellt, sehr beständig. Ähnlich hergestellt wird Kernschwarz aus Obstkernen und Korkscharz aus Korkabfällen. Frankfurterschwarz, Lampenschwarz ist feinzerteilter Ruß. Kienruß billige Sorte Schwarz; sämtlich gut beständig, dienen auch zur Herstellung der chinesischen Tuschen.

## D. Die Lacke.

Sie sind Auflösungen der von der Natur gelieferten Harze, wie Kopal, Bernstein, Damar, Schellack, Asphalt, in Terpentinöl oder in Spiritus; sie dienen dazu, dem gestrichenen Gegenstand einen harten, wasserdichten, dabei stark glänzenden Überzug zu geben, der durch das Erhärten des aufgelösten Harzes an der Luft entsteht. Sie werden entweder in reinem Zustand als Lasurlacke oder mit Farbe gemischt als Farblacke verwandt. Kennzeichen eines guten Lacks ist, daß er glashart und spiegelblank auf-trocknet und beim Auflegen der warmen Handfläche nach dem Auftrocknen nicht klebrig oder weich wird.

1. **Öllacke.** Von den reinen Lacken werden am meisten verwandt: Kopallack, aus dem Kopalharz hergestellt, als Überzugslack gestrichener oder geölter Holzflächen; Bernsteinlack, aus dem Bernsteinharz hergestellt, wie vor, auch als Mischlack für Fußböden; Damarlack, aus dem Damarharz hergestellt, ganz hell und durchsichtig, daher für Weißlackierung geeignet. Mit Farben gemischte Lacke werden als letzter deckender Überzug gestrichener Farbflächen verwendet; besonders hierunter zu nennen der Emaillack, der Japanlack, der Asphaltlack, letzterer ein schwarzer, durch Auflösen von Asphalt in Terpentin und Leinöl gewonnener, guter Lack. Für einfachere schwarze Eisenanstriche genügt der Eisenlack, der aus dem Steinkohlenteer hergestellt wird.

Eine besondere Art von Lack ist der Trockenlack oder Sikkativ; er wird durch langes Kochen von Leinöl mit Bleiglätte, Mennige oder Braunstein hergestellt und

dient, den Ölfarben zugesetzt, in erster Linie als Trockenmittel, da die Oxydation des Leinöls bei ihm sich sehr schnell vollzieht.

**2. Spirituslacke.** Sie werden für Bauzwecke verhältnismäßig wenig verwandt.

Eine Auflösung von reinem Schellack in Spiritus findet Verwendung als Isolierschicht auf kienigem oder astreichem Holz vor dem Farbanstrich; auch als Überzugslack auf unechter Vergoldung; wird auch als Politur für Holz verwandt. Mit Farben gemischt ergibt der Schellack einen schnelltrocknenden Anstrich, ist aber nicht sehr dauerhaft. Ähnlich der Spirituskopallack, nur für kleinere Holzgegenstände verwandt.

**3. Metalllacke.** Durchsichtige oder gefärbte Metalllacke werden mit weichem Pinsel auf die gut gereinigte blanke Metallfläche aufgetragen, um sie vor Oxydation zu schützen oder um sie umzutönen. Gut bewährt ist der durch Auflösen von Celluloid in leicht verflüchtigen, organischen Flüssigkeiten entstehende Zaponlack.

## E. Abbeizmittel.

Das Entfernen alter Ölanstriche geschieht durch Abseifen mit Laugen, Abkratzen mit dem Spachtel oder Abwaschen mit Salmiak. Lackanstriche werden entweder mit der Stichflamme der Lötlampe vorsichtig abgebrannt oder mit Salmiak abgebeizt.

# XI. Fußbodenbeläge.

Die Eigenschaften, die ein guter Fußboden haben soll, sind je nach Lage und Zweckbestimmung der betreffenden Räume verschieden. Allgemein verlangt man, daß er eben, aber nicht zu glatt sei, möglichst wenig, enge Fugen oder gar keine habe, raumbeständig sei, d. h. weder sich ausdehnen, noch schwinden soll, sich wenig abnutzt und ein schlechter Wärme- und Schalleiter, d. h. fußwarm und schalldicht sein soll; ebenso soll er möglichst feuer- und schwammsicher sein und meist auch gut aussehen. Für besondere Zwecke, wie Lagerkeller, Badestuben, Laboratorien, soll er wasserdicht und säurefest sein; für Fabriken, Durchfahrten und Höfe hart und fest; er muß sich bequem verlegen lassen und leicht und ohne große Kosten zu unterhalten sein. Einen Fußboden, der allen Anforderungen gleichmäßig entspricht, gibt es bis jetzt noch nicht. Es wird in jedem einzelnen Fall zu prüfen sein, welche Eigenschaften er in erster Linie haben muß und danach die Auswahl, auch unter Berücksichtigung des Preises, zu treffen sein. Entscheidend ist auch oft der Umstand, ob er auf steinernen oder hölzernen Decken zu verlegen ist. Man kann vier Hauptarten von Böden unterscheiden, und zwar: 1. Holzfußböden, 2. Steinplatten, 3. Estriche und 4. Linoleumbelag.

## A. Holzfußböden.

Als Holzarten kommen Kiefern- und Eichenholz, seltener Tanne oder Buche in Betracht. Zur Verzierung benutzt man in geringem Umfang auch Nußbaum-, Ahorn-, Palisander-, Amarant- oder Ebenholz. Nach der Art ihres Verlegens unterscheidet man:

### 1. Dielenfußboden.

Er besteht aus 3,5 bis 8 m langen rauhen oder gehobelten kiefernen Brettern, welche mit je 2 Nägeln auf den Balken oder Lagerhölzern befestigt werden. Maßgebend für die Güte des Fußbodens ist, daß das dazu verwandte Holz fehlerfrei und möglichst astrein ist, und daß die Bretter nicht zu breit sind, da sonst leichter ein Werfen eintreten kann. Am besten sind die Stamm Bretter mit möglichst senkrechten Jahresringen, da sie sich am wenigsten werfen. (Stammware ist aus guten, stärkeren Stämmen geschnitten und gut gepflegt im Gegensatz zu der aus jüngeren Stämmen geschnittenen weniger gepflegten „besäumten“ Ware.)

Die Dielen sollen so stark sein, daß sie nicht federn. Sie dürfen nicht knarren und sollen keine klaffenden Fugen bilden, dabei eben und wagerecht liegen. Für untergeordnete Räume, wie Dachböden, Lagerräume u. a., verwendet man rauhe Bretter, für Wohnräume gehobelte und gespundete. Die Dielen werden heute fabrikmäßig in den Sägewerken hergestellt und sind gangbare Handelsware. Ihre Abmessungen im einzelnen sind folgende:

Rauher Dielenfußboden besteht aus rauhen, besäumten, glatten oder gespundeten kiefernen Brettern, 20, 24, 26 und 32 mm stark, 20 bis 26 oder besser 16 bis 20 cm breit, Länge bis 7,0 m. Die Bretter sind entweder konisch oder parallel besäumt.

Als Blindfußboden für Parkett- und Stabfußboden verwendet man schmalere, 12 bis 16 cm breite Bretter, welche mit 1 cm Fuge verlegt werden, damit sie beim Arbeiten des Holzes Spielraum haben. Die Stärke beträgt 20, 24 oder 26 mm, die Länge bis 6 m.

Gehobelter und gespundeter Dielenfußboden aus kiefernen Stamm Brettern wird in zwei Stärken, 26 bis 28 mm und 32 mm, und 3 Wahlen geliefert. Die 1. Klasse ist nahezu astfrei, parallel besäumt und gleichmäßig breit, 16 bis 22 cm; die 2. Klasse hat mittelgroße Äste; Brettbreite ist 14 bis 28 cm; die 3. Klasse hat große Äste, ist oft blaufleckig und wird durchweg konisch bearbeitet. Der 32 mm starke Fußboden entspricht in der Einteilung dem vorigen, nur sind die Brettbreiten entsprechend größer. Die Länge beträgt 3,50 bis 8,0 m. Der neuerdings eingeführte Fußboden aus schwedischem Tannenholz ist 24 mm stark, 12 bis 18 cm breit, gehobelt, gespundet und parallel besäumt.

Der gehobelte und gespundete Riemenfußboden besteht aus aufgetrennten Stamm Brettern und ist 26 bis 28 mm oder 32 mm stark. Er wird in 3 Wahlen geliefert: Ganz astfreier Boden mit einer Brettbreite von 10 bis 14 cm und einer Länge bis 5,0 m; 1. Klasse fast astfrei, Brettbreite 10 bis 14 cm, Länge bis 6,0 m; 2. Klasse mit mittelgroßen Ästen, einer Brettbreite von 8 bis 16 cm und einer Länge bis zu 7,0 m. Er wird aus Kiefern- oder Eichenholz hergestellt. Der Riemenboden aus amerikanischem Kiefernholz (Pitch pine) wird in zwei Stärken, 24 oder 31 mm, und zwei Sorten geliefert. Die 1. Klasse ist durchaus astfrei, die 2. Klasse nicht. Die Brettbreite beträgt 9 bis 15 cm, die Länge 3,50 bis 6,0 m. Fußboden aus 14 bis 22 cm breiten Brettern (sog. Spiegelbrettern) gilt nicht mehr als Riemenfußboden, sondern als gewöhnlicher gehobelter und gespundeter Dielenfußboden.

### 2. Stabfußboden.

Er besteht aus einzelnen, 21 oder 26 mm starken, 6 bis 13 cm breiten und 30 bis 60 cm langen Brettern, Stäben und wird entweder auf einer Asphaltunterlage oder auf

Blindboden verlegt. Die erstere Art der Verlegung ist nicht so zu empfehlen wie die letztere, da die einzelnen Stäbe, welche durch Möbelfüße stark belastet werden, sich leicht in den Asphalt eindrücken, so daß Vertiefungen im Fußboden entstehen. Zum Haften an der Asphaltunterlage erhalten die Stäbe eine schwalbenschwanzförmige Nut. Wird er auf Blindboden verlegt, so werden die Stäbe gespundet oder besser mit loser Feder aus Hartholz (quergeschnitten) verbunden. Je nach Güte und Astreinheit der Stäbe unterscheidet man zwei Sorten. Am verbreitetsten ist der eichene Stabfußboden, billiger und ebenfalls ganz gut der aus amerikanischem Kiefernholz. Stabfußboden aus Buchenholz scheint sich nicht zu bewähren, da das Holz sehr leicht Wasser anzieht und quillt.

Um den Fußboden vor eindringendem Wasser zu schützen und ihm erhöhten Glanz zu verleihen, wird er gebohntert, d. h. mit einer aus 10 Teilen geschmolzenem Wachs, 4 bis 6 Teilen Terpentinöl und 2 Teilen Weingeist bestehenden Masse (Bohnerwachs) bestrichen, die durch Bearbeiten mit schweren Schrubbern eingerieben wird. Schmutzige und fleckige Böden werden vorher mit Stahlspänen oder mit der Ziehklänge abgezogen.

### 3. Parkettfußboden.

Er besteht aus 24 mm starken, meist quadratischen Tafeln von 35 bis 40 cm Seitenlänge, welche aus mehreren Stücken auf Nut und Feder zusammengesetzt sind. Abgesehen von den schönen geometrischen Mustern, welche dadurch entstehen, wird das Arbeiten des Holzes dadurch fast ganz unschädlich gemacht. Zur Verzierung legt man schmale Streifen, Sterne und ähnliches aus andersfarbigen Hölzern, wie z. B. Nußbaum, Ahorn, Palisander, Ebenholz u. dgl. ein. Die Muster der einzelnen Tafeln können entweder durch die ganze Stärke des Holzes durchgehen (massive Parketts) oder sie sind auf die Tafel furniert (furnierte Parketts). Man unterscheidet auch bei diesem Fußboden je nach der Güte 2 Sorten. Die Behandlung des Fußbodens ist dieselbe wie die des Stabfußbodens. Eine andere Art von Parkettfußboden ist unter dem Namen Patentparkett „Aquacert“ seit einiger Zeit im Gebrauch. Der Fußboden besteht aus eichenen Brettchen von höchstens 7 cm Breite und 20 cm Länge, je nach der Art des Musters. Die Stärke von 1 cm entspricht der Abnutzungsstärke des gewöhnlichen Stabbodens über Feder und Nut. Die einzelnen Holzstäbchen werden in der Fabrik auf Leinwand zu Tafeln in Größen von 40 × 40 bis 50 × 50 cm mit einem patentierten wasserdichten Ölkitt zusammengesetzt und mit demselben Kitt auf dem ebenen Estrich aufgeklebt. Die Verwendung kleiner Holzplättchen beschränkt das Arbeiten des Holzes fast ganz, da sie in verschiedener Richtung verlegt werden. Ein Knarren des Fußbodens ist ausgeschlossen. Er liegt sehr fest und ist bei guter Verlegung fugenfrei. Die Behandlung ist dieselbe wie beim Parkettboden.

Zu jedem Holzfußboden gehören:

#### Scheuerleisten.

Sie vermitteln den dichten Anschluß des Fußbodens an die Wand und sind in Stärken von 20/40, 20/50, 25/50, 25/60, 25/65 und 25/80 mm in verschiedenen Profilen fertig zu beziehen. Sie werden an Dübeln von 4/6, 5/6 cm Größe, die in die Wände eingemauert sind, angenagelt.

## B. Plattenbeläge.

Sie haben den Holzfußböden gegenüber den Vorteil, daß sie nicht arbeiten wie jene, daß sie feuer- und wasserfest, sowie schwammsicher sind, und daß sie härter und daher der Abnutzung weniger unterworfen sind. Nachteile jenen gegenüber sind, daß sie mehr Fugen aufweisen, fußkalt sind und den Schall wiedergeben. Diesen Eigenschaften gemäß eignen sich harte Plattenbeläge nicht für Wohnräume, sondern für Flure, Hallen, Lager- und Arbeitsräume, Fabriken, Keller u. dgl.

### 1. Gebrannte Platten.

Sie bestehen meist aus Ton und Sand und werden in ihrer einfachsten Form durch Ziegelsteine dargestellt, von denen die härteren Sorten wie Hartbrandsteine und Klinker ein billiges und dauerhaftes Pflaster für untergeordnete Räume abgeben. Das Verlegen geschieht in Zementmörtel 1 : 3. Gut und von besserem Aussehen sind Eisenklinkerplatten (vgl. S. 35), die in einer Größe von  $10,5 \times 21,5$  cm und Stärke von 4 bis 5 cm in den Handel kommen.

Von den eigens für Fußbodenbeläge hergestellten Tonplatten oder Fliesen unterscheidet man zwei Arten: gewöhnliche gebrannte Tonplatten und hochgebrannte gesinterte Platten. Als Rohstoff zur Herstellung der ersteren werden gelbe oder rotbrennende Tone mit einem Zusatz von Hochofenschlacke in trockenem gepulverten Zustand verwandt. Mit Wasser angefeuchtet, wird die Masse Tonschneidern aufgegeben; der aus ihnen heraustretende Strang wird zu Platten zerschnitten, welche bis zur Lederhärte getrocknet und dann mehrfach in hydraulischen oder Friktionspressen nachgepreßt werden. Die gut getrockneten Platten werden in Öfen mit überschlagender Flamme bei einer Temperatur von ungefähr  $1100^\circ$  gebrannt. Die Oberfläche der Platten ist entweder glatt, gekörnt, römisch imitiert, geriffelt oder mit 4, 6 oder 9 rechteckigen Kuppen versehen. Ihre Formen sind entweder quadratisch mit 16 oder 20 cm Seitenlänge und einer Stärke von 2 bzw. 2,5 cm, oder sechseckig mit 17 und 20 cm größter Breite, oder achteckig mit 18,5 cm Breite und kleinen quadratischen Einlageplättchen von 7,5 cm Seitenlänge; Stärke wie vor. Für sämtliche Formen gibt es entsprechende  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{4}$  Stücke. Friesplatten werden hergestellt in Breiten von 4, 6, 8, 10 und 12 cm bei 16 cm Länge und 2 cm Stärke, oder in Breiten von 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 cm bei 20 cm Länge und 2,5 cm Stärke. Die Farben sind rot, gelb, braun oder schwarz. Je nach Farbenreinheit und Güte der gebrannten Platten unterscheidet man I. und II. Wahl.

Als Rohstoff zur Herstellung von gesinterten Platten werden weiß-, gelb- oder rotbrennende Klinkertone verwandt, welchen als Sinterungsmittel meist Feldspat in gepulvertem Zustande zugesetzt wird. Trocken gemischt und mit Wasser angefeuchtet (oder auch naß geschlämmt) wird die Masse einem Tonschneider aufgegeben, der heraustretende Strang in Stücke geschnitten, getrocknet und auf Kollergängen oder Desintegratoren zu Pulver zermahlen. Das wenig Wasser enthaltende Pulver wird in Stahlformen meist mit hydraulischen Pressen bei einem Druck von 300 bis 500 Atmosphären zu Platten gepreßt, welche sorgfältig getrocknet und in Kapseln aus feuerfestem Ton eingesetzt werden. Mehrfarbige gemusterte Platten werden in der Weise hergestellt, daß in die Stahlformen Schablonen eingesetzt werden, in deren verschiedene Abteilungen die einzelnen gefärbten, pulverförmigen Massen eingefüllt werden. Nach

dem Herausziehen der 2 bis 4 mm starken Schablonen werden die Platten zusammengepreßt. Die in Kapseln stehenden Platten werden nun in Öfen mit überschlagender Flamme oder Gasöfen bei einer Temperatur von 1200 bis 1400° gebrannt.

Zum Färben der Muster dienen meist Metalloxyde als Zuschläge zum Ton. Die Oberfläche der gemusterten Platten ist meist glatt, die der einfarbigen Platten gleich der der Tonplatten. Ihre Formen sind entweder quadratisch mit 14 oder 17 cm Seitenlänge und einer Stärke von 1,5 bzw. 1,8 cm, für befahrbares Pflaster 2,0, 2,5 oder 3,0 cm, oder ungleichseitig mit 14 bzw. 17 cm Breite mit quadratischen Einlageplättchen von 5 bzw. 6 cm Seitenlänge, ihre Stärke beträgt 1,3 bzw. 1,5 cm. Für sämtliche Formen gibt es entsprechende  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{4}$  Stücke. Friesplatten werden hergestellt in Breiten von 3, 5, 7, 10,5 und 14 cm, bei 14 cm Länge und 1,5 cm Stärke oder in Breiten von  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$  und  $\frac{3}{4}$  der 17 cm großen Platten bei 17 cm Länge und einer Stärke von 1,8 cm. Die Farben sind weiß, grauweiß, grau, gelb, rot, rotbraun, schwarzbraun, blau oder grün. Je nach der Güte unterscheidet man I. und II. Wahl.

Außer diesen einfachen Fliesen werden auf dieselbe Weise Hohlkehlen, Rinnen, Gesimsleisten, Eckleisten und ähnliches angefertigt.

Eine andere Art von Fliesen wird neuerdings unter dem Namen Granitmosaikplatten in Hohenbrunn (Bayern) hergestellt. Als Rohstoffe werden Speckstein und ein feldspathaltiges Gestein verwandt, welches auf Kugelmühlen gemahlen, im Ton-schneider gut durchgemischt, dann getrocknet und auf Kollergängen nochmals gemahlen und gesiebt wird. Die Masse wird dann in Stahlformen bei einem Druck von 220 Atmosphären zu Platten gepreßt. Nach gründlichem Trocknen werden sie in Kapseln aus feuerfestem Ton in Öfen mit überschlagender Flamme bei 1300° bis zur völligen Sinterung gebrannt. Sie entsprechen in Form, Härte und Abnutzung den besten gesinterten Tonfliesen, haben außerdem die schätzenswerte Eigenschaft, daß sie infolge der in ihnen enthaltenen Specksteinkörnchen bei der Abnutzung, die an sich eine geringe ist, stets rauh bleiben. Ihre Farbe ist graugelb.

## 2. Zementplatten.

Sie werden, da reiner Sandbeton sich zu schnell abnutzt, mit einer aus Kalkstein-, Marmor- oder Granitstückchen bestehenden Oberschicht hergestellt. Die eisernen Formen werden in der unteren Hälfte mit einem Sandbeton 1 : 3, in der oberen Hälfte mit einem Terrazzobeton 1 : 2 ausgefüllt und dann bei einem hydraulischen Druck von 50 bis 70 Atmosphären gepreßt. Nach dem Ausstoßen aus der Form binden die Platten unter beständigem Feuchthalten in 3 bis 4 Wochen ab und werden dann auf Schleifmaschinen, die denen für die natürlichen Gesteine ähnlich sind, abgeschliffen, nötigenfalls nachgespachtelt und abgebimst. Die Terrazzoplatten der *Hiltruper Fabrik* (Westfalen) besitzen bei einer Stärke von  $2\frac{1}{2}$  cm Abmessungen von 20/20 und 30/30 cm, die Friesstücke bei gleicher Stärke und Länge von verschiedener Breite. Sie sind in einfarbigem oder buntem Terrazzo (weiß, rot, schwarz) oder in ornamentalen Mustern zu beziehen, werden auch poliert mit Hochglanz hergestellt.

In ähnlicher Weise, nur unter Zusatz von Granitstückchen werden Platten unter dem Namen Kunstgranitfliesen hergestellt, die sich als billiger und guter Ersatz der Granitplatten für Bürgersteige bewährt haben. Die unter dem Namen „Kometplatten“ von der Stettin-Grabower Zementfabrik *Comet* hergestellten Platten sind von quadratischer Form bei einer Seitenlänge von 35 cm.

### 3. Natürliche Steinplatten.

Als Fußbodenbeläge kommen außer den im Straßenbau verwandten Granitplatten hauptsächlich solche Sandstein- und Kalkstein- bzw. Marmorsorten zur Verwendung, welche genügenden Widerstand gegen Abnutzung bieten. Das sind unter den Sandsteinen u. a. der Wünschelburger, Friedersdorfer, Alt-Werthauer, Rackwitzer (sämtlich weiß, grau oder gelb) und der rote Sollinger Sandstein (bei Holzminden). Die Größe der Platten ist verschieden je nach Bedarf; sie kann bis auf 2,0 m Länge gehen; es empfiehlt sich aber, nicht über ein Maß von 60 bis 80 cm Seitenlänge hinauszugehen. Die Stärke der Platten beträgt etwa 3 bis 5 cm, bei größeren Abmessungen 5 bis 10 cm; die obere Seite ist geschliffen.

Von Kalksteinarten eignet sich der blaugraue Kirchheimer und der gelbliche Solenhofener Stein am besten. Beide werden in Abmessungen und Stärken wie die Sandsteinplatten geliefert.

Am edelsten und kostbarsten sind die Beläge aus Marmorplatten, die meist in poliertem Zustand verlegt werden. Größe und Stärke der Platten sind ähnlich wie beim Sandstein, nur werden die Platten meist nicht über 30 bis 40 cm groß und 2 bis 3 cm stark genommen. Am meisten Verwendung finden der karrarische blanc-clair, der Penteli, Untersberger, Sterzinger und Laaser Marmor.

Es empfiehlt sich bei allen Belägen aus natürlichen Steinen, möglichst gleichmäßig gefärbte Platten ohne Adern und bunte Stellen zu verwenden, da jene meist eine ungleiche Härte besitzen, wodurch eine ungleichmäßige Abnutzung des Fußbodens eintritt.

### 4. Asphaltplatten.

Sie werden in ähnlicher Weise wie der zu Straßen- und Hofbelägen benutzte Stampfasphalt fabrikmäßig hergestellt und sollen vor jenem größere Festigkeit und Gleichmäßigkeit, sowie schnelles und bequemes Verlegen voraus haben.

Das Asphalt-Rohmehl wird bei einer Temperatur von etwa 100° und einem Druck von 110 Atmosphären in drehbaren Tischpressen, die den für Herstellung von Kalksandsteinen üblichen ähnlich sind, zu Platten von 25 × 25 cm Größe und 2, 3, 4 oder 5 cm Stärke zusammengepreßt, welche auf einer Betonunterlage in Zementmörtel 1 : 3 verlegt werden. Die Fugen werden mit heißem Gudron vergossen. Zur besseren Haftung des Asphalts am Beton stellt man die Platten auch in der Art her, daß gleich beim Pressen eine dünne Betonschicht angepreßt wird, welche sich mittels Zementmörtels mit der Unterlage besser verbindet. Um die Abnutzung zu vermindern, setzt man dem Asphaltmehl gepulverten Phosphor oder Basalt hinzu.

### 5. Steinholzplatten.

In ähnlicher Weise wie die Magnesiakunststeine werden aus Magnesiazement und verschiedenen Füllstoffen, wie Sägespäne, Holzschliff, Asbest, Kieselgur, Steinhohl, Platten hergestellt, welche sich als Fußbodenbelag gut bewährt haben. So bestehen die Xyolithplatten in der Hauptsache aus Magnesit und Sägespänen und werden in einer hydraulischen Presse bei einem Druck von 300 Atmosphären gepreßt. Ihre Größe beträgt 99,5 × 99,5, 83 × 152 oder 83 × 167 cm, ihre Stärke 1 cm und mehr; ihre Festigkeit soll eine recht bedeutende, ihr Wärmeleitungsvermögen ein geringes sein. Die Platten lassen sich leicht bearbeiten, bohren, schneiden, sägen und

sind daher bequem in allen Abmessungen zu verwenden. Sie werden vielfach auch als Tischplatten, Türschwellen, Fensterbretter und ähnliches mit Vorteil verwandt. Die Ausführung größerer Fußbodenbeläge aus Platten tritt jetzt hinter der Verlegung der fugenlosen Estriche zurück.

### C. Estriche.

Sie haben den Holzbelägen gegenüber die gleichen Vorzüge wie die Plattenbeläge, haben jedoch vor diesen den Vorteil, daß sie keinerlei Fugen aufweisen und mit beliebigem Gefälle nach bestimmten Punkten in den Räumen verlegt werden können. Bei großen Abmessungen bekommen sie jedoch wegen nicht immer genügender Raumbeständigkeit und ungleichen Setzens des Gebäudes vielfach Risse. Man kann dem dadurch vorbeugen, daß man an geeigneten Stellen im Raum senkrechte, 2 cm hohe Zinkstreifen einlegt, welche den Estrich in mehrere Teile teilen und bei etwaigen Bewegungen desselben die Fuge dann an die bestimmte Stelle verlegen.

#### 1. Lehmestrich.

Er wird aus Lehm (stark sandhaltigem Ton) unter Zusatz von Hammerschlag und Ochsenblut hergestellt, festgestampft und an der Oberfläche geglättet. Er gibt einen billigen, warmen, dauerhaften Fußboden für Tennen, Scheunen, Kegelbahnen und ähnliche, stets trockene Räume.

#### 2. Asphalt.

Von Asphaltbelägen unterscheidet man zwei Arten: den Gußasphalt und den Stampfasphalt.

a) **Gußasphalt.** Er gleicht in der Herstellung genau derjenigen der Asphaltisolierschichten (vgl. S. 85) und gibt einen wasserfesten, elastischen und dauerhaften Fußboden. Für Räume, in denen mit Säuren gearbeitet wird, wie Laboratorien, Fabriken u. dgl., eignet er sich nicht, da die Säuren den in ihm enthaltenen kohlen-sauren Kalk zersetzen und so eine Zerstörung des Belages herbeiführen würden. Man stellt daher künstlichen Asphalt in der Weise her, daß man anstatt des bitumenhaltigen Kalksteins kleingemahlene Gesteine, die nicht von Säuren angegriffen werden, wie Basalt, Tonschiefer, Schwerspat u. a., mit Gudron zu Mastix verkocht. Derartige Mastixsorten sind z. B. unter dem Namen Basaltin- und Majellaasphalt bekannt.

b) **Stampfasphalt.** Der natürliche Asphaltstein — meist mit Asphalt durchtränkte porige Kalksteine — hat die Eigenschaft, bei Erwärmung auf etwa 100° zu Pulver zu zerfallen, indem der die einzelnen Teilchen verkittende Asphalt aufweicht und ebenso bei genügendem Druck und derselben Temperatur sich wieder zu einem festen, undurchlässigen Körper zu verbinden. Darauf beruht seine Verwendung zur Herstellung von Straßen- und Hofbelägen in Form von Stampfasphalt. Das Rohmehl, welches jetzt nicht mehr durch Erhitzen des Asphaltsteins, sondern durch mechanische Zerkleinerung desselben hergestellt wird, wird auf eisernen Darren oder in Kesseln auf etwa 100° angewärmt, auf die ebene und trockene Betonunterlage aufgebracht und mittels eiserner, erwärmter Stampfen oder Walzen zusammengedrückt. Der Bitumengehalt des Mehls muß 9 bis 12% betragen, um eine genügend feste und wasser-dichte Decke herzustellen. Enthält der Asphaltstein, was vielfach der Fall ist nicht,

soviel Bitumen, so wird ihm in zerkleinertem Zustand das Fehlende an Gudron und einem Zuschlag von Schwefelsäure zugesetzt. Man unterscheidet danach natürlichen und künstlichen Stampfasphalt. Vorbedingung für guten Belag aus Stampfasphalt bleibt eine feste und ebene Betonunterlage. Die Stärke des Asphaltbelages beträgt vor dem Stampfen 7 bis 8 cm, nach demselben 5 cm.

### 3. Gipsestrich.

Zur Herstellung des Gipsestrichs wird hochgebrannter Estrichgips mit Wasser zu einem Brei angerührt und 24 Stunden stehen gelassen, damit er gleichmäßig sich anfeuchtet. Ein Zusatz von  $\frac{1}{3}$  Sand zum Gipsbrei kann stattfinden. Nachdem man auf die massive Unterlage eine 2 bis 5 cm starke, gut angefeuchtete Sandschüttung aufgebracht und eingeebnet hat, trägt man den Gipsbrei in der erforderlichen Stärke von 3 bis 5 cm auf und streicht ihn glatt. Nach 24 Stunden, wenn er mit dem Abbinden bereits begonnen hat, wird er mittels hölzerner oder eiserner flachen Schlegel stark zusammengeschlagen, bis sich Wasser auf der Oberfläche abscheidet und dann mit einer Stahlkelle glatt gestrichen. Nach 14 Tagen ist er hart, nach 6 bis 8 Wochen völlig trocken. Wichtig ist die Verwendung von bestem Gips, da minderwertiger treibt, und der Boden dann in die Höhe geht, was sich zuerst durch hohles Klingeln beim Aufklopfen bemerkbar macht. Er hat vor dem Zementestrich den Vorzug, daß er billiger, elastischer und fußwärmer ist, da er ein schlechter Wärmeleiter ist; außerdem bekommt er beim Setzen oder Durchbiegen der tragenden Decke nicht so leicht Risse wie jener, da er elastischer und durch eine federnde Sandschicht von der Decke getrennt ist. Außerdem ist sein Eigengewicht geringer und die Zeit bis zur völligen Austrocknung kürzer als beim Zementestrich. Der Gipsestrich wird als Belag in Dachböden und Speichern, sowie als Unterlage für Linoleum ausgeführt.

### 4. Zementestrich.

Zur Herstellung des Zementestrichs wird eine Mischung von 1 Teil Portlandzement auf 3 Teile Sand, bei stark belauenen Böden auf 2 Teile Sand verwandt. Der Unterboden besteht je nach Lage der Verhältnisse aus einer 5 bis 10 cm starken Schicht Kiesbeton 1 : 8 bis 1 : 10 oder, wenn die Auffüllung eine höhere ist, aus 5 bis 6 cm Kiesbeton, wie vor und darunter Schlackenbeton 1 : 10 aus Portlandzement und guter gereinigter Koksschlacke. Der frisch angemachte Zementmörtel wird auf den erhärteten und gut angehäßten Unterbeton aufgebracht, eingeebnet und mit eisernen Schlegeln stark zusammengeschlagen, bis Wasser an die Oberfläche tritt. Dann wird er mit der Stahlkelle glatt gestrichen und 14 Tage lang mit der Gießkanne genäßt, da zu trockener Estrich nur mangelhaft abbindet und mürbe wird. Um die Oberfläche rauher zu machen, kann man mit einer Messingwalze Riffeln eindrücken. Die völlige Austrocknung des Zementestrichs ist je nach der Jahreszeit und den Verhältnissen nicht unter 3 bis 5 Monaten zu erwarten. Er wird als Belag für Ställe, Schuppen, Fabrikräume, Keller und Höfe u. dgl. sowie als Unterlage für Linoleum ausgeführt.

Eine besondere Art des Zementestrichs bildet der Terrazzofußboden. Er wird ebenfalls auf einer starken Unterlage von Kiesbeton verlegt und besteht aus einem Gemenge von Portlandzementmörtel und kleinen Würfeln aus gutem harten Marmor, welches in mäßig feuchtem Zustand auf den Unterboden aufgebracht und mittels

steinerner Walzen zu einer 2 cm starken Schicht zusammengepreßt wird. Nach dem Erhärten der Masse — in etwa 2 bis 4 Tagen — wird der Boden mit scharfen Sandsteinen abgeschliffen, bis er völlig glatt und eben ist, und vor der Benutzung mit rohem Leinöl getränkt. Wichtig für die Güte des Bodens ist die Verwendung von gutem Portlandzement und einer gleichmäßig harten Marmorsorte. Die Steinchen müssen in allen Korngrößen in solcher Anzahl vorhanden sein, daß sie bei abgeschliffenem Boden mosaikartig so dicht nebeneinander liegen, daß nur die Fugen aus Zement sichtbar sind; größere Stellen von Zementestrich ohne Marmoreinlage dürfen nicht vorkommen. Man kann dem Terrazzo durch Verwendung von verschiedenfarbigem Marmor und Zusatz von Farbstoffen mehrere Farben geben. In dem Sinne lassen sich Friese, Muster, Schrift u. dgl. gut anbringen. Indessen ist der ohne Zusatz von Farbstoffen hergestellte Terrazzo der festeste. In derselben Weise lassen sich Fußleisten an der Wand herstellen, die mit dem Boden aus einem Guß hergestellt werden und sich für Räume, in denen viel mit Wasser gearbeitet wird (Küchen, Waschküchen, Laboratorien u. dgl.), sehr bewährt haben.

### 5. Steinholzfußböden.

Die Herstellung der Steinholzfußböden beruht auf der Ausnutzung der dem *Sorelschen* Magnesiacement innewohnenden guten Eigenschaften, wie großer Härte und leichter Verarbeitung, und hat sich aus der Herstellung der Magnesiakunststeine und Steinholzplatten entwickelt. Der Zement gestattet, ohne an Härte und Abbindekraft zu verlieren, den Zusatz von verschiedenen Füllstoffen. Als solche werden Holz in Form von Sägespänen oder Holzmehl, Asbestfasern, Asbestpulver, Korkgrieß oder -mehl, Kieselgur, Serpentin, Schamottmehl, Steinmehl u. a. verwandt. Als Färbemittel setzt man Erd- oder Mineralfarben, Metalloxyde oder besser Metallchloride in fester oder gelöster Form hinzu, letztere setzen sich in der Masse zu Metalloxyden um und gewährleisten eine bessere Durchfärbung als die pulverförmigen Farbstoffe.

Die Herstellung des Fußbodens geschieht in der Weise, daß man zuerst den gemahlten Magnesit mit den Füllstoffen und Farben zusammen trocken mischt und ihn erst kurz vor der Verwendung mit der Chlormagnesiumlösung zu einem Brei anrührt. Die Steinholzfußböden haben den Vorzug, daß man sie auf jeden Unterboden legen kann, sofern er nur genügend trocken und fest ist. Um das Eindringen von Feuchtigkeit von unten her in den Boden und das Aufsaugen der flüssigen Bindemittel des Bodens selbst durch den Unterboden zu verhindern, trägt man zweckmäßig auf diesen zuerst einen wasserdichten Anstrich auf, der bei Holzunterboden in einem Teeranstrich oder Asphaltlack bestehen kann, bei Steinboden aus einer dünnen Lösung von Chlormagnesium unter Beimischung reinen Magnesits. Der Boden selbst wird aus 2, je etwa 1 cm starken Schichten hergestellt, von denen die Unter- oder Grobschicht den Zweck hat, eine warme und elastische Unterlage für die eigentliche Nutzschicht zu bilden. Zu dem Zweck erhält sie gröbere Füllstoffe wie jene, Holzsägespäne, Korkschröt und ähnliches. Die frisch zubereitete Masse wird auf den Unterboden in der erforderlichen Stärke aufgetragen, mit der Kelle eingeebnet und bis zur Erhärtung stehen gelassen, was in 1 bis 2 Tagen der Fall ist. Dann wird die Nutzschicht aufgebracht, fest angedrückt und glattgestrichen. Nach ihrer völligen Erhärtung wird sie mittels Stahlspänen oder Ziehklinge abgezogen und mit Leinöl oder Paraffinöl getränkt, was in Zeiträumen von 1 bis 2 Monaten, später seltener, zu wiederholen ist. Die Reinigung

der Steinholzfußböden darf nicht mit Soda oder scharfen Seifen geschehen, sondern nur mit kaltem oder warmem Wasser, dem erforderlichenfalls etwas milde Schmierseife zuzusetzen ist. Die seit etwa 10 Jahren in Aufnahme gekommenen Steinholzfußböden haben sich infolge ihrer guten Eigenschaften schnell eingebürgert; ihre Verwendung nimmt zu, besonders da die Industrie mit Erfolg daran arbeitet, die kleinen, ihnen noch anhaftenden Mängel zu beseitigen. Abgesehen davon, daß sie sich auf jeder Unterlage ausführen lassen, geht ihre Herstellung sehr schnell und ohne Schwierigkeiten vonstatten. Sie sind durchaus fugenlos und glatt, und daher von größter Sauberkeit, unverbrennlich, wasserdicht, schwammsicher, elastisch und fußwarm. Ihre Farbe kann in gelben, roten, braunen, grünlichen, blauen und schwärzlichen Tönen genau nach Angabe hergestellt werden. Sie gestatten das Einlegen von Friesen und Mustern jeder Art und können auch terrazzoartig in beliebiger Farbenzusammensetzung verlegt werden. Scharfen Säuren und Laugen gegenüber sind sie nicht widerstandsfähig. Die Bildung von Rissen beim Verlegen großer Räume teilen sie mit andern Estrichen. Ihr kann in derselben Weise, wie beim Terrazzo angegeben, vorgebeugt werden.

Sie eignen sich auch gut als Unterboden für Linoleumbelag.

Zu den zahlreichen Arten des Steinholzfußbodens gehören die in den letzten Jahren unter verschiedenen Namen eingeführten Beläge, wie Torgament, Durament, Doloment, Miroment, Papyrolith, Linolith, Fama, Sanitas, Xylolith u. a. Sie unterscheiden sich im einzelnen durch die Art ihrer Zusätze oder ihrer Verlegung, beruhen aber alle auf den dargestellten Vorgängen.

#### D. Linoleumbelag.

Linoleum oder Korkteppich wird aus einer Mischung von Leinöl, Korkmehl und Farbstoffen, die auf ein Jutegewebe aufgepreßt werden, hergestellt.

Das Leinöl hat die Eigenschaft, durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft zu einer zähen, knetbaren Masse, Linoxyn, zu oxydieren. Diese Oxydation wird beschleunigt, indem man das vorher zum Sieden erhitzte und eingedickte Leinöl in hellen, luftigen, 30° warmen Räumen über lange hängende Gewebestreifen rieseln läßt oder einen mit derartigen Streifen behängten Rahmen in die Leinölbehälter eintaucht und so darüber aufhängt, daß das nicht haftenbleibende Öl in die Behälter zurücktropft. Allmählich bildet sich eine dünne Schicht festen Linoxyns auf dem Gewebe, welche, wenn sie genügende Stärke erreicht hat, abgenommen und unter Zusatz von Harz und Kauri bei hoher Temperatur zum sog. Linoleumzement verarbeitet wird.

Die Herstellung des Korkmehls erfolgt in der Weise, daß die gereinigten und getrockneten Korkrindenabfälle in Maschinen zerkleinert, durch starke Magnete von kleinen Eisenteilchen befreit und zermahlen werden.

Dieses Korkmehl wird nun mit dem Linoleumzement in erhitztem Zustande gemischt und das erhaltene Gemisch zu einem groben Pulver zerrissen, welches nunmehr fertig zum Aufpressen auf das starke Jutegewebe ist. Dieses Aufpressen geschieht auf den Kalandern, das sind Maschinen, in denen das Jutegewebe mit der Grundmasse durch zwei auf 140 bis 150° erhitzte eiserne Walzen hindurchgetrieben und dabei fest zusammengepreßt wird. Danach läuft das Linoleum durch ein mit kaltem Wasser gekühltes Walzenpaar und wird dann in den Trockenräumen aufgehängt, nachdem

es auf der Rückseite mit einem rotbraunen Lacküberzug versehen worden ist. In diesen Räumen findet bei einer Temperatur von 30 bis 40° fortwährender Luftwechsel statt, so daß mit dem Trocknen gleichzeitig auch die Beendigung der Oxydation des Leinöls stattfinden kann.

Die üblichen einfachen Farben des Linoleums sind grün, braun, rotbraun und graublau. Gemustertes Linoleum hat man früher durch Bedrucken der fertigen Bahnen mit Farbstoffen hergestellt. Diese Muster nutzten sich naturgemäß bald ab, so daß man genötigt war, ein Herstellungsverfahren zu suchen, bei welchem das Muster in der ganzen Stärke der Masse durchging und daher trotz Abnutzung einiger Stellen stets erhalten blieb. Dies sog. Inlaid-Linoleum wird jetzt in der Weise hergestellt, daß auf das Jutegewebe die verschiedenfarbige Grundmasse dem Muster entsprechend in Schablonen aufgebracht und nach Fortnahme derselben festgepreßt wird. Oder man formt die Muster auf besonderen Maschinen, legt sie in entsprechenden Vertiefungen der Bahnen (wie eingelegte Holzarbeit) ein und preßt sie auf hydraulischem Wege oder mittels Walzenpressen fest. Granitartige Muster werden in allen Farben erzeugt, indem man die verschiedenfarbigen Grundmassen in entsprechender Korngröße mischt und so auf die Pressen gibt. Neuerdings hat man sich vernünftigerweise endlich davon freigemacht, das Linoleummuster als Nachahmung von Parkett-, Stabfußboden oder Fliesen zu behandeln, sondern gibt ihm seine eigene, dem Charakter des teppichartigen Belages entsprechende künstlerische Prägung. Linoleum wird in Stärken von 1,5 bis 4,5 mm um 0,5 mm steigend und in Breiten von 2,0, 2,5 und 3,0 m hergestellt; die Rollenlänge beträgt 20 bis 25 m.

Von größter Wichtigkeit für die Herstellung eines guten Linoleumbelages ist der Unterboden. Er muß durchaus eben und durch und durch trocken sein, da sich jede Unebenheit im Linoleum abdrückt und an der Stelle erhebliche Abnutzung verursacht, und da ein weiteres Austrocknen des Unterbodens nach Bedecken mit dem luftdicht abschließenden Linoleum ausgeschlossen ist. Daher beginnt das auf feuchtem Boden verlegte Linoleum nach wenigen Tagen sich zu werfen, der Klebstoff erhärtet nicht, sondern fault. Am besten eignen sich daher Estriche dafür, Gips-, Zement- oder Steinholzestrich, deren Liegezeiten mindestens 2 bis 3, 4 bis 6 bzw.  $\frac{1}{2}$  bis 1 Monat betragen sollen, bevor sie mit dem Linoleum beklebt werden. Aus demselben Grunde muß dringend vor dem Belegen von hölzernen Balkendecken in Neubauten mit Linoleum gewarnt werden, da die stets im Holz des Neubaus noch enthaltene Feuchtigkeit dann nicht austrocknen kann, und somit die Bedingungen für Entstehung von Hausschwamm gegeben sind.

Zur Erzielung besonderer Schallsicherheit, Wärme und Weichheit des Fußbodens stellt man sog. Korklinoleum in Stärke von 5 und 7 mm her, indem man den Korkzusatz vergrößert und dadurch eine größere Elastizität des Belages erreicht. Die Abnutzung soll nicht größer sein als die des gewöhnlichen Linoleums. Oder man klebt zwischen Estrich und Linoleum eine 1 cm starke Schicht von Korkplatten oder 4 bis 6 mm starken Läuferfilz.

Zum Festkleben der Bahnen soll reiner Schellack in Spiritus ohne Zusatz von Dextrin u. dgl. verwandt werden. Bedarf auf 4 qm Boden 1 kg Klebmasse.

Gegenüber dem Dielenfußboden hat Linoleum den Vorzug, frei von Fugen, wasser- und feuerfest, schwammsicher und elastisch zu sein; gegenüber den Steinfußböden den Vorzug, ein schlechter Wärmeleiter zu sein und einen elastischen, wohnlichen

und behaglichen Belag darzustellen, der, besonders als Inlaid, viel zur Erzielung beabsichtigter Stimmung der Räume beitragen kann.

Das Linoleum ist anfangs alle 2 bis 3 Monate, später seltener, nach gründlicher Reinigung und Trocknung zu bohnen (wie Parkettboden). Die Reinigung erfolgt mit kaltem oder lauwarmem Wasser, nötigenfalls unter Zusatz von etwas milder Seife.

## XII. Wandbekleidungen.

Bei den Anforderungen, die man an die Wandbekleidung stellt, sind diejenigen des guten Aussehens oft ausschlaggebend gegenüber denen der Dauerhaftigkeit und Haltbarkeit, da naturgemäß in den meisten Räumen, welche nicht bestimmten, die Wände stark angreifenden Tätigkeiten dienen (Fabrikräume, Laboratorien, Ställe, Küchen-, Wasch- und Baderäume u. dgl.), eine Abnützung der Wände kaum stattfindet. Auch in letztgenannten Räumen wird es sich meist um eine wasserdichte Bekleidung der Wände, die eine schnelle Abführung des Wassers nach dem Fußboden bedingt und ein Eindringen ins Mauerwerk verhütet, handeln, weniger um mechanische Beschädigung. Je nach den gestellten Anforderungen wird man auch unter Berücksichtigung des Preises die Auswahl unter den Wandbekleidungen zu treffen haben, die man in folgende vier Gruppen unterscheiden kann: 1. Putz, 2. Tapeten und Stoffe, 3. Holzbelag und 4. natürliche oder künstliche Steinplatten.

### A. Putz.

Das Stehenlassen der Wände als rohes, unverputztes Mauerwerk ist nur für ganz untergeordnete Räume, wie Lagerkeller u. dgl., üblich; sie erhalten fast immer einen Putz aus Kalkmörtel, der dann je nach der Zweckbestimmung des Raumes einen Farbanstrich bekommt oder mit Tapete beklebt wird. Wird besondere Härte oder Wasserfestigkeit verlangt, so eignet sich Zementmörtel dafür, der durch Bügeln mit Stahlkellen durchaus glatt und wasserdicht hergestellt werden kann; bemerkt sei jedoch, daß nur bestimmte Mineralfarben für einen etwaigen Anstrich zu verwenden sind, da die übrigen von den Zementsalzen zerfressen werden.

Für bessere Innenräume und solche, bei denen Anforderungen höchster Sauberkeit hinzutreten, wie Frischluftkanäle, Kranken- und Operationsräume, Badestuben u. dgl., verwendet man vorteilhaft einen harten, abwaschbaren weißen oder beliebig hellgefärbten Putz, dessen Grundstoff Gips mit mehr oder weniger anderen Zusätzen, wie Kalk, Alaun- oder Boraxlösung ist. Dieser Gipsputz wird aus den sog. Gipszementen (siehe S. 245) hergestellt und ist als Hartputz unter verschiedenen Namen bekannt (Gessolith u. a.). Er eignet sich wegen seines glatten, guten Aussehens auch besonders zur Ausbildung besserer Räume; seine Herstellung als Stuckmarmor vgl. S. 245.

Ein unter dem Namen Heliolith (Bestandteile im wesentlichen kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia) hergestellter Hartputz ist glänzend, weiß oder hellfarbig, verträgt Wasserdämpfe, sowie Abwaschen mit heißem Wasser oder Seifenlaugen und hat sich in hygienischer Beziehung gut bewährt, ist aber auch nicht ganz säurefest.

Ein unter dem Namen „Weißer Zement“ hergestellter Stoff, bestehend aus gebranntem und fein gemahlenem Kaolin, Kalkstein (Kreide) unter Zusatz von Feldspat, hat sich als Wandputz ebenfalls gut bewährt.

## B. Tapeten und Stoffe.

Zur Bekleidung der geputzten Wände dienen ferner statt des Farbanstriches, besonders in Wohnräumen, Papiertapeten, das sind mit farbigen Mustern bedruckte, in Rollenform in den Handel kommende Papierstreifen. Die Länge einer Rolle beträgt gewöhnlich 8,0 m, ihre Breite 0,47 m, ihr Flächeninhalt also 3,76 qm. Bei Zimmern bis zu 2,40 m Höhe ergibt eine Rolle 3 Bahnen, bei größerer Höhe, bis zu 3,90 m, nur zwei, so daß man für die Ergiebigkeit einer Rolle 3 bis 3 $\frac{1}{2}$  qm Wandfläche rechnen kann. Bessere Tapeten erhalten, um ihnen eine glattere Unterfläche zu schaffen und sie von den Ätzwirkungen des Mörtels zu trennen, eine Unterlage von Zeitungs- oder billigem Maschinenpapier (Makulatur). Zum Aufkleben dient bester Stärkekleister, der mittels breiten Pinsels aufgetragen wird.

Zur Herstellung gewöhnlicher Tapeten liefern Papierfabriken billige, durchgefärbte Papiere, sog. Naturellpapiere, für bessere Gattungen starke, weiße Papiere und Ingrainpapiere. Letztere zeichnen sich durch eine rauhe, wollartige Oberfläche aus und bestehen aus zwei Papierlagen, deren obere rauhe Lage verschiedenartig gefärbt ist.

Zur Herstellung von Uni-Fonds-Tapeten verwendet man Grundiermaschinen, die mittels Farbwalzen und sich drehender Bürsten die weiße Papierbahn mit Leim- oder Ölfarbe gleichmäßig färben. Bei Uni-Satin- oder Glanztapeten wird durch Zusatz von Blankfix (Barytweiß) zur Farbe eine glänzende Oberfläche erzielt.

Die Herstellung gemusterter Tapeten erfolgt durch Handdruck oder Maschinendruck. Bei dem älteren Verfahren des Handdrucks geschieht die Übertragung des Musters durch Handdruckformen, Model genannt, welche aus dreifach verleimtem Birnbaumholz bestehen, und in die der Formstecher das Muster erhaben einschneidet. Die mit Farbe befeuchtete Form wird auf die Papierbahn gesetzt und durch eine Handpresse aufgedrückt. So wird Form an Form gesetzt und die Papierbahn zunächst mit einer Farbe bedruckt. Da jede weitere Farbe eine Form für sich bedingt, und die erste gedruckte Farbe vollständig getrocknet sein muß, bevor die zweite Farbe aufgesetzt werden kann, ist der Handdruck sehr langwierig und kostspielig.

Besondere Sorgfalt erfordert die Herstellung der teuren Velours- und Seiden-Velourstapeten. Die grundierte, mit Firnis versehene Papierbahn wird in einen langen, mit Leinwandboden versehenen Kasten gelegt, in dem sich Velours — Abfall von Scherwolle — oder echter Seidenstaub befindet. Durch Gegenschlagen gegen den Leinwandboden wird der Staub durcheinandergewirbelt und setzt sich in gleichmäßig fein verteilter Form auf die Papierbahn. Zur Erzielung von Mustern werden Zinkschablonen auf die noch nicht ganz getrocknete Tapete gelegt und diese gebürstet, so daß dadurch das Glänzen bzw. der stumpfe Ton der echten Seidenstoffe erzielt wird. Außer diesen gebürsteten Velourstapeten stellt man noch bedruckt gemusterte in der Weise her, daß auf die fertigen einfarbigen die Muster mit Handdruckformen in Firnis aufgetragen werden; diese kommen dann wieder in den Kasten, in dem sich der Staub auf dem Firnismuster ablagert.

Die Hauptmenge der Tapeten wird durch Maschinendruck hergestellt, bei dem an Stelle der Handform die mit dem Muster versehene Birnbaumwalze oder gravierte Metallwalze treten. Die für das Muster erforderlichen Walzen, für jede Farbe eine besondere, werden mit den dazugehörigen Farbkästen in die Druckmaschine gelegt, die aus einem großen, mit Gummi überzogenen Stahlzylinder besteht, um den herum die Farbwalzen so angeordnet sind, daß sie ihn bzw. die um ihn herumgelegte Papierbahn berühren. Durch den drehenden Gang der Maschine wird gleichzeitig das endlose Papier in Bewegung gesetzt und sämtliche Farben mit einem Male gedruckt. Danach erfolgt auch das Aufhängen der bedruckten Bahnen in dem sog. Rundgang, das Abmessen, Abschneiden und Aufrollen auf maschinellern Wege.

Bei Hochpräge- und Ledertapeten erzielt man den Druck des Musters ebenfalls durch Maschinendruck. Das Relief beider Tapeten entsteht beim Durchgang der Papierbahn durch zwei übereinanderliegende Walzen, einer erhaben und einer entsprechend vertieft gravierten Stahl- bzw. Papierwalze.

Statt der Tapeten können auch Stoffe oder Matten zur Bekleidung der Wände verwandt werden. Als Stoffe sind hauptsächlich Rופן, Leinen, baumwollene und seidene Stoffe in Gebrauch, als Matten japanische und chinesische.

Die Rופןstoffe, aus Jute (Hanf aus asiatischem Flachs) hergestellt, sind einfarbig glatt in allen Farbtönen vorrätig oder werden nach Angabe eingefärbt. Die Breite des Stoffes beträgt 127 cm. Eine Abart davon, das Kochelleinen, ist ein starkes, grobes und sehr wirkungsvolles Gewebe; Farben und Breite wie Rופן. Leinen- und baumwollene Stoffe sind einfarbig und gemustert im Handel. Breite wie oben; ebenso seidene Stoffe, die von den einfachsten leichten Stoffen bis zu den schweren Brokaten in reicher Auswahl vorrätig sind.

Von den Matten sind die chinesischen von einfarbigem kräftigen Gewebe, in Breiten von 70 bis 135 cm vorrätig, die japanischen feiner im Gewebe, farbig gemustert und 90 cm breit.

Die mit Stoffen oder Matten zu bespannenden Räume werden geputzt und mit Makulatur oder besser einfarbigem Maschinenpapier beklebt, um Abbröckeln des Putzes und Staubansammlungen hinter den Stoffen zu verhüten und ein leichteres Reinigen zu ermöglichen. Sie werden mit verzinnnten Nägeln auf der Wand befestigt, die Nagelstellen und Stöße mit Holzleisten, Borden oder Schnur verdeckt. Bei seidenen und Brokatstoffen empfiehlt sich ein Anbringen von Holzdübeln oder Leisten in der Wand als bessere Hafte für die Nagelung sowie das Unterspannen eines farblosen Moltonstoffes, der dem Seidenstoff eine weiche, schützende Unterlage bietet.

### C. Holzpaneel.

Die kostspielige Bekleidung der Wände mit Holzpaneel erfolgt lediglich mit Rücksicht auf die bessere Ausstattung der betreffenden Räume; sie bildet gleichzeitig einen guten Schutz gegen Übertragung von Wärme und Schall. Die dafür verwandten Holzarten sind Kiefern- oder Tannenholz, Eichenholz, Mahagoni, Ahorn, Birnbaum und ähnliche. Darüber vgl. Abschnitt VIII.

## D. Steinplatten.

Zur Verwendung kommen wie beim Fußboden künstliche und natürliche Platten. Erstere weisen bei ihren kleinen Abmessungen viel mehr Fugen auf als letztere, die bei entsprechend harten Gesteinen bis zu ganz bedeutenden Größen aus einem Stück geliefert werden.

### 1. Künstliche Platten.

Die beiden Hauptstoffe, aus denen sie hergestellt werden, sind der Ton und das Glas. Während die Glasfliesen den Vorzug einer homogenen Masse gegenüber den mit einer Glasurschicht versehenen Tonplatten haben, bieten sie bei ihrer Sprödigkeit Schwierigkeiten beim Einstemmen von Löchern (für Wasserhähne, Beckenstützen u. dgl.) und infolge ihrer Glätte beim Anbringen an die Wand.

a) **Tonfliesen.** Sie werden in quadratischer, rechteckiger oder achteckiger Form in Stärke von etwa 1 cm geliefert, entweder ganz glatt, mit oder ohne abgefaste Kanten oder mit farbigen Mustern. Entsprechende Gesimsleisten, Eckleisten, Profilsteine, werden gleichfalls hergestellt.

Ihre Anfertigung unterscheidet sich bis auf das Aufbringen der Glasuren nicht von der der Tonplatten für Fußbodenbeläge; die Glasuren und ihre Herstellung entspricht der bei den Verblendsteinen. Die gute und sorgfältige Zusammensetzung der Glasuren, besonders für helle Töne, ist wichtig für deren Gelingen. Der einmal gebrannte Scherben wird gut gereinigt, meist zur Erzielung einer völlig ebenen Glasurfläche abgeschliffen und dann mit der Glasur begossen oder in diese eingetaucht. Feinere Glasuren werden mit dem Pinsel oder dem Zerstäuber aufgebracht. Das Brennen geschieht in Muffelöfen oder in Tonkapseln in gewöhnlichen Brennöfen.

b) **Glasfliesen.** Sie bestehen aus 5 mm starken, gegossenen, undurchsichtig gefärbten Glasplatten in bunten Farben, die in jeder verlangten Größe oder einfachen Form geschnitten werden können. Zur besseren Befestigung an der Wand, die mit Zementmörtel geschieht, ist die Rückseite der Platten mittels eingedrückter Sandkörner und Glasteilchen rauh gemacht. Eine Schwierigkeit bietet das Einarbeiten von Löchern in die Fliesen zum Durchstecken von Gas- und Wasserhähnen u. dgl., da sie infolge ihrer Sprödigkeit leicht springen.

### 2. Natürliche Platten.

Als Gesteinsarten zur Herstellung von Wandplatten kommen in Betracht: Granit, Kalkstein, Marmor, Sandstein, Sandstein und Schiefer. Die Abmessungen der Platten sind beliebige, soweit sie die Festigkeit des Gesteins und die Größen der Arbeitsmaschinen (Gattersägen) zulassen, können bei Graniten und einzelnen Marmorarten bis auf  $2 \times 4$  m gehen. Die Befestigung der Platten an der Wand geschieht durch kleine Bronzedübel und -Klammern, die in die Stoß- und Lagerfugen eingefügt werden und durch Vergießen mit Gipsmörtel, bei Sandstein mit hydraulischem Kalkmörtel, bei Granit mit Zement. Die Stärken der Platten betragen je nachdem 2 bis 8 cm. Schiefer eignet sich besonders für Sockelleisten bei massiven Treppen und Fußböden.

Die von obigen Gesteinsarten am meisten verwandten Sorten sind folgende:

Granit: Labrador, schwarzer und grüner schwedischer, Wirbo, Uthamma, Wanevik, Fichtelgebirgsgranit und Syenit, Odenwaldgranit, Oberstreiter, Striegauer, Kösseiner, Harzer u. a.

Kalkstein: blauer Kirchheimer, Kelheimer, Savonnieres, Euville, Morley, Laris u. a.

Marmor: Carrara, Penteli, Skyros, Vert des Alpes, Untersberger, Bleu belge, grauer schlesischer, Chipollin u. a.

Sandstein: fast jedes härtere Gestein verwendbar.

## XIII. Stuckarbeiten.

### A. Vorkommen und Eigenschaften des Gipssteins.

Der Gipsstein kommt in der Natur in linsenförmigen oder stockartigen Einlagerungen in anderen Gesteinen, meist in Begleitung von Salzlagern vor. Man erklärt daher seine Entstehung als Ablagerung verdunstender Meeresbecken, besonders da auch das jetzige Meerwasser stets einen geringen Teil von Gips aufgelöst enthält. Er ist vielfach von Bitumen, Eisenoxyd oder Ton verunreinigt und verliert damit seine sonst schneeweiße Farbe, die dann in grau, rot, braun und gelblichgrün übergeht, und ist zum Brennen untauglich. Je nach der Art seines Gefüges unterscheidet man einzelne Gipskristalle, Gipsspat (Marienglas) mit blättrigem Gefüge, faserigen Gips (Seidengips), körnigen Gips (Alabaster), dichten Gips (gewöhnlicher Gipsstein) und erdigen Gips. Seine wichtigsten Fundstätten sind im Südharz bei Ellrich und Walkenried, bei Sperenberg (Mark), bei Lüneburg, in Württemberg, bei Paris, in Oberitalien, in Siebenbürgen u. a. a. O.

Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist der Gipsstein wasserhaltiges, schwefelsaures Calcium  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ , wegen der beiden Moleküle Wasser Doppelhydrat genannt. Außer diesem findet er sich noch als wasserfreies, schwefelsaures Calcium vor,  $\text{CaSO}_4$ .

Um ihn für technische Zwecke verwendbar zu machen, wird er durch Brennen von einem Teil bzw. dem ganzen Wasser befreit und weist dabei, je nach der Höhe der Brenntemperatur verschiedene Eigenschaften auf, deren endgültige Feststellung erst in letzter Zeit gelungen ist.

Auf etwa  $130^\circ$  bis  $150^\circ$  erhitzt, gibt er  $1\frac{1}{2}$  Teile seines Wassergehalts ab und wandelt sich somit in ein Halbhydrat. Dieses ist in gemahlenem Zustande im Wasser löslich und verbindet sich in wenigen Minuten unter merklicher Erwärmung damit wieder zu Doppelhydrat. Da aber letzteres weit weniger im Wasser löslich ist, als Halbhydrat, so scheidet sich nunmehr sofort aus der übersättigten Lösung Doppelhydrat aus, und es bleibt eine einfach gesättigte Lösung von Doppelhydrat, die von neuem Halbhydrat auflöst, so daß sich der Vorgang dauernd wiederholt. Dieser „Stuckgips“ erhärtet schnell, aber seine Festigkeit ist keine große. Seine Verwendung findet daher außer zu vielen außerhalb des Rahmens dieses Buches liegenden Zwecken geeigneterweise im Baufach nur für Zwecke des inneren Ausbaus statt, da ihm eine genügende Wetterfestigkeit trotz Behandlung mit manchen unten erwähnten Härtemitteln nicht innewohnt. Man stellt aus ihm Stuckornamente jeglicher Art und Putz

<sup>1)</sup> Nach Heusinger von Waldegg: Der Gips.

her; ebenso wird er, da er beim Abbinden sich ausdehnt, mit Vorteil für Bildhauerarbeiten zum Abgießen von Modellen verwandt.

Läßt man die Hitze von  $150^{\circ}$  längere Zeit auf ihn einwirken oder erhöht sie auf  $200$  bis  $300^{\circ}$ , so geht er teilweise in Anhydrit über, bindet zum Teil gar nicht, zum Teil sehr schnell und unter lebhafter Erwärmung mit Wasser ab, ist also für praktische Zwecke nicht brauchbar. Man bezeichnet ihn — nicht ganz mit Recht — als totgebrannten Gips.

Das dem Halbhydrat noch innewohnende halbe Molekül Wasser, welches anscheinend eine innigere chemische Verbindung mit dem Gipsstein eingeht, als die übrigen leichter entweichenden  $1\frac{1}{2}$  Moleküle, wird entfernt, indem man den Gipsstein über  $500^{\circ}$ , gewöhnlich bis nahe zur Rotglut, das sind  $900$  bis  $1000^{\circ}$  brennt und damit gleichzeitig schwach sintert. Das so entstandene künstliche wasserfreie, schwefelsaure Calcium ist weit weniger im Wasser löslich als das Halbhydrat, geht aber ebenfalls wieder die Verbindung mit ihm zu Doppelhydrat ein, nur entsprechend langsamer, d. h. die Abbindezeit ist eine erheblich größere, die Festigkeit dafür aber ebenfalls bedeutender. Der chemische Vorgang beim Abbinden ist der entsprechende wie beim Halbhydrat. Man nennt diese Art des Gipses wegen seiner häufigsten Verwendung dazu Estrichgips. Er wird vielfach in seiner Heimat, z. B. dem Harz, auch als Mauermörtel benutzt, scheint sich aber als solcher nicht weiter einzubürgern, da er Wasser aus der Luft anzieht. Über  $1000$  bis  $1100^{\circ}$  erhitzt verliert er die Fähigkeit, mit Wasser abzubinden, fast ganz, d. h. er bindet so langsam ab, daß seine Verwendung für technische Zwecke unmöglich ist; er ist totgebrannt. Er erscheint öfter als Beimischung des Estrichgipses und verursacht bei diesem dann zum Teil die sehr unangenehme Eigenschaft des Treibens, da sein Abbinden erst nach Wochen und Monaten beginnt. Dieselben Folgen scheint auch die Anwesenheit von Schwefelcalcium,  $\text{CaS}$ , zu haben, das beim Brennen von Estrichgips zuweilen entsteht.

Dieselbe Unlöslichkeit wie der bei Rotgluttemperatur totgebrannte Gips weist auch der in den Gipslagern häufig vorkommende natürliche Anhydrit auf. Eine Löslichkeit in Wasser und damit gleichzeitig eine Rückbildung zu Doppelhydrat scheint auch bei ihm vorhanden zu sein, aber in so geringem Maße, daß er für technische Zwecke vollständig unbrauchbar ist.

Hiernach verwendet man den Gips in zwei Arten für die Technik: als schnellabbindenden, mäßig festwerdenden Stuckgips und als langsambindenden, aber gut erhärtenden Estrichgips. Das Eigengewicht des Stuckgipses beträgt etwa  $2,6$ , das des Estrichgipses  $2,8$  bis  $2,9$ ; ein Liter Stuckgips lose eingefüllt wiegt  $650$  bis  $850$  g, eingerüttelt  $1200$  bis  $1400$  g. Die entsprechenden Gewichte beim Estrichgips sind  $1000$  bis  $1100$  und  $1500$  bis  $1600$  g. Die Farbe beider ist reinweiß.

## B. Gewinnung und Brennen des Rohgipses.

Die Gewinnung des rohen Gipssteins bietet meist keine großen Schwierigkeiten, da die Gipslager mit mehr oder weniger Abraum zutage liegen. Nur vereinzelt findet bergmännischer Abbau mit Schächten und Stollen statt. Der Stein wird gesprengt, in Stücke zerschlagen und auf schiefen Ebenen mittels Feldbahnen oder auf Seilbahnen nach dem Fabrikgelände hinaufbefördert, um dort zum Brennen vorbereitet zu werden.

Das Brennen geschieht heute noch je nach der Gegend, der Art des Steines und dem Umfang des Betriebes in einer großen Zahl verschiedenartiger Öfen, unter denen man, ähnlich wie bei den Kalköfen, solche mit unterbrochenem oder ununterbrochenem Betrieb, solche mit kurzer oder langer Flamme und mit mittelbarer oder unmittelbarer Feuerung unterscheiden kann. Die Schwierigkeit beim Brennen besteht darin, für den ganzen Einsatz möglichst den gleichen Hitzegrad zu erzielen, was bei den älteren einfachen Öfen nicht möglich war. Die ungleiche Verteilung des Feuers in den Meiler- und Setzöfen, die ungleiche Größe der Stücke, die schwere Bestimmbarkeit des Hitzegrades haben zur Folge, daß meist Stuckgips neben Estrichgips gebrannt wurde, was ein nachträgliches Auslesen des gebrannten Satzes bedingte, ohne daß eine Vermischung beider Arten vermieden wurde. Bei der heutigen genauen Kenntnis des anzuwendenden Hitzegrades brennt man in größeren Betrieben den Gips nur noch in Apparaten und Öfen, die ein genaues Regeln und Innehalten der Temperaturen gestatten. Diese Apparate sind naturgemäß für Herstellung von Stuckgips verschieden von denen für Estrichgips.

### 1. Brennen von Stuckgips.

Die hierzu verwandten Öfen sind Meileröfen, Backöfen, Kammer- und Schachtöfen, Drehrohröfen (entsprechend denen bei der Herstellung von Zement verwandten) und andere. In ihnen wird der Gipsstein in mehr oder minder großen Stücken gebrannt. Seitdem man entdeckt hat, daß die Entwässerung des Gipssteins — denn um diese

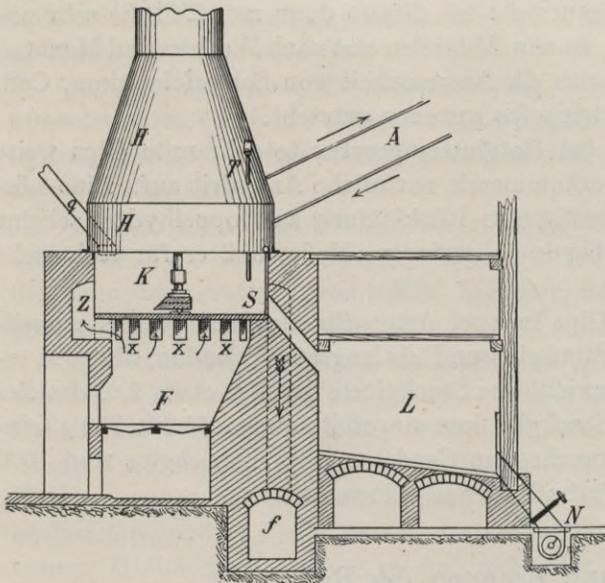


Abb. 186. Königshütter Gipskocher.

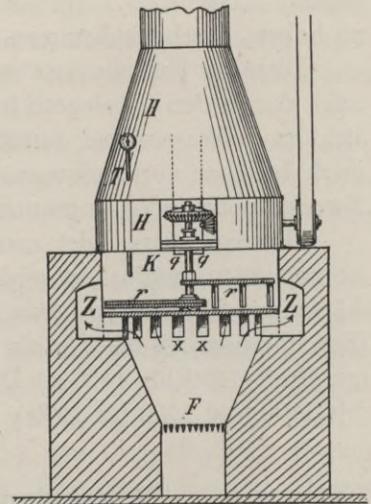


Abb. 187. Königshütter Gipskocher.

handelt es sich beim Brennen — bedeutend leichter vor sich geht, wenn der Rohgips in gemahlenem Zustande gebrannt wird, hat man Apparate gebaut, die ein Brennen oder vielmehr „Kochen“ des Gipses in diesem Zustand gestatten. Von der großen Reihe dieser Kocher stellten Abb. 186 und 187 denjenigen der „Königshütte“ bei Lauterberg a. H. dar, welcher in dieser Form in vielen Betrieben benutzt wird. In einem

eisernen Kessel *K*, in welchem das Gipsmehl gebrannt wird, ist ein mit Rechen und Schaufel versehenes Rührwerk befestigt. Der oberhalb des Kessels aufbewahrte Gips gelangt durch das Einschüttrohr *q* in diesen. Unter dem Kessel wird auf einem Rost Braun- und Steinkohle verbrannt. Die Feuergase umspülen in dem ringförmigen Kanal *Z*, in den sie durch die Schlitze *X* gelangen, den unteren Teil des Kessels und gehen dann durch den Fuchs *F* in den Schornstein. Über dem Kessel erhebt sich eine eiserne Haube *H*, welche den Wasserdampf und die mitgerissenen Gipsteilchen nach einer Staubkammer leitet, in der das Gipsmehl abgelagert wird, und der Wasserdampf entweicht. In der Haube steckt ein Metallthermometer *T*. Der Betrieb geht in der Weise vor sich, daß auf den angeheizten Kessel das Gipsmehl allmählich durch das Einschüttrohr läuft, indem gleichzeitig das Rührwerk in Bewegung gesetzt wird. Nach kurzer Zeit beginnt das Gipsmehl wie eine Flüssigkeit zu wallen, indem die entweichenden Wasserdämpfe an die Oberfläche dringen und die Masse in Bewegung setzen. In etwa  $1\frac{3}{4}$  bis 2 Stunden ist ein Kesselinhalt gekocht und wird durch den Schieber *S* in die Kühlkammer *L* abgelassen und fällt von dort in die Förderschnecke *N*, die es unter weiterem Abkühlen dem Packraum zuführt.

Als Beispiel eines mit überhitztem Wasser oder Dampf arbeitenden Kochapparates stellt Abb. 188 und 189 den *Fredekingschen* Gipskocher dar. Er besteht aus einem eisernen zylindrischen Kessel, in welchem zwei eiserne Hohlzylinder, die die Rohrleitungen für den überhitzten Dampf oder das Wasser enthalten, so eingebaut sind, daß sie die Bodenfläche des großen Kessels nicht berühren und somit dem Rührwerk am Boden des Kessels Platz lassen; letzterer enthält ebenfalls Heizrohre. Eine in dem inneren Zylinder angebrachte, sich mit dem Rührwerk drehende Schnecke befördert das Gipsmehl aus dem inneren Zylinder in den äußeren. Nach Beendigung des Kochens wird das Mehl durch einen Schieber im Kessel abgelassen.

Ein ähnlicher Apparat ist der von *Opitz* und *Kaiser* gebaute Kocher, nur stehen bei diesem die Heizrohre in Form dreier konzentrischer Ringe auf dem Boden des Kessels, während der Arm des Rührwerks über dem Kessel angebracht ist und bis auf den Boden desselben herunterreichende, pflugscharartige Zinken trägt, welche ein besonders gutes Durchmischen des Mehls bewirken sollen.

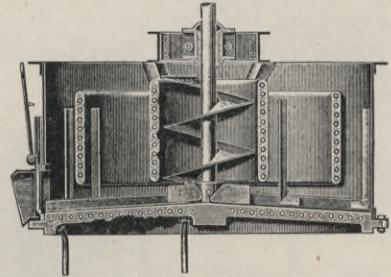


Abb. 188.

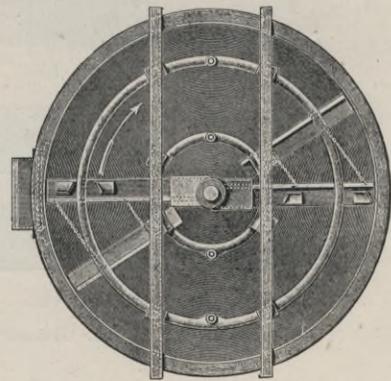


Abb. 189.

Abb. 188 und 189. *Fredekingscher* Kocher.

## 2. Brennen von Estrichgips.

Es erfordert, wie oben erläutert, einen höheren Hitzegrad als das Brennen des Stuckgipses, da das letzte halbe Molekül Wasser erst bei etwa  $500^{\circ}$  entweicht. Man bringt aber, um ein schnelleres und sicheres Durchbrennen der mindestens faustgroßen Stücke zu erreichen, die Hitze auf etwa  $900^{\circ}$ . Auch hierzu benutzt man Öfen mannig-

facher Bauart, Meiler, Gruben-, Kammer- und Schachtofen, wie ihn Abb. 190 und 191 darstellen. Er ähnelt dem Kalkofen und besteht aus einem zylindrischen, mit feuerfesten Steinen ausgemauerten Schacht, welcher unten 2 bis 4 Ziehöffnungen besitzt. Die Steinstücke werden schichtenweise abwechselnd mit Steinkohlen eingeworfen und nach dem Garbrennen unten abgezogen. Eine auf der Ofensohle stehende pyramidenförmige Aufmauerung bewirkt das leichtere Hinbewegen der Steine nach den Ziehöffnungen. Die Öfen stehen stets in einem Ofenhaus und sind mit einem Dach überdeckt.

Eine in neuester Zeit viel benutzte Ofenform stellt Abb. 192 und 193 dar. Es ist eine von *Albrecht Meier* gebaute Verbesserung des Schachtofens, dergestalt, daß die Feuerung auf besonderen Rosten *f* stattfindet, und der gargebrannte Stein an ihr vorbei in den Teil *c* des Ofens sinkt, in dem er sich abkühlt, und von welchem er durch

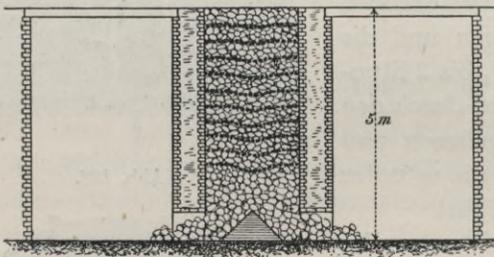


Abb. 190.

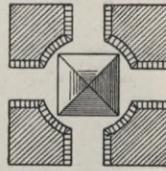


Abb. 191.

Abb. 190 und 191. Harzer Schachtofen.

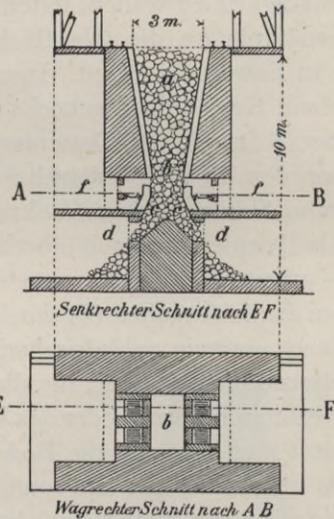


Abb. 192 und 193. Meierofen.

die Öffnungen *d* gezogen werden kann. Der Brennstoffverbrauch beträgt wie beim vorigen etwa 700 kg Steinkohlen auf 10 000 kg Estrichgips.

Von Wichtigkeit beim Brennen von Estrichgips, dem hinsichtlich der genauen Innehaltung des Wärmegrades sonst nicht so enge Grenzen gezogen sind, wie beim Stuckgips, ist noch die Beachtung zweier Fremdstoffe, welche leicht entstehen und beim Vorhandensein in größerer Menge die Güte des Gipses sehr heruntersetzen, das ist Ätzkalk und Schwefelcalcium. Ersterer bildet sich leicht, wenn der rohe Gipsstein mit kohlen-saurem Kalk verbunden ist, durch Abgabe der Kohlensäure des letzteren. Wird nun der angemachte Estrichmörtel entgegen der Vorschrift sofort verbraucht, so hat der Kalk keine Zeit, abzulöschen, sondern beginnt damit erst nach dem Verarbeiten des Estrichgipses, indem er sich stark ausdehnt und das so gefürchtete „Treiben“ hervorruft. In ähnlicher Weise beginnt das durch die unmittelbare Berührung mit der glühenden Kohle sich leicht bildende Schwefelcalcium schon bei geringer Menge — 0,75% — sich nach dem Verarbeiten zu zersetzen und den Mörtel zu zerstören, ebenfalls unter Vergrößerung des Raumes, d. h. unter Treiben.

## C. Verwendung des Gipses.

Über die nicht unter den Begriff der Stuckarbeiten fallende Verwendung des Gipses ist an anderer Stelle gesprochen worden, so über Gipsdielen S. 43, Gipsmörtel und Glättputz S. 55, Gipsestrich S. 232. Hier sei seine Verarbeitung zu sog. Gipszementen und Gipsmarmor noch erläutert.

### 1. Gipszemente.

Die Herstellung derselben erfolgt durch Zusatz eines Stoffes zum Gips vor dem Brennen, der ihm größere Härte verleihen soll. So besteht der *Schottsche* Zement aus 100 Teilen Stuckgips und 41,2 Teilen gebrannten und gelöschten Kalk, welche angefeuchtet, in Ziegelform gebracht, getrocknet und bis zur Sinterung gebrannt werden. Die so erhaltenen harten Stücke werden zu einem nicht zu feinen Pulver vermahlen und ergeben einen schweren, gut erhärtenden Gipszement.

Ein anderes Verfahren ergibt den *Keeneschen* oder Marmorzement. Man stellt einen Brei aus Stuckgips und einer Alaunlösung her, läßt ihn zu Stücken erhärten und brennt diese Stücke bis zur Rotglut. Zur Mehlfeinheit vermahlen und wieder mit Alaunlösung angerührt, ergibt die Masse einen nach dem Erhärten sehr festen, marmorähnlichen Putz.

Die Herstellung des Parianzements unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, daß der Gips mit Boraxlösung statt Alaun angemacht und nach dem Brennen mit Weinsteinlösung angerührt wird.

Andere Härtungsmittel sind z. B. Zusatz von Leim oder besser Dextrin zum Anmachewasser. Dadurch wird das Abbinden verzögert, aber eine größere Härte erreicht. Wasserdicht können Gipsarbeiten gemacht werden durch Anstrich mit gekochtem Leinöl oder einer Lösung von Paraffin in Benzin.

Ein Anstrich mit einer Gipsfluatlösung erzielt ebenfalls eine oberflächliche Härtung, macht aber den Gegenstand sehr spröde.

### 2. Gipsmarmor.

Gips wird in der verschiedensten Weise zur Herstellung von künstlichem Marmor benutzt, teils, indem man die marmorartige Zeichnung dem Stuck aufmalt, teils, indem man entsprechende Farbstoffe der Masse selbst zusetzt und die Zeichnung durch besondere Art des Auftragens erzielt. Das erstere Verfahren ergibt den *Stucco lustro*, das zweite den *Stuckmarmor*.

a) *Stucco lustro*. Der mit Leimwasser oder Eibischwurzel angemachte Gipsmörtel, dem ein Teil feinen Marmorstaubes zugesetzt ist, wird schichtenweise angetragen, abgezogen und soweit geglättet, daß mittels verschiedener Farben die marmorartige Zeichnung aufgetragen werden kann. Danach wird die Fläche mit heißen Stahlkellen nochmals geglättet und mit Terpentinswachs poliert. Der *Stucco lustro* ist von genügender Festigkeit und abwaschbar. Mühsamer herzustellen, aber meist von besserer Wirkung ist der

b) *Stuckmarmor*. Man bringt zuerst einen etwa 1 cm starken Grundputz aus Stuckgips auf der zu behandelnden Mauerfläche an und bereitet die Masse für den Marmor selbst in der Weise vor, daß man einen steifen Teig aus Stuckgips anrührt

und mit der Farbe des gewünschten Grundtones versieht. Von diesem knetbaren Brei schneidet man einzelne Stücke ab, mischt sie mit andern, dem natürlichen Vorbild entsprechenden Farbentönen, zerreißt sie in unregelmäßige Stücke und bringt sie auf einem mit Gipsstaub bestreuten Tisch durcheinander. Dann rührt man zur Herstellung der dunklen Adern einen dickflüssigen Gipsbrei an, färbt ihn entsprechend und gießt ihn in die locker auf dem Tisch liegenden Brocken. Diese werden nun sämtlich zusammengedrückt und zu einem großen, festen Ballen geformt, von dem man 1 bis 1,5 cm starke Scheiben abschneidet, welche man auf den feuchten Gipsgrund an die Wand andrückt. Nach dem Erhärten wird er abgehobelt, mit Bimsstein abgeschliffen, nach Ausdrücken etwaiger Vertiefungen oder schadhafter Stellen nach einigen Tagen wieder mit Grünstein abgeschliffen, dann mit Polierstein und zum Schluß mit einer Lösung von Wachs in Terpentinöl abgerieben. Man erhält auf diese Weise bei guter, geschickter Arbeit einen vorzüglichen, vom natürlichen kaum zu unterscheidenden Kunstmarmor. Man stellt in der Weise nicht nur Wandflächen, sondern auch Pfeiler, Säulen, Nischen u. dgl. her.

## XIV. Heizungsanlagen.

Die für die Heizung eines Gebäudes verwandten Baustoffe sind verschieden, je nachdem es sich um örtliche Heizung, das sind Öfen, oder um eine Sammelheizung handelt.

### A. Örtliche Heizung.

Die in Frage kommenden Öfen sind entweder eiserne oder Kachelöfen, aus tönernen Kacheln, guten Mauersteinen, Dachziegeln und Schamottsteinen mit Lehmörtel zusammengesetzte Öfen, vielfach mit eisernem Feueinsatz; ebenso wie eine Anzahl der bekannteren eisernen Öfen einen Mantel oder Einsatz aus Schamottsteinen besitzen. Die Bauart der teils aus Gußeisen, teils aus Eisenblechen gebauten Öfen ist sehr verschieden. Ihre Beschreibung gehört nicht in den Rahmen dieses Buches.

Die für den Bau von Kachelöfen verwandten Kacheln werden meist in Handarbeit aus feuerfestem Ton hergestellt, indem auf das noch feuchte, rechteckige Blatt die wulstförmige Zarge aufgedrückt wird. Nach dem einmaligen Brennen der rohen Kacheln wird die Glasur aufgebracht, die aus einer Mischung von Mennige, Zinnasche, Soda, Kalk usw. besteht, und die Kachel zum zweiten Mal gebrannt. Neuerdings fertigt man die Form auch mittels der Stempelpresse. Ihre Größe beträgt 21 : 24 cm, bei Eckkacheln 10,5 : 21 cm bei 24 cm Höhe. Gesimse, Friese, Medaillons werden in entsprechender Größe eines Vielfachen der Kachelbreite geformt.

Gute Kacheln und Gesimse sollen aus feuerfestem Ton bestehen, gut gebrannt, sauber geformt, ohne Sprünge, Risse, Blasen und Flecken, genau rechtwinklig und scharfkantig, durchaus eben und nicht windschief sein. Alle Stücke, manchmal mit Ausnahme der Gesimse und Friese, müssen eine vollständig festeingebrannte Glasur von durchweg gleichmäßiger Farbe haben.

Majolika- oder sog. altdeutsche Öfen haben reich verzierte Oberfläche und ein- oder mehrfarbige Glasuren.

Der Unterschied in der Wirkung<sup>1)</sup> zwischen eisernen und Kachelöfen ergibt sich aus den physikalischen Eigenschaften der beiden Grundstoffe. Da das Wärmeleitungsvermögen des Tons etwa 33 mal geringer ist, als das des Eisens, so erhitzt sich der Kachelofen langsamer, hält dann aber auch die Wärme länger fest, als der schnell erhitzte, aber ebenso schnell wieder abkühlende eiserne Ofen. Daraus ergibt sich die Wahl des einen oder des andern und die Benutzungsart, indem man den Kachelofen einmal erhitzt und durch Schließen der Feuertür die Wärme aufspeichert, den eisernen Ofen dagegen dauernd in mildem Feuer unterhält. Ebenso ist die spezifische Wärme des Tons eine größere als die des Eisens, d. h., daß ein bestimmtes Gewicht von Ton auf dieselbe Temperatur gebracht wie dasselbe Gewicht von Eisen, eine viel größere Luftmenge auf eine bestimmte Temperatur zu bringen vermag als dieses. Die Wärmeabgabe eines glatten weißen Kachelofens bei Kohlenfeuerung beträgt etwa 500 bis 700 WE für das qm und die Stunde.

## B. Sammelheizung.

Derartige Anlagen bestehen aus Wärmeentwicklern (Kesseln), Wärmeleitern (Röhren), Heizkörpern und einer Reihe von Einzelstücken, wie Reglerventile, Absperrhähne u. dgl. Für letztere, sowie für die Kessel können keine Einzelangaben gemacht werden, da sie in ihrer Art zu verschieden sind. Für Rohrleitungen werden entweder schmiedeeiserne Gewinderöhren oder besser die vom Verband deutscher Zentralheizungs-Industrieller E. V. aufgestellten sog. Verbandsröhren benutzt. Sie haben gegenüber dem marktgängigen schmiedeeisernen Gewinderohr (Gasrohr) den Vorzug tadelloser Schweißung und stärkerer Wandung in den am meisten verwendeten Abmessungen bis zu 65 mm lichter Weite und sind sämtlich einem Probedruck von 15 Atmosphären unterworfen, gewährleisten also eine größere Betriebssicherheit und Dauerhaftigkeit des Rohrnetzes. Sie sind mit Ausnahme des Rohrs von 10 mm lichter Weite, kenntlich an dem eingetragenen Warenzeichen — und einem das Ursprungswerk bezeichnenden Buchstaben und dürfen laut Vereinbarung mit dem Syndikat der deutschen Rohrwalzwerke nur an Mitglieder obigen Verbandes abgegeben werden.

Die Abmessungen der schmiedeeisernen Gewinderöhren und der Verbandsröhren sind aus nachstehenden Zusammenstellungen ersichtlich.

### Schmiedeeiserne Gewinderöhren.

Durchmesser in Zoll . . .	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$
lichter Durchmesser in mm	12	15	20,5	26	35	40,5	50,5	61	68
äußerer Durchmesser in mm	16,5	20,5	26,5	33	42	48	59	70	76
Gewicht des m in kg . . .	0,80	1,20	1,70	2,50	3,40	4,20	5,85	6,80	7,70

### Schmiedeeiserne Verbandsröhren.

Durchmesser in Zoll . . .	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$
lichter Durchmesser in mm	11,25	14,5	20	25,5	34	39,5	49,5	65,5
äußerer Durchmesser in mm	16,5	20,5	26,5	33	42	48	59	76
Gewicht des m in kg . . .	0,88	1,26	1,87	2,68	3,74	4,62	6,38	9,10

<sup>1)</sup> Zum Teil nach Joly: Technisches Auskunftsbuch. 1909.

Als Heizkörper können einfache Rohrschlangen, ofenartige Mantelheizkörper, gußeiserne Rippenheizkörper und Radiatoren dienen. Sie sind in Abmessungen, Heizwirkung und Ausstattung je nach der Fabrik ihrer Herstellung so verschieden, daß keine allgemein gültigen Angaben über sie gemacht werden können, sondern auf einschlägige Sonderwerke verwiesen werden muß.

## XV. Gas- und Wasserleitungen.

### A. Allgemeines.

☐ Sie setzen sich allgemein zusammen aus den das Gas oder Wasser erzeugenden Werken (Gas- oder Wasserwerke, Gaserzeuger, Brunnen, Pumpen u. dgl.), den Rohrleitungen, mittels deren der Stoff in die Häuser und dort bis zu den Verbrauchsstellen geleitet und von dort abgeleitet wird, und den Objekten, welche die Abgabe von Gas und Wasser bzw. die Aufnahme der Abwässer bewirken (Gashähne jeglicher Art, Brenner, Beleuchtungskörper, Wasserhähne, Becken, Klosetts u. dgl.).

Die ersteren und letzteren Gegenstände sind in Art, Ausführung und Baustoff so verschieden, daß auf ihre Besprechung im Rahmen dieses Buches nicht weiter eingegangen werden kann. Dagegen haben sich bestimmte, fast überall gleiche Formen und Arten der hierfür in Betracht kommenden Rohrleitungen herausgebildet, die teils von Städten, teils von Staatsbehörden als Normalien vorgeschrieben werden.

Dem Stoff der Herstellung nach unterscheidet man:

1. schmiedeeiserne Gewinderöhren, in schwarzem Zustand für Gasleitungen innerhalb des Gebäudes, in verzinktem für Wasserzuleitungen verwandt;
2. gußeiserne, innen und außen asphaltierte Muffenröhren; sie werden in 2 Arten geliefert: als Druckröhren mit starken Wandungen und auf 20 Atmosphären gedrückt, und als leichte Röhren mit schwächeren Wandungen; erstere dienen zur Zuleitung von Gas und Wasser im Erdreich, letztere für Abflußleitungen im Hause; innen emailliert dienen sie zum Abfluß von Säuren in Laboratorien und chemischen Fabriken;
3. Bleiröhren; sie werden ebenfalls in zwei Arten geliefert: als Druckröhren mit starken Wandungen aus Weichblei und als Bleiabflußröhren mit schwächeren Wandungen; erstere dienen zum Zufluß, letztere zum Abfluß von Wasser;
4. glasierte Ton- oder Steinzeugröhren mit Muffen zur Ableitung des Wassers im Erdreich.

Die üblichen Abmessungen der Rohre sind folgende.

### B. Die einzelnen Arten.

#### 1. Schmiedeeisernes Gewinderohr.

Innerer Durchmesser, engl. Zoll	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$
Äußerer Durchmesser . . mm	10	13	16,5	20,5	23	26,5	33	42	48
Wandstärke . . . . . „	1,9	2,1	2,3	2,7	2,7	3	3,3	3,7	3,9
Gewicht für das m. . . . kg	0,40	0,60	0,80	1,20	1,50	1,70	2,50	3,40	4,20

Innerer Durchmesser, engl. Zoll	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4
Äußerer Durchmesser . . . mm	52	59	70	76	80,5	89	100,5	114
Wandstärke . . . . . „	4	4,3	4	4	4,25	4,25	4,50	4,50
Gewicht für das m . . . kg	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	12,00	14,50

Baulänge: 3,5 bis 5 m.

Dichtungstoff: Mennigekitt mit Hanffäden.

## 2. Gußeisernes Muffenrohr.

a. **Druckrohr** (auf 20 Atmosphären geprüft), Normalien des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins deutscher Gas- und Wasserfachmänner.

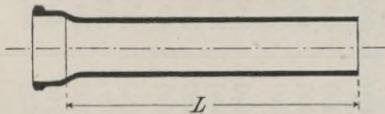
Innerer Durchmesser . . . mm	25 <sup>1)</sup>	30 <sup>1)</sup>	35 <sup>1)</sup>	40	50	60	70	80	90
Wandstärke . . . . . „	7	7	7,5	8	8	8,5	8,5	9	9
Gewicht für das m . . . kg	7	7	7,2	8,75	10,57	13,26	15,20	18,24	20,29
Gewicht einer Muffe . . . kg	—	—	—	2,68	3,14	3,89	4,35	5,09	5,70
Innerer Durchmesser . . . mm	100	125	150	175	200	225	250	275	300
Wandstärke . . . . . „	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13
Gewicht für das m . . . kg	22,34	29,10	36,44	44,36	52,85	61,95	71,61	81,85	92,68
Gewicht einer Muffe . . . kg	6,20	7,64	9,89	12,00	14,41	16,89	19,61	22,51	25,78

Baulänge: bis einschließlich 70 mm innerem Durchmesser: 3,0 m; 80 bis einschließlich 100 mm innerem Durchmesser 3,5 m; darüber hinaus 4 m; vereinzelt auch sämtliche Röhren 4 m lang.

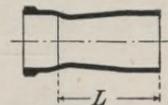
Dichtungstoff: Hanfstrick und Dichtblei.

b. **Gußeiserne Abflußröhren** (nach dem Erlaß des Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 19. Juli 1908. III 1731).

Gerade Röhren.



Übergangsröhren.

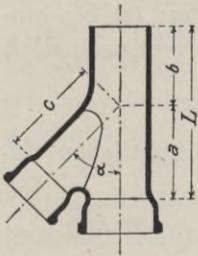


Licht- weite mm	Wand- stärke mm	Baulängen							
		2 m	1,5 m	1,25 m	1 m	0,75 m	0,50 m	0,25 m	0,15 m
		Gewicht in kg							
50	5	13,0	10,0	8,6	7,0	5,6	4,0	2,6	2,0
70	5	18,0	14,0	11,6	9,6	7,6	5,6	3,6	2,6
100	6	30,0	23,0	19,6	16,3	12,6	9,3	5,6	3,3
125	6	37,5	29,0	24,6	20,3	16,0	11,6	7,3	5,6
150	6	44,5	34,3	29,3	24,0	19,0	14,0	8,6	6,3
200	6	60,0	46,0	39,3	32,3	25,6	19,0	12,0	9,0

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Bau- länge L mm	Ge- wicht kg
50	überg. in	70	2,3
		100	3,3
70	"	100	4,0
		125	4,6
100	"	125	6,0
		150	6,6
125	"	150	7,3
150	"	200	10,0

<sup>1)</sup> Keine Normalie.

Verbindungen.

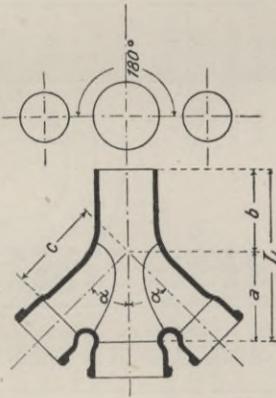


Winkel  $\alpha = 70^\circ$

Winkel  $\alpha = 45^\circ$

Licht- weite vom Hauptrohr mm	Wand- stärke vom Hauptrohr mm	Licht- weite vom Abweig mm	Wand- stärke vom Abweig mm	Baulänge		Ganze Länge L mm	Länge des Ab- zweiges c mm	Ge- wicht kg
				a mm	b mm			
50	5	50	5	80	150	230	80	3,6
70	5	70	5	100	170	270	100	5,3
100	6	70	5	100	320	420	100	6,6
100	6	70	5	100	200	300	110	8,0
100	6	50	5	90	330	420	110	9,3
100	6	100	6	120	380	500	120	12,0
125	6	70	5	110	210	320	130	10,0
125	6	125	6	150	230	380	150	13,0
150	6	70	5	120	200	320	140	11,6
150	6	125	6	140	250	390	150	15,0
200	6	50	5	110	190	300	160	14,6
200	6	100	6	140	220	360	170	17,6
200	6	150	6	180	260	440	190	21,6

Doppelverbindungen.

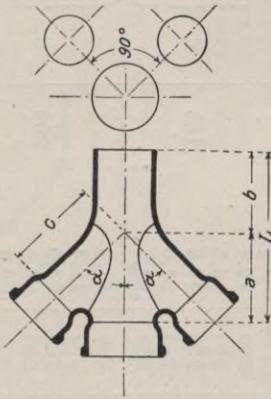


Winkel  $\alpha = 70^\circ$

Winkel  $\alpha = 45^\circ$

Licht- weite vom Hauptrohr mm	Wand- stärke mm	Licht- weite vom Abzweig mm	Wand- stärke mm	Baulänge		Ge- wicht kg	Länge des Ab- zweiges c mm	Ge- wicht kg
				a mm	b mm			
50	5	50	5	130	130	5,3	130	5,0
				140	140	6,3	140	5,6
				150	150	7,6	150	7,0
70	5	70	5	150	150	8,6	160	8,3
				170	170	10,0	170	10,0
				190	170	13,0	190	12,3
100	6	100	6	170	170	10,6	180	10,3
				180	180	12,6	190	12,0
				200	180	15,3	210	14,0
125	6	125	6	200	200	18,6	230	16,3
				230	200	21,0	250	19,0
				250	230	24,3	270	21,0
150	6	150	6	230	230	22,3	260	20,6
				260	230	25,3	290	23,0
				290	260	28,3	320	26,0
200	6	200	6	260	260	34,3	300	31,0
				300	260	38,3	340	34,0
				340	260	42,3	380	37,0

Eck-Doppelverbindungen.

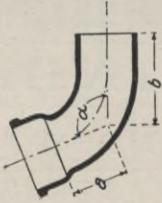


Winkel  $\alpha = 45^\circ$

Winkel  $\alpha = 70^\circ$

Licht- weite vom Hauptrohr mm	Wand- stärke vom Hauptrohr mm	Licht- weite vom Abzweig mm	Wand- stärke vom Abzweig mm	Baulänge		Ge- wicht kg	Länge des Ab- zweiges c mm	Ge- wicht kg					
				a mm	b mm								
50	5	50	5	130	130	5,3	130	5,0					
									70	140	6,3	140	5,6
100	6	70	5	130	130	8,6	160	8,3					
									125	140	10,0	170	10,0
125	6	70	5	170	170	10,6	180	10,3					
									150	180	12,6	190	12,0
150	6	125	6	230	230	18,6	230	16,3					
									200	120	12,3	200	12,0
200	6	100	6	180	180	17,6	230	15,6					
									250	210	21,0	450	18,3
200	6	150	5	140	140	17,3	240	15,6					
									250	160	19,3	390	17,6
200	6	125	6	200	200	26,0	280	23,0					
									250	230	29,3	470	26,0
200	6	200	6	260	260	31,0	320	31,0					
									250	290	34,3	580	31,0

Knieröhren.



Winkel  $\alpha = 90^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	100	170	2,3
70	5	120	190	3,6
100	6	140	220	6,6
125	6	170	250	9,0
150	6	200	280	11,6
200	6	250	340	18,6

Winkel  $\alpha = 100^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	90	160	2,3
70	5	100	180	3,6
100	6	130	210	6,3
125	6	150	230	9,0
150	6	170	260	11,3
200	6	220	310	18,0

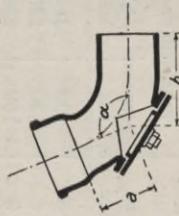
Winkel  $\alpha = 110^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	80	140	2,3
70	5	90	160	3,3
100	6	110	180	6,0
125	6	120	200	8,0
150	6	140	230	10,3
200	6	180	280	16,6

Winkel  $\alpha = 135^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	70	140	2,3
70	5	70	150	3,3
100	6	80	160	5,3
125	6	90	170	7,3
150	6	100	190	9,3
200	6	120	220	14,3

Knieröhren mit Reinigungsflanschen und 2 Mutterschrauben.



Winkel  $\alpha = 90^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	100	170	4,0
70	5	120	190	5,3
100	6	140	220	9,0
125	6	170	250	14,0
150	6	200	280	17,0
200	6	250	340	26,0

Winkel  $\alpha = 100^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	90	160	4,0
70	5	100	180	5,3
100	6	130	210	9,0
125	6	150	230	13,6
150	6	170	260	16,6
200	6	220	310	25,0

Winkel  $\alpha = 110^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	80	140	3,6
70	5	90	160	5,0
100	6	110	180	8,3
125	6	120	200	13,3
150	6	140	230	15,6
200	6	180	280	23,6

Winkel  $\alpha = 135^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50	5	70	140	3,6
70	5	70	150	5,0
100	6	80	160	8,0
125	6	90	170	12,3
150	6	100	190	14,6
200	6	120	220	21,6

Fußbögen.



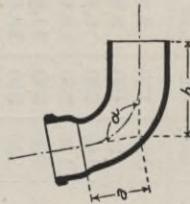
Winkel  $\alpha = 100^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke des Rohres mm	Schenkel- länge		Gewicht kg
		a mm	b mm	
70	5	100	180	4,6
100	6	130	210	7,6
125	6	150	230	10,6

Winkel  $\alpha = 110^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke des Rohres mm	Schenkel- länge		Gewicht kg
		a mm	b mm	
70	5	90	160	4,3
100	6	110	180	7,3
125	6	120	200	9,6

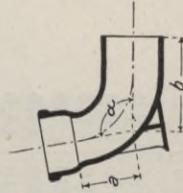
Knieröhren.



Winkel  $\alpha = 100^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50 übergeh. in	70	100	170	2,6
70 "	100	110	180	4,6
100 "	{ 125	130	200	7,0
125 "	{ 150	140	210	7,6
	150	150	220	9,3

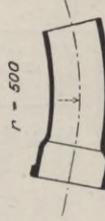
Fußbögen mit Übergang.



Winkel  $\alpha = 100^\circ$

Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke mm	Schenkel- länge		Ge- wicht kg
		a mm	b mm	
50 übergeh. in	70	100	170	3,0
70 "	100	110	180	5,0
100 "	{ 125	130	200	7,6
125 "	{ 150	140	210	8,6
	150	150	220	9,6

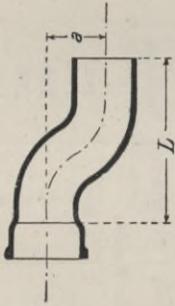
Bogenröhren.



Licht- weite des Rohres mm	Wand- stärke des Rohres mm	Schenkel- länge			Gewicht kg
		50	70	100	
50	5	6	6	6	200
70	5	6	6	6	150
100	5	6	6	6	125
125	5	6	6	6	100
150	5	6	6	6	75

Drei Bogen zusammengebaut, sollen einen rechten Winkel bilden.

Sprungröhren.



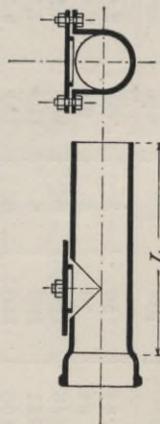
Ausladung  $a = 130$  mm

Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
50	5	330	3,3
70	5	340	4,6
100	6	350	7,6
125	6	360	10,0
150	6	370	12,0

Ausladung  $a = 200$  mm

Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
50	5	400	4,0
70	5	420	5,6
100	6	440	9,3

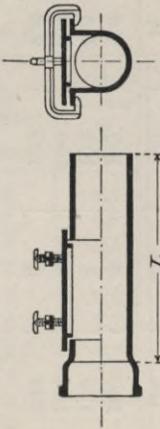
Reinigungsröhren mit kreisrunden Deckeln und 2 Mutter-schrauben.



Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Durchmesser der Öffnung mm	Gewicht kg
50	5	300	50	4,3
70	5	350	70	6,0
100	6	400	100	10,3
125	6	450	125	15,6
150	6	500	150	19,0
200	6	550	200	27,3

Reinigungsröhren mit rechteckigen Deckeln, Bügel- und Handschraubenverschluss.

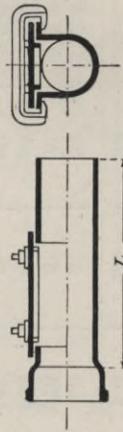
Bei 50 und 70 mm Rohrdurchmesser nur 1 Bügel mit Handschraubenverschluss.



Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Länge und Breite der Öffnung mm	Gewicht kg
50	5	300	150×50	5,0
70	5	350	175×70	8,0
100	6	400	200×100	13,0
125	6	450	225×125	17,6
150	6	500	250×150	24,0
200	6	550	300×200	33,0

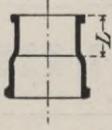
Reinigungsröhren mit rechteckigen Deckeln, Bügel- und Keilverschluss.

Bei 50 und 70 mm Rohrdurchmesser nur 1 Bügel mit Keilverschluss.



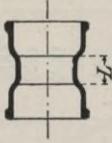
Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Länge und Breite der Öffnung mm	Gewicht kg
50	5	300	150×50	5,3
70	5	350	175×70	8,3
100	6	400	200×100	13,6
125	6	450	225×125	18,0
150	6	500	250×150	24,3
200	6	550	300×200	33,0

Anschlußstücke für Gußeisen an Steinzeug.



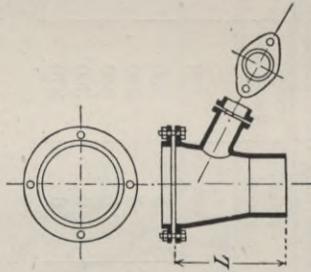
Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
125	8	100	5,3
150	8	100	6,3
200	8	100	9,0

Doppelmuffen.



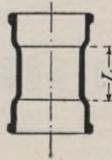
Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
70	5	50	3,3
100	6	50	5,0
125	6	60	7,0
150	6	60	8,3
200	6	60	12,0

Übergang zwischen Fallrohr und Lüftungsrohr.



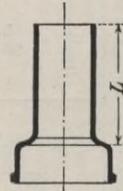
Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
7	5	250	6,6
10 <sup>a</sup>	6	250	8,6
12	6	250	10,3

Übermuffen.



Lichtweite des Rohres mm	Lichtweite passend für ein Rohr von mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
84	70	5	90	3,6
116	100	6	100	5,6
141	125	6	110	7,6
166	150	6	120	9,3
216	200	6	130	13,0

Tonrohranschlüsse. Anschlußstück für Steinzeug an Eisen.



Lichtweite vom Rohr und Muffe mm	Wandstärke vom Rohr mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
125×200	6	250	9
150×225	6	270	12
200×275	6	300	17

Anschlußstücke für Gußeisen an Bleirohr.



Lichtweite des Rohres mm	Wandstärke des Rohres mm	Baulänge L mm	Gewicht kg

## 3. Bleiröhren.

## a) Druckröhren aus Weichblei.

Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm	Gewicht für das m kg	Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm	Gewicht für das m kg	Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm	Gewicht für das m kg	Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm	Gewicht für das m kg	
10	2,5	1,3	23	3,5	3,6	33	5	6,4	48	4,5	8,4	
	3	1,4		4	4,2		35	3,5		4,8	5	9,2
	3,5	1,6		4,5	4,7		4	5,3		6	11,2	
	4	1,9		5	5,4		4,5	6,2		7	13,6	
	5	2,7		5,5	5,7		5	6,9		50	4	7,5
13	3	1,6	24	3,5	3,9	38	5,5	7,7	50	5	9,4	
	3,5	1,9		25	4		4,3	3,5		4,9	6	11,8
	4	2,3		4,5	4,6		4	5,6		6,5	13,1	
	4,5	2,7		5	5,4		4,5	6,4		7	14	
	5	3,1		5,5	6,1		5	7,4		7,5	15	
15	3	1,9	28	6	6,4	40	6	9,3	55	5	10,2	
	3,5	2,3		3	3		3,5	4,8		6,5	13,7	
	4	2,7		3,5	3,9		4	5,8		7,5	15,9	
	4,5	3,1		4	4,4		4,5	6,4		60	5	11,1
	5	3,6		4,5	5		7,5	5		7,5	6,5	14,8
18	3	2,2	30	5	5,6	43	6	9,4	65	7,5	17,5	
	3,5	2,7		3	3,3		6,5	10,4		5	12,1	
	4	3,3		3,5	3,9		3,5	5,3		6,5	15,3	
	4,5	3,8		4	4,5		4,5	6,9		7,5	19,1	
	5	4		4,5	5,3		5	8		70	5	13,1
20	3,5	2,9	33	5	6	45	6	9,7	75	7,5	20,2	
	4	3,3		3	3,8		4	6,7		5	14,1	
	4,5	3,9		3,5	4,5		5	8,5		7,5	21,6	
	5	4,5		4	5,1		6	10,7		80	5	14,9
	5,5	5		4,5	6		6,5	11,5		7,5	23,5	

Dichtung: Durch Löten mit Lötzinn.

Baulänge: In kleineren Weiten 20—30 m, mittlere Weiten 10—20 m und größere Weiten 5—15 m.

Nachfolgende Zusammenstellung enthält die neuen Normalien der Berliner Städtischen Wasserwerke für Bleizuflußröhren.

Innerer Durchmesser	mm	12	20	25	30	40
Wandstärke . . . .	mm	4	5,5	6	6	6,7
Gewicht für das m .	kg	2,20	5	6,6	7,7	11
Drucksicherheit . .	Athm.	16	13	12	10	7,5

Dichtung und Baulänge wie vor.

## b) Bleiabflußröhren.

Innerer Durchmesser kg	Wandstärke kg	Gewicht für das m kg	Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm	Gewicht für das m kg
30	2	2,2	65	2,5	5,5
	2,5	2,8		70	2,5
40	2	2,9	80	2,5	7,2
	2,5	3,2		90	2,5
50	2	3,3	100	2,5	8,8
	2,5	4,4		110	2,5
60	2,5	5,4			

Dichtung wie vor.

Baulänge: 3,0 m.

4. Tonröhren.

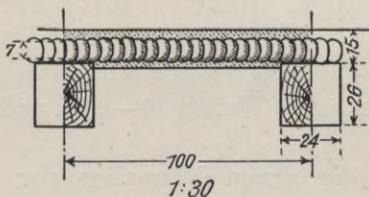
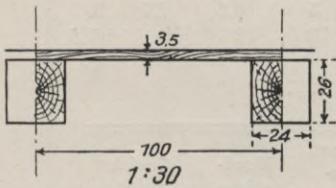
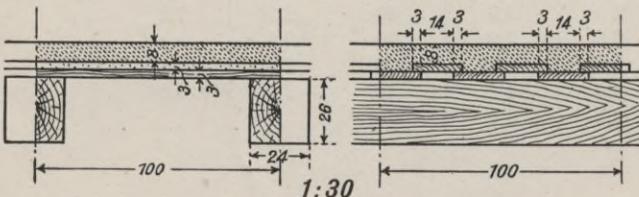
Innerer Durchmesser	mm	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400
Wandstärke . . . . .	mm	16	17	18	20	21	22	23	24	26	28	30	30
Gewicht für das m	kg	12	16	20	25	32	36	42	50	55	60	82,5	100

Dichtungstoff: Teerstrick mit Asphaltkitt, Gudron u. ähnl.

Baulänge: 0,5 und 1 m.

Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchung der Baustoffe.

A. Eigengewichte von Zwischendecken und Dächern.

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
<b>I. Zwischendecken.</b>				
a) Holzbalkendecken.				
1	Balkenlage mit gestrecktem Windelboden darüber, unter Annahme einer Entfernung der Balken von 1 m von Mitte zu Mitte und einer Stärke derselben von 24/26 cm zu Nr. 1.	Balken 24/26 cm stark . . . . . Schleestangen 7 cm Durchm. . . . . Lehm . . . . . zusammen	41 25 160 226	230
				
2	Balkenlage mit Fußboden von 3,5 cm Stärke darüber zu Nr. 2.	Balken 24/26 cm stark . . . . . Dielen 3,5 cm stark . . . . . zusammen	41 23 64	70
				
3	Balkenlage mit Stülpedecke und Lehmschlag zu Nr. 3.	Balken 24/26 cm stark . . . . . Dielen 3 cm stark . . . . . Lehmschlag . . . . . zusammen	41 20 148 209	210
				

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
4	Balkenlage mit halbem Windelboden, bestehend aus Stakung mit Lehmstroh umwickelt, oder aus Füllbrettern auf angenagelten Latten und aus Lehmschlag oder Sandschüttung, sowie einem 3,5 cm starken Fußboden darüber	Balken 24/26 cm stark . . . . . Stakhölzer 3 cm stark . . . . . Latten 4/6 cm stark . . . . . Dielen 3,5 cm stark . . . . . Lehmschlag 11 cm stark . . . . . zusammen	41 15 3 23 134 216	220
zu Nr. 4.				
5	Balkenlage wie vor, jedoch an der unteren Seite mit 2 cm starker Schalung, gerohrt und geputzt	Balken 24/26 cm stark usw. wie zu Nr. 4 dazu Schalung 2 cm stark . . . . . Rohrung und Putz . . . . . zusammen	216 13 20 249	250
6	Balkenlage wie Nr. 4, jedoch oberhalb statt des Fußbodens mit einem 5 bis 7 cm starken Gips- oder Lehmestrich versehen	Balken usw. wie zu Nr. 4 . . . . . ab die Dielen mit . . . . . bleiben dazu Estrich 7 cm stark . . . . . zusammen	216 23 193 112 305	310
7	Balkenlage wie Nr. 5, jedoch oberhalb statt des Fußbodens mit einem 5 bis 7 cm starken Gips- oder Lehmestrich versehen	Balken 24/26 cm stark . . . . . Stakhölzer 3 cm stark . . . . . Latten 4/6 cm stark . . . . . Lehmschlag 11 cm stark . . . . . Schalung 2 cm stark . . . . . Estrich 7 cm stark . . . . . Rohrung und Putz . . . . . zusammen	41 15 3 134 13 112 20 338	340
8	Balkenlage mit ganzem Windelboden, unterhalb mit Lehm verstrichen, oberhalb mit 3,5 cm starkem Fußboden	Balken 24/26 cm stark . . . . . Dielen 3,5 cm stark . . . . . Stakhölzer 4 cm Durchm. . . . . Latten 4/6 cm stark . . . . . Lehmschlag einschl. der Stakhölzer 26 cm stark . . . . . zusammen	41 23 16 3 274 357	360
zu Nr. 8.				

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
b) Gewölbte Decken.				
9	Preußische Kappen aus Hintermauerungssteinen bis zu 2,00 m Spannweite bei Abgleichung mit Koksasche und Holzfußboden	$\frac{1}{2}$ Stein starkes Gewölbe und Hintermauerung . . . . . Hinterfüllung mit Koksasche bis zur Unterkante der Lagerhölzer . . . . . Lagerhölzer 10/10 cm stark bei 0,80 m Mittenabstand . . . . . Dielen 3,5 cm stark . . . . . Deckenputz . . . . . zusammen	245 42 8 23 20 338	340
9a	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . . Bei Auffüllung bis zur Oberkante der Lagerhölzer:		340 + 50 =	390
9b	mit Koksasche . . . . .		340 + 65 =	410
9c	mit Sand . . . . .		390 + 140 =	530
10	Preußische Kappen wie Nr. 9 für mehr als 2,00 bis zu 2,50 m Spannweite	Gewölbe und Hintermauerung . . . . . Hinterfüllung mit Koksasche bis Unterkante der Lagerhölzer . . . . . Lagerhölzer wie Nr. 9 . . . . . Dielen wie Nr. 9 . . . . . Deckenputz . . . . . zusammen	249 71 8 23 20 371	370
10a	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . . Bei Auffüllung bis zur Oberkante der Lagerhölzer:		370 + 90 =	460
10b	mit Koksasche . . . . .		370 + 65 =	440
10c	mit Sand . . . . .		460 + 140 =	600
11	Preußische Kappen wie Nr. 9, jedoch aus Lochsteinen	Gewölbe und Hintermauerung . . . . . Hinterfüllung mit Koksasche bis Unterkante der Lagerhölzer . . . . . Lagerhölzer wie Nr. 9 . . . . . Dielen wie Nr. 9 . . . . . Deckenputz . . . . . zusammen	199 42 8 23 20 292	290

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
11 a	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	290 + 50 =		340
	Bei Auffüllung bis zur Oberkante der Lagerhölzer:			
11 b	mit Koksasche . . . . .	290 + 65 =		360
11 c	mit Sand . . . . .	340 + 140 =		480
12	Preußische Kappen wie Nr. 10, jedoch aus Lochsteinen	Gewölbe und Hintermauerung . . . . .	202	
		Hinterfüllung mit Koksasche bis Unterkante der Lagerhölzer . . . . .	71	
		Lagerhölzer wie Nr. 9 . . . . .	8	
		Dielen wie Nr. 9 . . . . .	23	
		Deckenputz . . . . .	20	
		zusammen	324	320
12 a	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	320 + 90 =		410
	Bei Auffüllung bis zur Oberkante der Lagerhölzer:			
12 b	mit Koksasche . . . . .	320 + 65 =		390
12 c	mit Sand . . . . .	410 + 140 =		550
13	Preußische Kappen wie Nr. 9, jedoch aus Schwemmsteinen oder porigen Lochsteinen	Gewölbe und Hintermauerung . . . . .	153	
		Hinterfüllung mit Koksasche bis Unterkante der Lagerhölzer . . . . .	42	
		Lagerhölzer wie Nr. 9 . . . . .	8	
		Dielen wie Nr. 9 . . . . .	23	
		Deckenputz . . . . .	20	
		zusammen	246	250
13 a	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	250 + 50 =		300
	Bei Auffüllung bis zur Oberkante der Lagerhölzer:			
13 b	mit Koksasche . . . . .	245 + 65 =		310
13 c	mit Sand . . . . .	300 + 140 =		440
14	Preußische Kappen wie Nr. 10, jedoch aus Schwemmsteinen	Gewölbe und Hintermauerung . . . . .	155	
		Hinterfüllung mit Koksasche bis Unterkante der Lagerhölzer . . . . .	71	
		Lagerhölzer wie Nr. 9 . . . . .	8	
		Dielen wie Nr. 9 . . . . .	23	
		Deckenputz . . . . .	20	
		zusammen	277	280
14 a	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	280 + 90 =		370
	Bei Auffüllung bis zur Oberkante der Lagerhölzer:			
14 b	mit Koksasche . . . . .	280 + 65 =		350
14 c	mit Sand . . . . .	370 + 140 =		510
15	Decke in Gewölbeform aus Zement-Kiesbeton bis zu 1,50 m Spannweite, sonst wie Nr. 9	Kiesbeton . . . . .	220	
		Hinterfüllung mit Koksasche bis Unterkante der Lagerhölzer . . . . .	53	
		Lagerhölzer wie Nr. 9 . . . . .	8	
		Dielen wie Nr. 9 . . . . .	23	
		Deckenputz . . . . .	20	
		zusammen	324	320

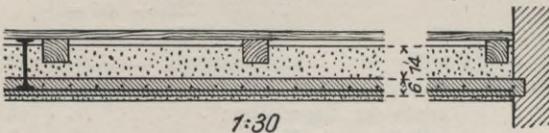
Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
15	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	320 + 70 =		390
15a	Bei Auffüllung bis zur Oberkante der Lagerhölzer:			
15b	mit Koksasche . . . . .	320 + 65 =		390
15c	mit Sand . . . . .	390 + 140 =		530

c) Ebene Massivdecken.

Die Eigengewichte sind in jedem Falle zu ermitteln. Nachstehende Beispiele sollen als Anhalt dienen.

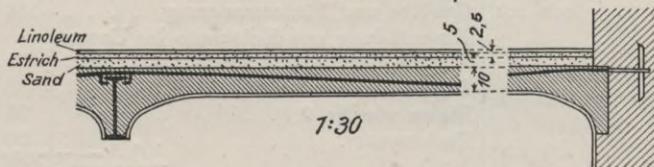
16	Ebene Betondecke mit oder ohne Eiseneinlagen (Bauart Monier und ähnliche) bei Abgleichung mit Koksasche und Holzfußboden	Platte bei 6 cm Stärke einschl. etwa vorhandener Eiseneinlagen . . . . .	144	290
		Überfüllung mit Koksasche, etwa 14 cm stark . . . . .	98	
		Lagerhölzer 10/10 cm stark . . . . .	8	
		Dielen 3,5 cm stark . . . . .	23	
		Deckenputz . . . . .	20	
		zusammen	293	

zu Nr. 16.



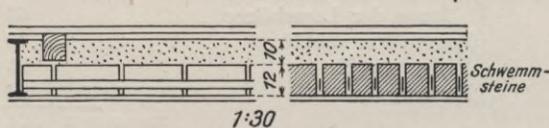
16a	Bei Abgleichung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	295 + 125 =		420
16b	Für jedes cm Mehrstärke der Platte . . . . .	Mehrgewicht . . . . .	25	
17	Ebene eingespannte Eisenbetondecke mit voutenförmigen Verstärkungen an den Auflagern (Koenensche Voutenplatte und ähnliche Deckenarten) mit Sandüberfüllung und Linoleumbelag auf Estrich	Platte bei 10 cm Stärke einschl. Eiseneinlagen und Voutenanschlüsse . . . . .	270	430
		Sandüberfüllung 5 cm stark . . . . .	80	
		Estrich 2,5 cm stark . . . . .	55	
		Linoleum 4 mm starl. . . . .	5	
		Deckenputz . . . . .	20	
	zusammen		430	

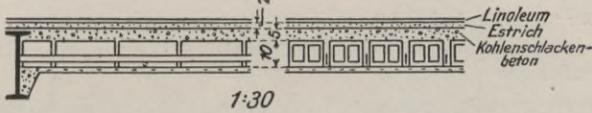
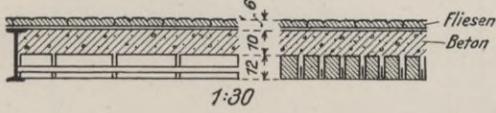
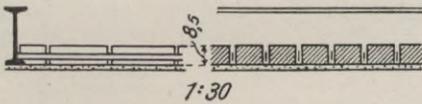
zu Nr. 17.

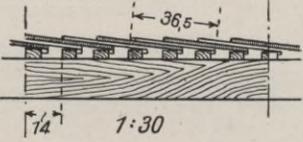


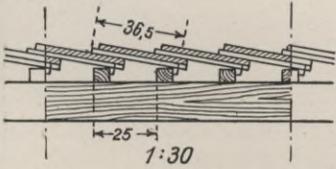
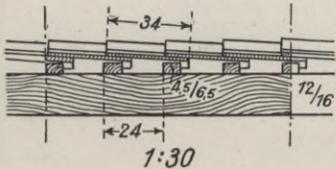
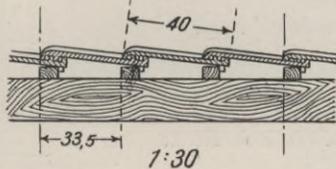
18	Ebene Ziegeldecke mit Eiseneinlagen (Bauart Kleine und ähnliche) aus Schwemmsteinen in Zementmörtel, mit Überfüllung von Koksasche und Holzfußboden	Deckenplatte aus Schwemmsteinen 12 cm stark einschl. der 1/35 mm starken Bandediseneinlagen . . . . .	125	250
		Überfüllung mit Koksasche 10 cm stark . . . . .	70	
		Lagerhölzer 10/10 cm stark . . . . .	8	
		Dielen 3,5 cm stark . . . . .	23	
		Deckenputz . . . . .	20	
		zusammen	246	

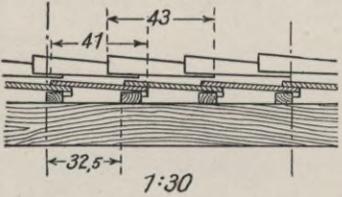
zu Nr. 18.



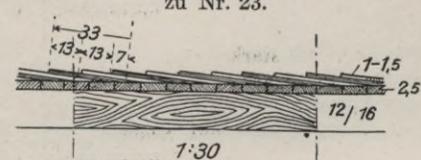
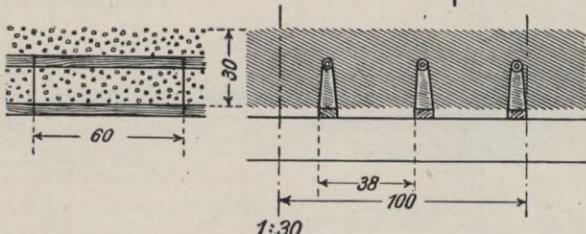
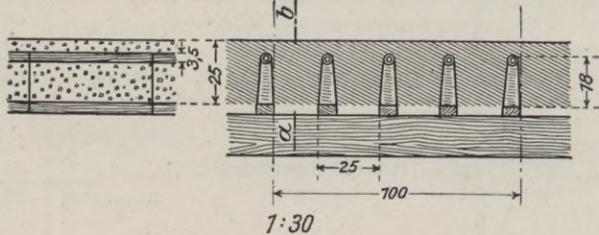
Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
18a	Bei Überfüllung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	250 + 90 =		340
19	Ebene Ziegeldecke mit Eiseneinlagen wie vor, jedoch aus porigen Hohlsteinen, bei Auflagerung der Platte auf Betonkonsolen, einschl. Überfüllung mit Kohlschlackenbeton und Linoleumbelag auf Estrich (die Träger sind hierbei mit Kiesbeton zu ummanteln)	Deckenplatte 10 cm stark aus porigen Hohlsteinen in Zementmörtel einschl. der 1/35 mm starken Bandeiseneinlagen und der konsolartigen Auflager . . . Überfüllung mit Kohlschlackenbeton 5 cm stark . . . . . Estrich 2 cm stark . . . . . Linoleum 4 mm stark . . . . . Deckenputz . . . . .	115 50 44 5 20	
	zu Nr. 19.	zusammen	234	230
				
19a	Für jedes cm Mehrstärke der Platte . . .	Mehrgewicht . . . . .		10
20	Ebene Ziegeldecke mit Eiseneinlagen aus vollen Hartbrandsteinen 1/2 Stein stark mit Überfüllung aus magerem Beton und Fliesenbelag (für Durchfahrten und befahrbare Hofkeller)	Platte aus Hartbrandsteinen in Zementmörtel einschl. der 1/35 mm starken Eiseneinlagen . . . . . Magerer Beton 10 cm stark . . . . . Fliesen in Zementmörtelbettung 6 cm stark . . . . .	220 190 126	
	zu Nr. 20.	zusammen	536	540
				
21	Ebene Ziegeldecke wie vor, jedoch 1/4 Stein stark (als unbelastete Decke ohne Überfüllung und Fußboden)	Platte aus Hintermauerungssteinen in Zementmörtel einschl. der 1/25 mm starken Eiseneinlagen . . . . . Deckenputz . . . . .	106 20	
	zu Nr. 21.	zusammen	126	130
				
22	Ebene Ziegeldecke ohne Eiseneinlagen (Bauart Förster und ähnliche) aus porigen Hohlsteinen mit quer zur Trägerichtung verlegten, einander stützenden Ziegelreihen, 10 cm stark, einschl. Überfüllung mit Koksasche und Holzfußboden	Platte aus porigen Hohlsteinen in Kalkzementmörtel 10 cm stark . . . . . Überfüllung mit Koksasche 10 cm stark . . . . . Lagerhölzer 10/10 cm stark . . . . . Dielen 3,5 cm stark . . . . . Deckenputz . . . . .	100 70 8 23 20	
	zu Nr. 22.	zusammen	221	220
				

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
22a	Für jedes cm Mehrstärke der Platte . . .	Mehrgewicht . . . . .		10
22b	Bei Überfüllung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	220 + 90 =		310
23	Ebene Ziegeldecke ohne Eiseneinlagen (Securadecke und ähnliche) aus porigen Hohlsteinen und schrägem, parallelem oder zentralem Fugenschnitt, gewölbartig wirkend, 13 cm stark, bei Abgleichung mit Koksasche und Holzfußboden zu Nr. 23.	Platte aus porigen Hohlsteinen in Zementmörtel 13 cm stark . . . . . Überfüllung mit Koksasche 10 cm stark Lagerhölzer 10/10 cm stark . . . . . Dielen 3,5 cm stark . . . . . Deckenputz . . . . . zusammen	142 70 8 23 20 263	260
				
23a	Bei Überfüllung mit Sand statt mit Koksasche . . . . .	260 + 90 =		350
24	Ebene Ziegeldecke wie vor, jedoch 17 cm stark, mit Fliesenbelag in Zementmörtel oder Terrazzofußboden zu Nr. 24.	Deckenplatte aus porigen Hohlsteinen in Zementmörtel 17 cm stark . . . . . Fliesenbelag oder Terrazzofußboden . . . . . Deckenputz . . . . . zusammen	179 60 20 259	260
				
24a	Dieselbe bei 22 cm starker Platte . . . . .	260 + 40 =		300
<b>II. Dächer.</b>				
(Für 1 qm Dachfläche, in der Neigungslinie, nicht in der horizontalen Projektion gemessen.)				
1	Einfaches Ziegeldach aus Biberschwänzen von Normalform, einschl. Lattung und Sparren (Spießdach) zu Nr. 1.	Sparren 12/16 cm stark, in 1 m Mittenabstand . . . . . Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . . Dachsteine (35 Stück/qm je 36,5 · 15,5 · 1,2 cm) . . . . . Mörtel . . . . . Spieße . . . . . zusammen	13 8 49 3 1 74	75
				
1a	Dasselbe, aber böhmisch gedeckt in voller Mörtelbettung	Mehrgewicht für Mörtel . . . . . dann zusammen	10 85	
2	Doppeldach wie Nr. 1 zu Nr. 2.	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . . Dachsteine, 45 Stück auf 1 qm . . . . . Mörtel . . . . . zusammen	13 11 63 6 93	95
				

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
2a	Dasselbe, aber böhmisch gedeckt	Mehrgewicht für Mörtel . . . . .	20	115
		dann zusammen		
3	Kronendach wie Nr. 1	Sparren 12/16 cm stark . . . . .	13	105
		Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . .	7	
		Dachsteine, 55 Stück auf 1 qm . . . . .	77	
		Mörtel . . . . .	6	
		zusammen	103	
	zu Nr. 3.			
3a	Dasselbe, aber böhmisch gedeckt	Mehrgewicht für Mörtel . . . . .	25	130
		dann zusammen		
4	Pfannendach auf Lattung in böhmischer Deckung, einschl. Lattung und Sparren, bei Verwendung kleiner, sog. holländischer Pfannen	Sparren 12/16 cm stark . . . . .	13	80
		Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . .	6	
		Pfannen, 16 Stück/qm je 34 · 24 · 1,5 cm	43	
		Mörtel . . . . .	16	
		zusammen	78	
	zu Nr. 4.			
5	Pfannendach wie vor, aber mit großen Pfannen	Sparren 12/16 cm stark . . . . .	13	85
		Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . .	5	
		Pfannen, 16 Stück/qm je 40 · 24 · 1,5 cm	50	
		Mörtel . . . . .	16	
		zusammen	84	
6	Pfannendach wie vor, aber auf Stülpschalung nebst darüber genagelten Strecklatten, einschl. Schalung, Strecklatten, Dachlatten und Sparren (verschaltes Pfannendach)	Wie unter Nr. 4 . . . . .	78	100
		Dazu 2,5 cm starke gestülpte Schalung und Strecklatten . . . . .	20	
		zusammen	98	
7	Falzziegeldach einschl. Lattung usw. wie Nr. 1	Sparren 12/16 cm stark . . . . .	13	65
		Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . .	5	
		Falzziegel, 15 Stück/qm je 40 · 20 cm .	42	
		Mörtel zum Verstrich . . . . .	3	
		zusammen	63	
	zu Nr. 7.			

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
8	Mönch- und Nonnendach, einschl. Lattung usw. wie Nr. 1	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . . 16 Mönche je 43 cm lang und 16 Nonnen je 41 cm lang . . . . . Mörtel . . . . .	13 5 66 17	
	zu Nr. 8.			
		zusammen	101	100
8a	Dasselbe böhmisch gedeckt . . . . .	Mehrgewicht für Mörtel . . . . .	15	
		dann zusammen		115
9	Mönch- und Nonnendach, einschl. wie vor, aber Mönch und Nonne aus einem Stück (für 1 qm 15 Steine 42 cm lang, 20 cm breit, sichtbar nach der Eindeckung)	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . . Dachsteine . . . . . Mörtel . . . . .	13 5 69 3	
		zusammen	90	90
9a	Dasselbe böhmisch gedeckt . . . . .	Mehrgewicht für Mörtel . . . . .	15	
		dann zusammen		105
10	Mönch- und Nonnendach wie Nr. 9, jedoch aus Steinen kleineren Formats (für 1 qm 18 Mönch- und Nonnensteine 40 cm lang, 18 cm breit, sichtbar nach der Eindeckung)	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . . Dachsteine . . . . . Mörtel . . . . .	13 5 63 4	
		zusammen	85	85
10a	Dasselbe böhmisch gedeckt . . . . .	Mehrgewicht für Mörtel . . . . .	15	
		dann zusammen		100
11	Englisches Schieferdach auf Lattung wie Nr. 1	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . . Schiefer einschl. Nägel . . . . .	13 6 25	
		zusammen	44	45
12	Englisches Schieferdach wie vor, jedoch auf Schalung	Wie unter Nr. 11 ausschl. der Lattung. Dazu Schalung 2,5 cm stark . . . . .	38 16	
		zusammen	54	55
13	Deutsches Schieferdach auf Schalung und Pappunterlage, einschl. Pappe, Schalung usw. wie Nr. 1 (aus Steinen von rd. 35 cm Länge und 25 cm Breite)	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . Dachpappe . . . . . Schiefer einschl. Nägel . . . . .	13 16 3 32	
		zusammen	64	65
14	Deutsches Schieferdach wie vor (aus klei- neren Steinen von rd. 20 cm Länge und 15 cm Breite)	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . Dachpappe . . . . . Schiefer einschl. Nägel . . . . .	13 16 3 28	
		zusammen	60	60
15	Zinkdach in Leistendeckung, einschl. der Schalung, Sparren usw. wie Nr. 1	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . 1,20 qm Zinklech Nr. 13 . . . . .	13 16 7	
		zusammen	36	40

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
16	Kupferdach, mit doppelter Falzung eingedeckt, einschl. wie vor	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . 1,15 qm Kupferblech 0,6 mm stark . . . zusammen	13 16 7 36	40
17	Wellblechdach aus verzinktem Eisenblech auf Winkeleisen	Wellblech 150 · 40 · 1,5 mm . . . . . Winkeleisen 2,0 m freitragend mit 2,0 m Abstand . . . . . Niete, Anstrich usw. . . . . zusammen	16 7 2 25	25
18	Wellblechdach aus Zinkwellblech auf Schalung, einschl. Schalung und Sparren	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . 1,20 qm Wellblech Nr. 13 . . . . . zusammen	13 16 8 37	40
19	Einfaches Teerpappdach einschl. Schalung und Sparren	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . 1,05 qm Pappe . . . . . Asphalt, Teer, Leisten und Nägel . . . zusammen	13 16 3 2 34	35
20	Doppelpappdach	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . erste Lage (starke) Pappe einschl. Nägel zweite Lage . . . . . zwei Teeranstriche . . . . . Kies . . . . . zusammen	13 16 6 4 4 9 52	55
21	Holzzementdach einschl. Schalung und Sparren	Sparren 14/18 cm stark . . . . . Schalung 3,5 cm stark . . . . . 1 Lage starke Pappe und 3 Lagen Papier Kies 7 cm stark . . . . . Holzzement . . . . . zusammen	16 23 7 126 8 180	180
21a	Holzzementdach auf massiver Unterlage Bemerkung. Liegt die tragende Platte nicht in der Dachneigung, so muß das Gewicht der erforderlichen Aufmauerung in jedem Falle besonders ermittelt werden. Die Gewichte unter 3) ändern sich entsprechend der gewählten Deckenkonstruktion.	1. Dachdeckung: Pappe und Papier . . . . . Kies 7 cm hoch . . . . . Holzzement . . . . . Zementestrich 2,5 cm stark . . . . . 2. Wärmeschutz: Lage aus 4 cm starken Korkplatten . 3. Decke (vgl. Nr. 9): Gewölbe und Hintermauerung . . . . Abgleichung mit Koksasche . . . . . Deckenputz . . . . . zusammen	7 126 8 55 12 245 42 20 515	196 520
21b	Wird Schlackenbeton 5 cm hoch statt der Korkplatten als Wärmeschutz verwendet, so erhöht sich das Gewicht um . . . . .	50 — 12 = Mehrgewicht . . . . . zusammen	38 553	550

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
21c	Wird eine 12 cm starke Schwemmsteinschicht statt der Korkplatten als Wärmeschutz verwendet, so erhöht sich das Gewicht um	120 — 12 = Mehrgewicht . . . . . Dazu laut 21a . . . . .	108 515	620
22	Leinwanddach (Weber-Falkenberg und ähnliche) einschl. Lattung und Sparren	Sparren . . . . . Lattung . . . . . Leinwand . . . . . Anstrich und Klebmasse sowie Nägel .	13 6 2 2	
22a	Dasselbe auf Schalung	Mehrgewicht . . . . .	23 10	25
23	Schindeldach einschl. Schalung und Sparren zu Nr. 23.	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Schalung 2,5 cm stark . . . . . Schindeln einschl. Nägel . . . . .	13 16 16	35
		zusammen		45
24	Rohrdach einschl. Lattung und Sparren	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Latten 4,5/6,5 cm stark . . . . . Staken 3,5 cm Durchm. . . . . Rohr . . . . .	13 5 2 29	80
	zu Nr. 24.	Neugewicht Dazu für Moosansatz und festgehaltenes Wasser etwa . . . . .	49 30	
		zusammen	79	
25	Strohdach einschl. wie vor	Sparren 12/16 cm stark . . . . . Latten . . . . . Staken 3,5 cm Durchm. . . . . Stroh . . . . .	13 6 3 22	75
	zu Nr. 25.	Neugewicht Dazu für Moosansatz und festgehaltenes Wasser etwa . . . . .	44 30	
		zusammen	74	

Nr.	Benennung	Einzelteile	Eigen- gewicht für 1 qm	
			im ein- zelnen kg	im ganzen rd. kg
26	Glasdach auf Sprosseneisen einschl. der letzteren bei 4 mm starkem Glase	Glas . . . . . Sprossen von 5 kg Gewicht für 1 m und rund 0,45 m Abstand . . . . .	11 11	22
		zusammen		
26a	Dasselbe bei 5 mm starkem Rohglase	Glas . . . . . Sprossen von 6 kg Gewicht für 1 m und rund 0,55 m Abstand . . . . .	14 11	25
		zusammen	25	
26b	Dasselbe bei 5 mm starkem Drahtglase	Mehrgewicht gegen 26a . . . . .	5	30
		dann zusammen		
26c	Dasselbe bei 6 mm starkem Rohglase	Glas . . . . . Sprossen von 7 kg Gewicht für 1 m und rund 0,55 m Abstand . . . . .	17 13	30
		zusammen	30	
26d	Dasselbe bei 6 mm starkem Drahtglase	Drahtglas, Mehrgewicht gegen 26c . . . . .	5	35
		dann zusammen		
26e	Für jedes mm Mehrstärke des Glases	Mehrgewicht . . . . .		3
26f	Bei Verwendung von Drahtglas	Mehrgewicht für die Drahteinlage . . . . .		5
27	Gewölbtes Dach aus Glasbausteinen (Bauart Falconnier und ähnliche)	Glasbausteine . . . . . Mörtel . . . . .	42 22	65
		zusammen	64	

**B. Eigengewichte der gebräuchlichsten Baustoffe und Baukörper.**

Nr.	Benennung der Baustoffe	1 cbm wiegt		Nr.	Benennung der Baustoffe	1 cbm wiegt	
		kg	Als durchschnittliches Gewicht anzunehmen			kg	Als durchschnittliches Gewicht anzunehmen
<b>Füllstoffe.</b>				10	Basaltlava, porig . . . . .	1500 bis 2000	1800
1	Erde, Sand, Lehm, naß . . . . .	1700 bis 2500	2100	11	Marmor . . . . .	2600 „ 2900	2800
2	Erde, Sand, Lehm, trocken . . . . .	1400 „ 1800	1600	12	Kalkstein, dicht . . . . .	1500 „ 2700	2500
3	Kies, naß . . . . .	1900 „ 2100	2000	13	„ porig . . . . .	1500 „ 2200	2000
4	„ trocken . . . . .	1500 „ 1900	1700	14	Sandstein (schwerere Grauwacke und Kohlensandstein) . . . . .	2500 „ 2800	2700
5	Koksasche . . . . .	600 „ 850	700	15	sonstigen Sandsteinen . . . . .	2000 „ 2600	2400
6	Bimssteinsand . . . . .	400 „ 900	700	16	Tuffstein, Porphy u. dichtem Kalktuff . . . . .	1600 „ 2200	2000
<b>Werkstücke und Quadermauerwerk aus:</b>				17	Bimsstein, Leuzit- u. lockerem Kalktuff . . . . .	1200 „ 1500	1400
7	Granit, Syenit, Porphy . . . . .	2200 „ 3000	2800	18	Schiefer . . . . .	2600 „ 2800	2700
8	Basalt . . . . .	2400 „ 3300	3000	<b>Bruchsteinmauerwerk aus:</b>			
9	Basaltlava, ziemlich dicht . . . . .	1800 „ 3000	2800	20	Granit . . . . .	2300 „ 2800	2700
					Kalkstein, Sandstein, Schiefer . . . . .	2000 „ 2600	2500

Nr.	Benennung der Baustoffe	1 cbm wiegt kg	Als durch- schnittliches Gewicht anzu- nehmen	Nr.	Benennung der Baustoffe	1 cbm wiegt kg	Als durch- schnittliches Gewicht anzu- nehmen
<b>Mauerwerk aus künstlichen Steinen, und zwar aus:</b>				<b>Estriche und Fußbodenbeläge aus:</b>			
21	Klinkern . . . . .	1800 bis 2000	1900	40	Zement und Zement- fliesen . . . . .	2100 bis 2300	2200
22	Hartbrandsteinen in Kalkzementmörtel	1700 „ 1900	1800	41	Gips . . . . .	1900 „ 2150	2100
23	Hintermauerungsstei- nen in Kalkmörtel	1500 „ 1700	1600	42	Terrazzo . . . . .		2000
24	porigen Vollsteinen .	1000 „ 1200	1100	43	Gußasphalt . . . . .	1100 „ 1500	1400
25	Lochsteinen . . . . .	1250 „ 1300	1300	44	Tonfliesen . . . . .	2000 „ 2100	2000
26	porigen Lochsteinen .	900 „ 1100	1000	45	Linoleum . . . . .	1000 „ 1300	1200
27	Schwemmsteinen . . .	900 „ 1100	1000	46	Korkplatten (als Un- terlage) . . . . .	250 „ 300	300
28	Korksteinen . . . . .	500 „ 700	600	47	Glas . . . . .	2400 „ 2700	2600
29	Kalksandsteinen . . .	1700 „ 1900	1800	<b>Bauhölzer.</b>			
30	Kunstsandstein . . . .	2000 „ 2200	2100	48	Kiefer, lufttrocken .	300 „ 800	650
<b>Mörtel.</b>				49	Fichte, lufttrocken .	350 „ 600	550
31	Zementmörtel . . . . .	2000 „ 2300	2100	50	Tanne, lufttrocken .	400 „ 800	600
32	Kalkzementmörtel . . .	1800 „ 2000	1900	51	Lärche, lufttrocken .	450 „ 800	650
33	Kalkmörtel . . . . .	1650 „ 1800	1700	52	Pitchpine (Pechkie- fer), lufttrocken . .	800 „ 1000	900
34	Traßmörtel . . . . .	1900 „ 2100	2000	53	Yellowpine, lufttrock.	600 „ 800	700
35	Gips (gegossen) . . . .	900 „ 1000	1000	54	Eiche, lufttrocken . .	700 „ 1000	900
<b>Beton aus:</b>				55	Buche, lufttrocken . .	600 „ 900	750
36	Kies, Granitschotter u. dgl. . . . .	1800 „ 2400	2200 2400 <sup>1)</sup>	<b>Metalle.</b>			
37	Ziegelschotter . . . . .	1500 „ 2000	1800	56	Gußeisen . . . . .		7250
38	Kohlenschlacke . . . .	850 „ 1500	1000	57	Schweißeisen . . . . .		7800
39	Bimssteinkies . . . . .	900 „ 1100	1000	58	Flußeisen . . . . .		7850
				59	Flußstahl . . . . .		7860
				60	Blei . . . . .	11300 „ 11450	11400
				61	Kupfer (gewalzt) . . .	8800 „ 9000	8900
				62	Bronze . . . . .	7500 „ 8900	8600
				63	Zink, gegossen . . . .	6850 „ 7000	6900
				64	„ gewalzt . . . . .	7150 „ 7200	7200
				65	Zinn, gewalzt . . . . .	7200 „ 7500	7400

### C. Belastungen.

#### a) Zwischendecken.

Nr.	Art der Nutzlast	kg/qm
1	Nutzlast für Wohngebäude und kleine Geschäftshäuser durch Möbel, Menschen usw., abgesehen von den in einzelnen Räumen etwa vorkommenden besonderen Belastungen durch Akten, Bücher, Waren, Maschinen usw. . . . .	250
2	Nutzlast in Geschäftsgebäuden größeren Umfanges, Versammlungssälen, Unterrichtsräumen, Turnhallen . . . . .	500
3	Nutzlast in Fabriken, wenn nicht größere Belastungen anzunehmen sind . . . . .	500
4	Nutzlast für Decken unter Durchfahrten und befahrbaren Höfen, wenn nicht größere Einzellasten (Raddruck) zu berücksichtigen sind . . . . .	800
5	Treppen - Nutzlast . . . . .	500
6	Nutzlast in Dachbodenräumen von Wohngebäuden . . . . .	125

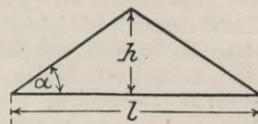
<sup>1)</sup> einschl. Eiseneinlagen bei Eisenbetonbauten, sofern nicht ein anderes Gewicht nachgewiesen wird.

In Lagerräumen ist die Nutzlast nach dem Eigengewichte der zu lagernden Stoffe und der anzunehmenden Höhe der Lagerung in jedem Einzelfalle zu ermitteln. Dabei ist die Nutzlast für die Gänge, sofern sie nur geschäftlichen Zwecken dienen, nicht aber zur Benutzung durch das Publikum bestimmt sind, mit 150 kg/qm in Rechnung zu stellen.

Für Aktengerüste und Schränke in Registraturen, Bibliotheken, Archiven usw. ist einschl. der Hohlräume eine Nutzlast von 500 kg für das Raummeter anzunehmen.

**b) Dächer.**

1. Die Schneelast ist zu 75 kg/qm der Dachfläche anzunehmen und dabei die Möglichkeit einer vollen oder einer einseitigen Schneebelastung zu berücksichtigen. Bei steilen Dächern kann die Schneebelastung geringer angenommen werden, sofern einzelne Dachteile nicht etwa Schneesäcke bilden. Mit Bezug auf die aus nebenstehender Abbildung ersichtlichen Bezeichnungen kann die Schneebelastung angenommen werden



- zu 55 kg/qm der Horizontalprojektion, wenn  $h = \frac{1}{2} l$  ist,
- „ 65 „ „ „ „ „  $h = \frac{1}{3} l$  „
- „ 70 „ „ „ „ „  $h = \frac{1}{4} l$  „
- „ 75 „ „ „ „ „  $h = \frac{1}{5} l$  „

oder der Schneedruck kann aus folgender Formel berechnet werden

$$S = 75 \cos \alpha \text{ (kg/qm)}$$

für 1 qm der Horizontalprojektion.

Bei ganz steilen Dächern, an denen nur geringfügige Schneemassen haften können, ist eine Schneelast nicht weiter in Betracht zu ziehen.

2. Der Winddruck ist in der Regel zu 125 kg/qm rechtwinklig getroffener Fläche anzunehmen. Für hohe Bauten auf kleiner Grundfläche (schlanke Türme) ist außerdem noch der Nachweis zu führen, daß bei einem Winddruck von 150 kg/qm die für die zulässigen Beanspruchungen angegebenen oberen Grenzen nicht überschritten werden.

Werden freistehende Gebäude, deren Frontwände nicht durch Querwände versteift sind, auf Standicherheit gegen Winddruck untersucht, so genügt es, mit einem Winddruck von 75 kg/qm zu rechnen.

Bezeichnet  $\alpha$  den Neigungswinkel eines Teiles  $F$  der Dachfläche gegen die wagerecht anzunehmende Windrichtung, so ist der auf die Fläche  $F$  entfallende und rechtwinklig zu ihr wirkende Winddruck

$$W = W_0 F \sin^2 \alpha,$$

wo  $W_0 = 125$  bzw.  $150$  kg einzusetzen ist. Bei ebenen Dächern entfällt hiernach aus dem Winddruck von 125 kg/qm und bei einer

Dachneigung von	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°
ein Betrag von	110	103	94	84	73	63	52	41	31	22 kg

rechtwinklig auf 1 qm der Dachfläche.

Bei Dachneigungen unter 25° genügt es in der Regel, den Winddruck durch einen Zuschlag zur senkrechten Belastung zu berücksichtigen; die wagerechte Seitenkraft darf vernachlässigt werden.

3. Die Gesamtbelastung der Dächer, bestehend aus Eigengewicht, Schnee- und Winddruck, für 1 qm der Horizontalprojektion kann angenommen werden

beim Glasdach	mit 10 bis 25° Neigung zu 125 bis 150 kg	
„ Schieferdach	„ 25 „ 45°	„ „ 150 „ 250 „
„ Ziegeldach	„ 30 „ 45°	„ „ 250 „ 300 „
„ Holzzementdach	zu . . . . . 275 „	

bei steilen Mansardendachflächen mit Schiefer- oder Ziegeldeckung von 45 bis 70° Neigung zu 300 bis 700 kg.

Bei Dächern über offenen Hallen ist auch ein von innen nach außen wirkender Winddruck von etwa 60 kg auf 1 qm rechtwinklig getroffener Fläche in Betracht zu ziehen.

Endlich ist noch in der Mitte der einzelnen Dachteile (Sparren, Pfetten, Sprosseneisen usw.) eine Nutzlast von 100 kg für einzelne, das Dach bei Wiederherstellungs- oder Reinigungsarbeiten betretende Personen anzunehmen.

**D. Zulässige Beanspruchung der Baustoffe.**

Die nachstehend unter b bis e angegebene untere Grenze der zulässigen Beanspruchung ist einzuhalten, wenn die statische Berechnung nicht mit voller Genauigkeit durchgeführt wird oder nicht genau durchgeführt werden kann. Mit den höheren Werten darf gerechnet werden, wenn einwandfreie statische Untersuchungen unter Annahme der stärksten Belastungen bei Berücksichtigung der denkbar ungünstigsten Umstände durchgeführt werden.

**a) Eisen.**

Die folgenden Angaben unter Ziffer 1 bis 3 beziehen sich auf Flußeisen; soll ausnahmsweise noch Schweißeisen verwendet werden, so sind die Beanspruchungen um 10 v. H. zu ermäßigen. Für altes, wieder zur Verwendung gelangendes Eisen ist die Beanspruchung je nach seiner Beschaffenheit noch weiter herabzusetzen.

1. Träger zur Unterstützung von Decken und Treppen dürfen auf Biegung höchstens mit 1200 kg/qcm beansprucht werden. Bei der Berechnung der Angriffsmomente ist die Stützweite, d. i. die Entfernung der Auflagermitten einzuführen.

Bei Nieten und gedrehten Schraubenbolzen darf die Scherspannung höchstens 1000 kg/qcm, der Lochleibungsdruck höchstens 2000 kg/qcm, bei gewöhnlichen Schraubenbolzen die Scherspannung höchstens 750 kg/qcm, der Lochleibungsdruck höchstens 1500 kg/qcm betragen.

2. Schmiedeeiserne Stützen dürfen mit 1200 kg/qcm, bei genauer Berechnung der durch ungünstige Laststellung (Winddruck, Einzellasten, z. B. Kranbahnträger u. dgl.) eintretenden größten Kantenpressung mit 1400 kg/qcm beansprucht werden. Sie müssen ferner nach der Eulerschen Formel mit fünffacher Sicherheit gegen Knicken berechnet werden ( $J_{\min} = 2,33 P l^2$ ). Als Knicklänge ist die Systemlänge einzuführen; stehen die Stützen in mehreren Geschossen übereinander und werden sie durch anschließende Deckenträger unverrückbar gehalten, so ist die Geschoßhöhe als Knicklänge ohne Rücksicht auf etwaigen Stoß in Deckenhöhe anzunehmen.

Maßgebend ist derjenige Fall, der den größten Querschnitt ergibt.

3. Dächer, Fachwerkwände, Träger zur Unterstützung von Wänden, Kranbahnträger u. dgl. dürfen in denjenigen Teilen, deren Querschnittgröße durch die ständige Last, die Nutzlast und den Schneedruck allein bedingt ist, mit 1200 kg/qcm beansprucht werden, während für diejenigen Teile, deren größte Spannung bei gleichzeitiger ungünstigster Wirkung der genannten Lasten und des Winddruckes eintritt, mit einer Beanspruchung des Eisens von 1400 kg/qcm gerechnet werden darf. Die Spannung von 1400 kg/qcm ist nur zulässig, wenn der Winddruck zu 150 kg/qcm angesetzt wird.

Die Spannung von 1400 kg/qcm darf ausnahmsweise bis zu 1600 kg/qcm bei Dächern gesteigert werden, wenn für eine den strengsten Anforderungen genügende Durchbildung, Berechnung und Ausführung volle Sicherheit gewährleistet erscheint.

Für die Berechnung der Träger zur Unterstützung von Wänden ist die Entfernung der Auflagermitten als Stützweite einzuführen.

Maßgebend ist derjenige Fall, der den größten Querschnitt ergibt.

Die Scherspannung der Niete und gedrehten Schraubenbolzen darf 1000 kg/qcm, der Lochleibungsdruck 2000 kg/qcm betragen.

Bei fachwerkartigen Bauteilen brauchen die sogenannten Neben- und Zwängungsspannungen nicht berücksichtigt zu werden.

Die nach der Eulerschen Formel zu berechnende Sicherheit der auf Druck beanspruchten Glieder muß im ungünstigsten Falle eine vierfache sein ( $J_{\min} = 1,82 P l^2$ ). Als Länge dieser Glieder ist die ganze Systemlänge einzuführen.

Anker dürfen nur mit 800 kg/qcm beansprucht werden.

4. Gußeisen darf in Lagern auf Druck mit 1000 kg, in anderen Bauteilen auf Druck mit 500, auf Biegung mit 250, auf Abscherung mit 200 kg/qcm beansprucht werden.

5. Stahlformguß darf auf Biegung mit 1200 kg/qcm,

6. Schmiedestahl auf Zug, Druck und Biegung bis zu 1400 kg/qcm beansprucht werden.

7. Gußeiserne Säulen sind nach der Eulerschen Formel mit sechs- bis achtfacher Sicherheit auf Knicken zu berechnen ( $J_{\min} = 6 P l^2$  bis  $8 P l^2$ ).

**b) Holz.**

Eichenholz:	Zug . . . . .	100 bis 120 kg/qcm
	Druck . . . . .	80 „ 100 „
	Biegung . . . . .	100 „ 120 „
	Abscherung parallel zur Faser . . . . .	15 „ 20 „
	Abscherung rechtwinklig zur Faser . . . . .	80 „ 90 „
Kiefernholz:	Zug . . . . .	100 „ 120 „
(astfrei)	Druck . . . . .	60 „ 80 „
	Biegung . . . . .	100 „ 120 „
	Abscherung parallel zur Faser . . . . .	10 „ 15 „
	Abscherung rechtwinklig zur Faser . . . . .	60 „ 70 „

Bei Bauten für vorübergehende Zwecke (Ausstellungshallen u. dgl.) dürfen die Zahlen um 50 v. H. erhöht werden.

Stützen müssen nach der Eulerschen Formel mit  $E = 100\,000$  kg/qcm eine sechs- bis zehnfache Sicherheit gegen Knicken besitzen ( $J_{\min} = 60 Pl^2$  bis  $100 Pl^2$ ). Die untere Grenze von  $J$  gilt aber nur für vorübergehende Bauten.

**c) Natürliche Bausteine.**

Bestimmte Mittelwerte für die Druckfestigkeit lassen sich bei der großen Verschiedenheit der Gesteine in den einzelnen Brüchen und dort wieder in den einzelnen Schichten und Lagen nicht angeben. Die Grenzwerte ergeben sich aus der unten angefügten Tabelle E.

Für Auflagersteine ist eine . . . . .	10 bis 15fache Sicherheit,
für Pfeiler und Gewölbe eine . . . . .	15 „ 20 „ „
für sehr schlanke Pfeiler und Säulen eine . . . . .	25 „ 30 „ „

anzunehmen.

Wenn keine Festigkeitsnachweise erbracht werden, wird empfohlen, folgende Werte nicht zu überschreiten:

Gesteinsart	Druckspannung in kg/qcm		
	Auflagersteine	Pfeiler und Gewölbe	Sehr schlanke Pfeiler u. Säulen
Granit . . . . .	60 bis 90	45 bis 60	25 bis 30
Sandstein . . . . .	30 „ 50	25 „ 30	15 „ 20
Kalkstein und Marmor . . . . .	30 „ 40	20 „ 30	12 „ 15

**d) Mauerwerk.**

Unter der Voraussetzung kunstgerechter und sorgfältiger Ausführung, sowie ausreichender Erhärtung des Mörtels sind folgende Druckbeanspruchungen zulässig:

Nr.	Bezeichnung des Mauerwerks	Zulässige Druckbeanspruchung in kg/qcm
1	Für gewöhnliches Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel mit dem Mischungsverhältnis von 1 Raumteil Kalk und 3 Raumteilen Sand . . . . .	bis 7
2	Für Mauerwerk aus Hartbrandsteinen in Kalkzementmörtel (1 R.-T. Zement, 2 R.-T. Kalk, 6 bis 8 R.-T. Sand) . . . . .	12 „ 15
3	Für Mauerwerk aus Klinkern in Zementmörtel (1 R.-T. Zement und 3 R.-T. Sand mit Zusatz von etwas Kalkmilch) . . . . .	20 „ 30
4	Für Mauerwerk aus porigen Ziegeln . . . . .	3 „ 6
5	Für Mauerwerk aus Schwemmsteinen von mindestens 20 kg/qcm Druckfestigkeit . . . . .	„ 3
6	Für Mauerwerk aus Kalksandsteinen in Kalkmörtel (1 R.-T. Kalk und 3 R.-T. Sand) . . . . .	„ 7
7	Für Mauerwerk aus Kalksandsteinen in Kalkzementmörtel (1 R.-T. Zement, 2 R.-T. Kalk, 6 bis 8 R.-T. Sand) . . . . .	12 „ 15
8	Für Bruchsteinmauerwerk in Kalkmörtel . . . . .	„ 5
9	Für Fundamentmauerwerk aus geschüttetem Beton . . . . .	6 „ 8
10	Für Fundamentmauerwerk aus gestampftem Beton . . . . .	10 „ 15

**e) Baugrund.**

Guter Baugrund darf mit 3 bis 4 kg/qcm beansprucht werden. Die Wahl darüber hinausgehender Beanspruchungen ist besonders zu begründen.

**E. Druckfestigkeit der gebräuchlichsten natürlichen Bausteine.**

Nr.	Gesteinsart	Druckfestigkeit in kg/qcm	Bemerkungen
<b>Granite</b>			
1	sehr feste polierbare . . . . .	1200 bis 2000	<b>Vorbemerkung.</b> Alle angegebenen Festigkeiten gelten bei Beanspruchung annähernd rechtwinklig zur Lagerfläche. <b>Zu 1 bis 7:</b> Höhere Druckfestigkeiten können angenommen werden, wenn sie im Einzelfalle nachgewiesen werden.
2	feste polierbare . . . . .	800 „ 1200	
3	wenig feste, wenig oder nicht polierbare . . . . .	450 „ 800	
4	Syenit . . . . .	800 „ 2000	
5	Porphyrt . . . . .	500 „ 2000	
6	Basalt . . . . .	1000 „ 2000	
7	Basaltlava . . . . .	300 „ 1500	

Nr.	Gesteinsart	Druckfestigkeit in kg/qcm	Bemerkungen
<b>Kalksteine</b>			
8	Marmor . . . . .	500 bis 1800	<b>Zu 8:</b> Bunt geadeter Marmor hat in der Nähe der Spaltrichtung keine in Betracht kommende Festigkeit. <b>Zu 8 bis 17:</b> Sofern die Steine nicht als völlig zuverlässig bekannt sind, ist reichliche Sicherheit zu wählen.
9	dicht . . . . .	200 „ 1600	
10	porig . . . . .	200 „ 600	
11	Tonschiefer (Bruchsteine) . . . . .	600 „ 1700	
<b>Sandsteine</b>			
12	sehr feste . . . . .	1500 „ 2000	Z. B. Grauwacken, Kohlensandsteine und Keupersandsteine.
13	feste . . . . .	1000 „ 1500	Z. B. Grauwacken, Kohlensandsteine, Keupersandsteine, Quadersandsteine, Buntsandsteine, Molassesandsteine u. Jurasandsteine.
14	mittelfeste . . . . .	600 „ 1000	Z. B. Grauwacken, Kohlensandsteine und Keupersandsteine, Quadersandsteine, Buntsandsteine, Molassesandsteine, Jurasandsteine, Hilssandsteine.
15	wenig feste . . . . .	200 „ 600	Z. B. Kohlensandsteine, Keupersandsteine, Quadersandsteine, Buntsandsteine, Molassesandsteine, Jurasandsteine u. Hilssandsteine.
<b>Tuff</b>			
16	feste . . . . .	300 „ 1500	Z. B. Kalktuffe.
17	wenig feste . . . . .	200 „ 300	Porphyrtuffe, Leuzittuffe und Bimssteintuff, sowie Kalktuffe.

## Berechnungsgrundlagen für die statische Untersuchung von Hochbauten.

Nr.	Gegenstand	Gewicht in kg/qm
<b>A. Eigengewichte von Zwischendecken und Dächern.</b>		
a) Decken.		
Holzbalkendecken bis 1 m Balkenabstand und 24/26 cm Balkenstärke:		
1	Balkenlage nur mit Fußboden . . . . .	70
2	Balkenlage mit halbem Windelboden und Fußboden ohne unteren Verputz . . . . .	220
3	Balkenlage wie vor, jedoch unterhalb verschalt und verputzt . . . . .	250
4	Balkenlage mit ganzem Windelboden, unterhalb mit Lehm verstrichen, mit Fußboden, ohne Deckenputz . . . . .	360
Gewölbe.		
5	Kappengewölbe aus vollen Ziegeln in $\frac{1}{2}$ St. Stärke, zwischen Trägern bis 2 m Spannweite, Abgleichung mit Koksasche bis zur Oberfläche des Gewölbes und Holzfußboden . . . . .	340
6	Kappengewölbe wie vor, jedoch mit Abgleichung bis zur Oberfläche der Lagerhölzer . . . . .	410
7	Kappengewölbe wie Nr. 5, jedoch aus Lochsteinen . . . . .	290
8	Kappengewölbe wie Nr. 6, jedoch aus Lochsteinen . . . . .	320
9	Kappengewölbe wie Nr. 5, jedoch aus Schwemmsteinen oder porigen Steinen . . . . .	250
10	Kappengewölbe aus Kiesbeton, sonst wie Nr. 5 . . . . .	320
Ebene Massivdecken.		
11	aus Beton, 6 cm stark, mit oder ohne Eiseneinlagen, mit 14 cm hoher Abgleichung von Koksasche und mit Holzfußboden . . . . .	290

Nr.	Gegenstand	Gewicht in kg/qm
12	aus Eisenbeton, 10 cm stark, mit Verstärkungen der Auflager, 5 cm Sandauffüllung, Estrich und Linoleum . . . . .	430
13	aus Schwemmsteinen, 12 cm stark, mit Eiseneinlagen, 10 cm Koksaschenauffüllung und Holzfußboden . . . . .	250
14	aus Schwemmsteinen mit Sandauffüllung, sonst wie Nr. 13 . . . . .	340
15	aus porigen Hohlziegeln, 10 cm hoch, mit Konsolauflegern, 5 cm Schlackenbetonauffüllung, Estrich, und Linoleum . . . . .	230
16	aus vollen Ziegeln, $\frac{1}{2}$ Stein stark, 10 cm Betonauftrag und Fliesen . . . . .	540
17	aus vollen Ziegeln, $\frac{1}{4}$ Stein stark, als unbelastete Decke ohne Überschüttung oder Fußboden . . . . .	130
18	aus porigen Hohlziegeln, 10 cm stark, ohne Eiseneinlagen, mit 10 cm Koksaschenauffüllung und Holzfußboden . . . . .	220
19	aus porigen Hohlziegeln, bis 13 cm hoch, sonst wie vor . . . . .	260

## b) Dächer.

(Gewichte für 1 qm Dachfläche.)

20	Einfaches Ziegeldach aus Biberschwänzen mit Latten und Sparren . . . . .	75
21	dasselbe, böhmisch gedeckt (in vollem Mörtelbett) . . . . .	85
22	Doppeldach aus Biberschwänzen mit Latten und Sparren . . . . .	95
23	dasselbe, böhmisch gedeckt . . . . .	115
24	Kronendach aus Biberschwänzen mit Latten und Sparren . . . . .	105
25	dasselbe, böhmisch gedeckt . . . . .	130
26	Pfannendach auf Lattung, aus kleinen holländischen Pfannen einschl. Latten und Sparren	80
27	dasselbe, aus großen Pfannen . . . . .	85
28	Pfannendach auf Stülpchalung mit Strecklatten, Dachlatten und Sparren . . . . .	100
29	Falzziegeldach einschl. Latten und Sparren . . . . .	65
30	Mönch- und Nonnendach mit Latten und Sparren . . . . .	100
31	dasselbe, böhmisch gedeckt . . . . .	115
32	Englisches Schieferdach auf Lattung, mit Latten und Sparren . . . . .	45
33	Englisches Schieferdach auf Schalung, mit Schalung und Sparren . . . . .	55
34	Deutsches Schieferdach auf Schalung und Pappunterlage, mit Schalung, Sparren und Pappe	65
35	dasselbe, jedoch aus kleineren Steinen (etwa 20 cm lang, 15 cm breit) . . . . .	60
36	Zinkdach in Leistendeckung einschl. Schalung und Sparren . . . . .	40
37	Kupferdach mit doppelter Falzung, mit Sparren und Schalung . . . . .	40
38	Einfaches Teerpappdach mit Schalung und Sparren . . . . .	35
39	Doppelpappdach mit Kiesüberzug, mit Schalung und Sparren . . . . .	55
40	Holzzementdach einschl. 7 cm Kiesdecke, Schalung und Sparren . . . . .	180
41	Holzzementdach auf Gewölbe, Abgleichung mit Koksasche, Zementestrich und 7 cm Kiesdecke . . . . .	520
42	Glasdach auf Eisensprossen, einschl. der Sprossen, bei 4 mm Glasdicke . . . . .	22
43	dasselbe, bei 5 bis 6 mm starkem Roh- oder Drahtglase . . . . .	30

**B. Eigengewichte von Baustoffen und Baukörpern.**

		kg/cbm
44	Erde, Sand, Lehm, naß . . . . .	2100
45	desgleichen, trocken . . . . .	1600
46	Kies, naß . . . . .	2000
47	Kies, trocken . . . . .	1700
48	Koksasche . . . . .	700

## Werkstücke und Quadermauerwerk aus

49	Granit, Basaltlava, Marmor . . . . .	2800
50	Kalkstein . . . . .	2500
51	Sandstein (schwerer Grauwacken- und Keupersandstein) . . . . .	2700
52	sonstigem Sandstein . . . . .	2400
53	Tuffstein . . . . .	1400

Nr.	Gegenstand	Gewicht in kg/cbm
54	Bruchsteinmauerwerk aus Granit . . . . .	2700
55	desgleichen aus Kalkstein, Sandstein, Tonschiefer u. dgl. . . . .	2500
Mauerwerk aus künstlichen Steinen und zwar aus		
56	Klinkern in Zementmörtel . . . . .	1900
57	Hartbrandziegeln in Kalkzementmörtel . . . . .	1800
58	Ziegelsteinen in Kalkmörtel . . . . .	1600
59	porigen Vollziegeln . . . . .	1100
60	Lochziegeln . . . . .	1300
61	porigen Lochziegeln . . . . .	1100
62	Schwemmsteinen . . . . .	1000
63	Kalksandsteinen . . . . .	1800
Beton aus		
64	Kies, Granitschotter u. dgl. . . . .	2200
65	Kies, Granitschotter u. dgl. einschl. Eiseneinlagen bei Eisenbeton. . . . .	2400
66	Ziegelschotter . . . . .	1800
67	Koks- oder Kohlschlacke oder Bimskies . . . . .	1000
Bauhölzer:		
68	Kiefer, lufttrocken . . . . .	650
69	Fichte „ . . . . .	550
70	Tanne, „ . . . . .	600
71	Eiche, „ . . . . .	900
Metalle:		
72	Gußeisen . . . . .	7250
73	Schweißeisen . . . . .	7800
74	Flußeisen . . . . .	7850
<b>C. Belastungen.</b>		<b>kg/qm</b>
75	Nutzlast in Wohngebäuden und kleineren Geschäftsgebäuden . . . . .	250
76	Nutzlast in Versammlungssälen, Unterrichtsräumen, Turnhallen, Warenhäusern, Fabriken, wenn nicht nach den vorliegenden Umständen größere Belastungen anzunehmen sind . . . . .	500
77	Nutzlast für Decken unter Durchfahrten und befahrenen Höfen, soweit nicht größere Einzellasten (Raddruck) zu erwarten sind . . . . .	800
78	Treppennutzlast . . . . .	500
79	In Lagerräumen ist die Nutzlast nach dem Eigengewicht der zu lagernden Stoffe und der Höhe der Lagerung zu ermitteln.	
80	Nutzlast in Dachbodenräumen städtischer Wohngebäude . . . . .	125
81	Schneedruck für 1 qm der Dachfläche . . . . . (Bei mehr als 50° Dachneigung braucht der Schneedruck nicht berücksichtigt zu werden.)	75
82	Winddruck für 1 qm rechtwinklig getroffener Fläche . . . . .	125
Gesamtbelastung der Dächer, bestehend aus Eigenlast, Schnee- und Winddruck für 1 qm der Horizontalprojektion:		
83.	Glasdach bei 10° Neigung . . . . .	125
84	desgleichen bei 25° Neigung . . . . .	150
85	Schieferdach bei 25° Neigung . . . . .	150
86	desgleichen bei 45° Neigung . . . . .	250
87	Ziegeldach bei 30° Neigung . . . . .	250
88	desgleichen bei 45° Neigung . . . . .	300
89	Holzementdach auf Holzsparren usw. . . . .	275
90	Steile Mansardendachflächen mit Schiefer- oder Ziegeldeckung bei 45° Neigung . . . . .	300
91	Dieselben bei 70° Neigung . . . . .	700

Nr.	Gegenstand	Zulässige Beanspruchung in kg/qcm				
		Zug	Druck	Bie- gung	Ab- sche- rung	Loch- lei- bungs- druck
<b>D. Zulässige Beanspruchung der Baustoffe.</b>						
92	Flußeisen in Trägern zur Unterstützung von Decken und Treppen . . . . . Als Stützlänge ist die Entfernung zwischen den Auflagermitten anzunehmen.	1200	1200	1200	1000	2000
93	Flußeisen in Stützen . . . . .	1200	1200	1200	1000	2000
94	Flußeisen in Stützen bei genauer Berechnung der unter den ungünstigsten Umständen auftretenden Kantenpressung Zu Nr. 93 und 94: Die Berechnung auf Knicken hat nach der Formel $J_{\min} = 2,33 Pl^2$ zu erfolgen. Als Knicklänge gilt die ganze Systemlänge, bei übereinanderstehenden, allseitig durch Deckenträger ausgesteiften Stützen die Geschoßhöhe.	1400	1400	1400	1000	2000
95	Flußeisen in Dächern, Fachwerkwänden, Trägern zur Unterstützung von Wänden, Kranbahnträgern, wenn die Querschnittgröße durch Eigenlast, Nutzlast und Schneedruck allein bedingt ist . . . . .	1200	1200	1200	1000	2000
96	Flußeisen in denselben Bauteilen, wenn die größte Spannung bei gleichzeitiger ungünstigster Wirkung von Eigenlast, Nutzlast, Schneedruck und Winddruck von 150 kg/qm eintritt . . . . .	1400	1400	1400	1000	2000
97	Ausnahmsweise darf bei Dächern, wenn für eine den strengsten Anforderungen genügende Durchbildung, Berechnung und Ausführung volle Sicherheit gegeben ist, für den Fall der Nr. 96 die Spannung betragen bis . Zu Nr. 95 und 96: Für Träger zur Unterstützung von Wänden gilt die Entfernung der Auflagermitten als Stützweite. Druckglieder sind nach der Formel $J_{\min} = 1,82 Pl^2$ auf Knicken zu berechnen; als Knicklänge gilt die Systemlänge. Zu Nr. 93 bis 97: Maßgebend ist stets derjenige Fall, der den größten Querschnitt ergibt.	1600	1600	1600	—	—
98	Flußeisen in Anker . . . . .	800	—	—	—	—
99	Für Schweißisen sind die in Nr. 92 bis 96 für Flußeisen angegebenen Werte überall um 10 v. H. zu ermäßigen. Noch weiter herabzusetzen ist die Beanspruchung von altem, wieder zur Verwendung gelangendem Eisen je nach seiner Beschaffenheit.	—	—	—	—	—
100	Gußeisen in Auflagern . . . . .	—	1000	—	—	—
101	Gußeisen in Säulen . . . . . Die Berechnung der gußeisernen Säulen auf Knicken hat nach der Formel $J_{\min} = 8 Pl^2$ zu geschehen.	—	500	250	200	—
102	Stahlformguß . . . . .	—	—	1200	—	—
103	Schmiedestahl . . . . .	1400	1400	1400	—	—
104	Eichenholz . . . . .	100	80	100	15 parallel 80 rechtwinklig zur Faser	—
105	Kiefernholz . . . . .	100	60	100	10 parallel 60 rechtwinklig zur Faser	—
106	Granit in Auflagersteinen . . . . .	—	60	—	—	—
107	Granit in Pfeilern und Gewölben . . . . .	—	45	—	—	—
108	Granit in sehr schlanken Pfeilern und Säulen . . . . .	—	25	—	—	—
109	Sandstein in Auflagersteinen . . . . .	—	30	—	—	—
110	Sandstein in Pfeilern und Gewölben . . . . .	—	25	—	—	—
111	Sandstein in sehr schlanken Pfeilern und Säulen . . . . .	—	15	—	—	—
112	Kalkstein und Marmor in Auflagersteinen . . . . .	—	30	—	—	—

Nr.	Gegenstand	Zulässige Beanspruchung in kg/qcm				
		Zug	Druck	Bie- gung	Ab- sche- rung	Loch- lei- bungs- druck
113	Kalkstein und Marmor in Pfeilern und Gewölben . . .	—	20	—	—	—
114	Kalkstein und Marmor in sehr schlanken Pfeilern und Säulen . . . . .	—	12	—	—	—
115	Mauerwerk aus gewöhnlichen Ziegeln in Kalkmörtel (1 R.-T. Kalk und 3 R.-T. Sand) . . . . .	—	bis 7	—	—	—
116	Mauerwerk aus Hartbrandziegeln in Kalkzementmörtel (1 R.-T. Zement, 2 R.-T. Kalk, 6 bis 8 R.-T. Sand) . .	—	12 bis 15	—	—	—
117	Mauerwerk aus Klinkern in Zementmörtel (1 R.-T. Zement, 3 R.-T. Sand mit Zusatz von etwas Kalkmilch) . . .	—	20 bis 30	—	—	—
118	Mauerwerk aus porigen Ziegeln . . . . .	—	3 bis 6	—	—	—
119	Mauerwerk aus Schwemmsteinen von mind. 20 kg/qcm Druckfestigkeit . . . . .	—	bis 3	—	—	—
120	Mauerwerk aus Kalksandsteinen in Kalkmörtel wie Nr. 115	—	bis 7	—	—	—
121	Mauerwerk aus Kalksandsteinen in Kalkzementmörtel wie Nr. 116 . . . . .	—	12 bis 15	—	—	—
122	Bruchsteinmauerwerk in Kalkmörtel . . . . .	—	bis 5	—	—	—
123	Fundamentmauern aus geschüttetem Beton . . . . .	—	6 bis 8	—	—	—
124	Fundamentmauern aus gestampftem Beton . . . . .	—	10 bis 15	—	—	—
125	Guter Baugrund . . . . .	—	3 bis 4	—	—	—

Bemerkung. Die höheren Werte bei den Nrn. 115 bis 125 dürfen nur verwendet werden, wenn einwandfreie statische Untersuchungen unter Annahme der stärksten Belastungen bei Berücksichtigung der denkbar ungünstigsten Umstände durchgeführt werden.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Alphabetisches Sachregister.

Abbeizmittel 225.  
Abflußröhren 249.  
Abrichtmaschinen 207.  
Abschneidemaschinen 206.  
Abschneidetisch f. Ziegelmaschinen 16.  
Ahorn 210.  
Akazie 210.  
Andesit 119.  
Anhydrit 93, 126.  
Antikglas 217.  
Anstreicherarbeiten 220ff.  
Apfelbaum 210.  
Aquacert 227.  
Asbeststeine 52.  
Asbestzementschiefer 204.  
Asphalt 83ff.  
Asphaltestrich 231.  
Asphalt, künstlicher 86.  
Asphalt Mastix 85.  
Asphaltplatten 230.  
Augit 92.  
Augitgesteine 116.  
  
**B**  
Baggermaschinen 4.  
Bandsäge 147, 206.  
Basalt 119.  
Baumsäge 145.  
Beanspruchung der Baustoffe 271.  
Beizen des Holzes 208.  
Belastungen 270.  
Bessemervverfahren 157.  
Biberschwänze 190.  
Birke 210.  
Birnbaum 210.  
Bitumen 83.  
Blei 181ff.  
Bleiabflußrohr 257.  
Bleiblech 182.  
Bleiglanz 181.  
Blindfußboden 226.  
Bohnerz 151.  
Bohrmaschinen für Holz 208.  
Bohrmaschinen für Werksteine 108.  
Bossierhammer 105.  
Brauneisenstein 151.  
Breccien 121.

Bronze 183.  
Bronzen (Farben) 221.  
Bruchzoll 105.  
Buche 209.  
  
**C**  
Caseinfarben 221.  
Chemische Farben 223.  
Chloritschiefer 133.  
  
**D**  
Dachdeckerarbeiten 184ff.  
Dachpappenpfanne 187.  
Dachschiefer 199ff.  
Dachschieferformen 202.  
Dachziegel 190.  
Deckensteine 39.  
Dekupiersäge 206.  
Desintegrator 66.  
Deutscher Ofen 24.  
Diabas 115.  
Dicktenhobelmaschine 208.  
Dielenfußboden 226.  
Dinassteine 44.  
Diorit 115.  
Dolerit 119.  
Dolomit 92, 131.  
Doppelwalzwerk 11.  
Drahtglas 217.  
Drehbänke für Werksteine 108.  
Drehrohfen 69ff.  
Drehwuchs des Holzes 140.  
Druckfestigkeit natürlicher Bausteine 273.  
Dübelsteine 45.  
  
**E**  
Ebenholz 211.  
Edeltanne 150.  
Eiche 150.  
Eigengewichte der gebräuchlichsten Baustoffe und Baukörper 269.  
Eigengewichte von Zwischendecken und Dächern 258.  
Eimerbagger 4.  
Eisen 151ff.  
Eisenerze 126, 151.  
Eisenglanz 93, 151.  
Eisenkies 93.  
Eisenklinker 35.

Eisenportlandzement 63  
Eklogit 134.  
Elektrolytglas 218.  
Else 209.  
Emaillifarben 221.  
Engobierte Steine 37.  
Erdfarben 222.  
Erle 209.  
Eruptivgesteine 112.  
Esche 210.  
Espe 209.  
Estriche 231.  
Estrichgips 243.  
Eternit 204.  
  
**F**  
Falzziegel 193ff.  
Falzziegelpresse 194ff.  
Farbanstriche 220ff.  
Farbstoffe 222.  
Feldspate 92.  
Fensterglas 216.  
Feuerfeste Farben 221.  
Feuerfeste Steine 40.\*  
Feuerschutz des Eisens 167.  
Fichte 150  
Filzplatten 53.  
Firniss 222.  
Firstziegel 197.  
Fliesen für Fußböden 228.  
Fliesen für Wandbekleidung 239.  
Flußeisens 155, 164.  
Föhre 149.  
Formsteine 35.  
Fräsmaschinen für Holz 207.  
Fräsmaschinen für Werksteine 108.  
Fußbodenbeläge 225.  
  
**G**  
Gabbro 115.  
Galmei 180.  
Gasleitungen 248.  
Gasringofen 30.  
Gesteine, Entstehung, Einteilung, Lagerung 89ff.  
Gewinderöhre 248.  
Gips 93, 126.  
Gipsdielen 44.  
Gipsestrich 232.

Gipskocher 242.  
 Gipsmarmor 245.  
 Gipsmörtel 55.  
 Gipsöfen 244.  
 Gipsstein 240.  
 Gipssteine 43.  
 Gipszemente 245.  
 Glas 211 ff.  
 Glasarten 213, 216.  
 Glasbausteine 51 ff.  
 Glaserarbeiten 211 ff.  
 Glaserkitt 220.  
 Glasfliesen 239.  
 Glashafen 213.  
 Glasierte Steine 37.  
 Glasprismen 218.  
 Glimmer 92.  
 Glimmerschiefer 133.  
 Gneis 133.  
 Granit 112.  
 Granitporphyr 117.  
 Gratziegel 197.  
 Grauwacke 123.  
 Greifbagger 6.  
 Grünspan 182.  
 Gudron 86.  
 Gußasphalt 85, 231.  
 Gußeisen 155, 162.

**H**artblei 182.  
 Hartglas 219.  
 Hartholz 151.  
 Hartlot 184.  
 Hausschwamm 140.  
 Heizungsanlagen 246.  
 Herzziegel 195.  
 Hickoryholz 151.  
 Hintermauerungssteine 30 ff.  
 Hobelmaschine 208.  
 Hochofen 152.  
 Hoffmannscher Ringofen 26 ff.  
 Holz 134 ff.  
 Holzarten 209 ff.  
 Holzfußböden 225.  
 Holzpaneel 238.  
 Holzschindeldach 185.  
 Holzzementdach 189.  
 Hornblende 92.  
 Hornblendeschiefer 133.  
 Hydraulische Kalke 63 ff.

**I**solierpappe 86.

**J**akarandaholz 211.  
 Jarrahholz 151.

**K**acheln 246.  
 Kachelöfen 246.  
 Kalkmörtel 55 ff.  
 Kalköfen 57 ff.  
 Kalköfen, Rüdersdorfer 58.

Kalksanddachziegel 198.  
 Kalksandsteine 46.  
 Kalkspat 92.  
 Kalksteine 55, 127.  
 Kanalöfen 30.  
 Kaolin 1.  
 Karriholz 151.  
 Kasseler Flammöfen 25.  
 Kastanie 210.  
 Kathedralglas 217.  
 Kehlziegel 198.  
 Kettenbagger 4.  
 Kiefer 149.  
 Kienöl 222.  
 Kies 79.  
 Kieselgesteine 127.  
 Kirschbaum 210.  
 Kitt 220.  
 Klempnerarbeiten 180.  
 Klinker 35.  
 Knochenleim 221.  
 Kollergang 11 ff.  
 Konglomerate 121.  
 Korkplatten 51.  
 Korksteine 50.  
 Kreide 129.  
 Kreissäge für Holz 146, 206.  
 Kreissäge für Werksteine 108.  
 Krepptiegel 192.  
 Kugelmühle 67.  
 Kunsttuffsteine 49.  
 Kupfer 182.  
 Kupferblech 182.  
 Kupferglanz 182.  
 Kupferkies 182.

**L**acke 224.  
 Lärche 150.  
 Lava 120.  
 Lederleim 221.  
 Legierungen 183.  
 Lehmestrich 231.  
 Lehmörtel 54.  
 Lehmsteine 43.  
 Leichtsteine 44.  
 Leim 221.  
 Leimfarben 220.  
 Leinöl 222.  
 Leinölfirnis 222.  
 Linde 210.  
 Linoleum 234.  
 Liparit 118.  
 Löten 184.  
 Lötöl 184.  
 Lötwasser 184.  
 Lötzinn 184.  
 Luftmörtel 54.

**M**agerungsmittel 2.  
 Magnesiakunststeine 50.  
 Magnesiazement 55.

Magnetitsteine 42.  
 Magneteisen 93.  
 Magneteisenstein 151.  
 Mahagoni 211.  
 Mahlgang 67.  
 Markstrahlen 135.  
 Marmor 129.  
 Martin-Siemens-Verfahren 159.  
 Meiler für Ziegelbrand 23.  
 Melaphyr 118.  
 Messing 183.  
 Metallarbeiten 180.  
 Metalllegierungen 183.  
 Mineralfarben 221.  
 Minette 151.  
 Mischleim 221.  
 Mönch- und Nonnenziegel 193.  
 Mondglas 215, 217.  
 Mörtel 53 ff.  
 Mörtelmischmaschine 81.  
 Muffenrohre 249.  
 Münchener Ofen 23.  
 Muschelkalkstein 128.

**N**aßfäule 140.  
 Normalprofile für Verbandholz 148.  
 Normalprofile für Walzeisen 174 ff.  
 Normen für Portlandzement 73 ff.  
 Nußbaum 210.

**Ö**l 222.  
 Ölfarben 221.  
 Olivin 92, 116.  
 Opaleszentglas 217.  
 Ornamentglas 217.

**P**aketziegel 191.  
 Palisander 211.  
 Pappdach 186.  
 Pappel 209.  
 Pappel, amerik. 211.  
 Pappfanne 187.  
 Parkettfußboden 227.  
 Pechkiefer 150.  
 Pendelsäge 206.  
 Pfannenziegel 192.  
 Pflaumenbaum 210.  
 Phonolith 119.  
 Pitch-pine 150.  
 Plattenbeläge 228.  
 Polieren des Holzes 208.  
 Polieren von Steinen 106.  
 Poliermaschinen für Werksteine 108.  
 Poröse Steine 39.  
 Porphyr 116.  
 Porphyrit 118.  
 Portlandzement 64.  
 Porzellanerde 1.  
 Prismenglas 218.

- Prüfung von Eisenkonstruktionen 168 ff.  
 Puddelverfahren 156.  
 Putz 236.  
 Puzzolanmörtel 62.
- Quarz** 91.  
 Quarzit 127.  
 Quarzschamottsteine 41.
- Raseneisenstein** 151.  
 Rauchwacke 132.  
 Rhyolith 118.  
 Riemenfußboden 226.  
 Ringofen für Ziegel 26.  
 Rogenstein 151.  
 Roheisen 155.  
 Rohgips 240.  
 Rohglas 217.  
 Rohrdach 185.  
 Romanzement 64.  
 Rosettenkupfer 182.  
 Rostschutz des Eisens 167.  
 Rotbuche 209.  
 Roteisenstein 93, 151.  
 Rotfäule 140.  
 Rotguß 183.  
 Rotkupfererz 182.  
 Rottanne 150.  
 Ruberoidpappe 87.  
 Rüter 209.
- Sägewerk 147.  
 Sammelheizung 247.  
 Sand 79.  
 Sandstein 123.  
 Sandtrockenmaschine 186.  
 Santorinerde 63.  
 Schachtofen 59.  
 Schamottsteine 41.  
 Scharriereisen 107.  
 Scheibenkupfer 182.  
 Scheuerleisten 227.  
 Schieferdach 199 ff.  
 Schlackensteine 49.  
 Schlackenzement 63.  
 Schleifmaschinen für Werksteine 108.  
 Schmiedeeisen 155.  
 Schürscheiben 110.  
 Schwamm 140.  
 Schwarzerle 209.  
 Schwarzkupfer 182.  
 Schwefelerze 126.  
 Schwefelkies 93, 152.  
 Schwemmsteine 48.  
 Schwerbenzin 222.  
 Schwindmaß des Tones 2.  
 Sedimentgesteine 120.
- Segerkegel 3.  
 Serpentin 134.  
 Sichelleim 221.  
 Silbertanne 150.  
 Silikasteine 41.  
 Silikatfarben 221.  
 Spateisenstein 151.  
 Spiegelglas 217.  
 Spitzhammer 105.  
 Stabfußboden 226.  
 Stahl 160.  
 Stammbretter 226.  
 Stampfasphalt 231.  
 Stanniol 183.  
 Steinbearbeitungsmaschinen 108.  
 Steinbrecher 66.  
 Steinbrüche 101.  
 Steinholzstrich 233.  
 Steinholzplatten 230.  
 Steinmetzwerkzeuge 104.  
 Steinplatten als Fußböden 230.  
 Steinplatten als Wandbekleidung 239.  
 Steinsägen 108.  
 Steinsalz 126.  
 Stoffe zur Wandbekleidung 237.  
 Strangfalzziegel 197.  
 Streichform für Ziegel 13.  
 Streichtisch 13.  
 Strohdach 185.  
 Stuckarbeiten 240.  
 Stuckmarmor 245.  
 Stukkolustro 245.  
 Sumpf für Tone 7.  
 Syenit 114.  
 Syenitporphyr 117.
- Talkschiefer 133.  
 Tanne 150.  
 Tapeten 237.  
 Teakholz 151.  
 Temperguß 160.  
 Terpentinöl 222.  
 Terrakotten 38.  
 Terrazzoplatten 229.  
 Tischlerarbeiten 204 ff.  
 Tonfliesen für Fußböden 228.  
 Tonfliesen f. Wandbekleidung 239.  
 Tonlager 1 ff.  
 Tonplatten 228.  
 Tonrohrherstellung 42.  
 Tonrohrleitungen 258.  
 Tonschiefer 123, 199.  
 Tonschneider 7 ff.  
 Tonsteine gebr. 1.  
 Tonstrangpresse 13 ff.  
 Torfsteine 53.  
 Trachyt 119.
- Traßmörtel 62.  
 Trinidadepuré 84.  
 Trockenfäule 140.  
 Trockenschuppen für Ziegel 21.  
 Trümmergesteine 121.  
 Tuffe 122.
- Ulme 209.  
 Universalwalzwerk 165.
- Vacapouholz 151.  
 Verbandsrohre 247.  
 Verblender 35.  
 Vollgatter 147.  
 Vulkanische Gesteine 116.
- Wachsfarben 221.  
 Walmspitze 198.  
 Walzenstraßen 165.  
 Walzwerk 9 ff.  
 Wandbekleidungen 236.  
 Wannenofen 214.  
 Wasserleitungen 248.  
 Wassermörtel 61.  
 Weißbleierz 181.  
 Weißbuche 210.  
 Weißerle 209.  
 Weißer Zement 237.  
 Weißfäule 140.  
 Weißmessing 183.  
 Weißtanne 150.  
 Wurmfraß 143.
- Zeitalter der Erde 90.  
 Zementdielen 45.  
 Zementestrich 232.  
 Zementieren des Eisens 161.  
 Zementkunststeine 44.  
 Zementplatten 229.  
 Zementschachtofen 68.  
 Zementziegel 199.  
 Ziegeldach 190.  
 Ziegelformate 32 ff.  
 Ziegelmaschinen 18 ff.  
 Ziegelpresse 14 ff.  
 Zink 180 ff.  
 Zinkblech 181.  
 Zinkblechlehre 181.  
 Zinkblende 180.  
 Zinkspat 180.  
 Zinn 183.  
 Zinnkrebis 183.  
 Zinnstein 183.  
 Zusammenstellung des Bedarfs an Steinen und Mörtel usw. 82.  
 Zusammenstellung von Dachdeckungsstoffen 203.

VERLAG VON OTTO SPAMER IN LEIPZIG

## **Kostenberechnungen für Hochbauten.**

Begründet von **C. Schwatlo**. 16. gänzlich umgearb. u. vermehrte Auflage.  
Bearbeitet u. herausg. v. Stadtbauinspektor **H. Winterstein**, Charlottenburg.  
Über 900 Seiten Lexikonformat. Geb. M. 25.—.

### **Inhaltsübersicht:**

- I. Kostenüberschläge von Hochbauten.** Kostenüberschläge nach Nutzeinheiten — Kostenüberschläge nach bebauter Fläche und umbautem Raum — Besondere Einflüsse auf die Baukosten — Überschlägliche Kostenangaben von einzelnen Gebäudegattungen.
- II. Einzelpreise.** Fuhr- und Frachtkosten — Erdarbeiten — Maurerarbeiten — Maurerbaustoffe — Zementarbeiten — Steinmetzarbeiten — Zimmerarbeiten — Schmiede- und Eisenarbeiten — Dachdeckerarbeiten — Klempnerarbeiten — Sonstige Rohbauarbeiten — Ausbau in Putz und Stein — Ausbau in Holz — Ausbau in Metall — Ausbau in Glas — Anstrich- und Malerarbeiten — Klebe- und Spannarbeiten — Heiz-, Kühl- und Lüftungsanlagen — Wasseranlagen, Aborte — Beleuchtungsanlagen — Kraft- und Meldeanlagen — Nebenanschlüsse — (Grundstückskosten — Geländeherrichtungskosten — Betriebsanlagen außerhalb der Gebäude — Kosten für lose Einrichtungsgegenstände — Baubetriebskosten).

### **Aus den Besprechungen:**

**Zentralblatt der Bauverwaltung:** Für die notwendig gewordene Umarbeitung des altbekannten und bewährten „Schwatlo“ hat auf eine Anfrage hin der Vorstand des Berliner Architektenvereins den Verfasser vorgeschlagen; *nach dem vorliegenden übersichtlichen, eingehend und gewissenhaft durchgearbeiteten Werk kann die Wahl als eine sehr glückliche bezeichnet werden . . .* Im einzelnen ist die Durcharbeitung *überaus gründlich, klar*, in gutem Deutsch geschrieben und ohne die besonders bei den technischen Bedingungen üblichen Längen.

**Der Profanbau:** Das Werk muß, in seiner neuen Bearbeitung noch mehr als die früheren Auflagen, als *eine ganz vorzügliche Unterlage für das Veranschlagen* bezeichnet werden, und zwar nicht allein etwa für den Anfänger, sondern *auch für den mit der Sache vollständig Vertrauten*. Sein Inhalt ist derart umfänglich, zweckmäßig und gut gegliedert, daß das Werk als *ein vorzügliches Lehrbuch für Veranschlagung von Hochbauten* empfohlen werden kann.

**Deutsche Bauhütte:** Selten wohl hat ein Bauhandbuch eine solche große Verbreitung erhalten wie Schwatlos Werk, das im Bücherregal jeder großen Baustube zu finden ist. Nun liegt es in einer vollkommen neuen Bearbeitung vor, und seine bewährte Zuverlässigkeit zeigt sich in jedem Abschnitte, die auch die entferntesten Arbeitszweige für das gesamte Baugewerbe in höchst eingehender Weise berücksichtigen. Die ganze textliche Behandlung der Frage der Kostenüberschläge ist sowohl im allgemeinen als bezüglich der besonderen Einflüsse auf die Baukosten und der einzelnen Gebäudegattungen sorgfältig und orientiert ohne weiteres. Insofern ist das Buch namentlich für den jüngeren Kollegen eine Fundgrube, die ihm über alles zuverlässige Angaben verschafft.

Eine wertvolle Ergänzung zum „Schwatlo“ bildet:

## **Kostenüberschläge für Hochbauten.**

Mit Kostenangaben ausgeführter Gebäude aller Art. Herausg. v. **Hans Winterstein**, Stadtbauinspektor. Etwa 400 Seiten Lexikonformat. Geb. M. 14.—.

### **Aus den Besprechungen:**

**Zentralblatt der Bauverwaltung:** Das Buch zeigt in manchen Einzelheiten die unvermeidlichen Mängel der Erstbearbeitung eines so gewaltigen Stoffes; es ist aber trotzdem schon in der vorliegenden Form *ein durchaus brauchbares Hilfsmittel* im ersten Abschnitt der Entwurfsbearbeitung. *Hoffentlich bürgert es sich besonders in kleineren Verwaltungen ein*, wo es zu einer angemessenen Schätzung des Aufwandes für geplante Bauten die besten Dienste leisten kann.

**Der Profanbau:** Wer die richtigen Lehren aus dem verdienstvollen Werke zu ziehen versteht, dem *werden die Irrtümer und Enttäuschungen erspart bleiben*, die bei der üblichen Vernachlässigung der statistischen Grundlagen des Bauwesens sehr zum Schaden von Architekt und Bauherrn ständig auf der Tagesordnung zu sein pflegen.

## Kostenberechnungen für Ingenieurbauten

Begründet v. **Georg Osthoff**. 6. gänzlich umgearb. u. verm. Aufl. Neu herausg. v. Reg.- u. Baurat **Scheck** u. Mitwirkung v. Reg.-Baumstr. H. Birnbaum-Berlin; Assessor Brüll-Neiße; Prof. M. Buhle-Dresden; M. Busch-Berlin; Stadtbauinsp. a. D. Max Knauff-Charlottenburg; Reg.-Baumstr. a. D. O. Kohlmorgen-Berlin; Reg.-Baumstr. Leschinsky-Berlin; Geh. Hofrat Prof. Lucas-Dresden; Reg.-Baumstr. Prohl-Berlin; Reg.-Baumstr. Przygode-Konstantinopel; Obering. Rühle-Friedenau; Ziviling. Ernst Walther-Berlin; Meliorat.-Bauinsp. Wichmann-Erfurt; Baurat Ziegler-Clausthal; Wasserbauinsp. Zimmermann-Lingen. Ca. 900 Seit. Lexikonformat. Geb. M. 25.—.

### Inhaltsübersicht:

1. Erdbau, 2. Uferbau, 3. Gründungen, 4. Brückenbau, 5. Städtischer Straßenbau, 6. Bau der Landstraßen, 7. Fluß- und Kanalbau, 8. Melioration, 9. Talsperren, 10. Städtischer Tiefbau (Gaswerke, Wasserwerke, Stadtentwässerungen), 11. a) Klein- u. Nebenbahnen, b) Straßenbahnen (elektrisch betriebene), 12. Bauausführungen in Beton und Eisenbeton, 13. Hebe-, Förder- und Lagermittel, 14. Tunnelbauten, 15. Elektrotechnik.

### Aus den Besprechungen:

**Zentralblatt der Bauverwaltung** (Prof. H. Engels-Dresden): . . . Wir müssen es uns versagen, auf Einzelheiten einzugehen, können aber nach sorgfältiger Durchsicht des Buches sagen, daß es in ausgezeichnete Weise dem Bauingenieur die Unterlagen gibt, nach denen er die Selbstkosten einer Unternehmung selbständig berechnen kann. Nicht nur der erfahrene Baumeister, sondern namentlich auch der in die Praxis eintretende Anfänger wird das Werk als ein *unentbehrliches Handbuch* schätzen lernen.

**Technisches Gemeindeblatt**: An der Hand dieses Werkes läßt sich unter Berücksichtigung der angegebenen Arbeitszeiten, der Löhne, des Arbeitsaufwandes für die einzelnen Bauausführungen und der Beförderungskosten der Baustoffe und Geräte ohne weiteres für jeden Ort der Preis des Baues berechnen. Und deshalb sollte dieses mit großer Sorgfalt ausgearbeitete, zuverlässige Werk auf keinem Bureau für Ingenieurbauten fehlen und auch von den Lehrern technischer Lehranstalten dem Unterricht des Veranschlagens zugrunde gelegt werden.

## Wasserbau - Entwürfe.

Für Studierende an techn. Hoch- u. Mittelschulen, f. d. Gebrauch in d. Praxis und z. Selbstunterricht. Von Prof. **C. Schiffmann**, Bauing. u. Oberlehrer a. Technikum d. freien Hansestadt Bremen. 50 Blatt m. Text u. 12 i. d. Text gedr. Abb. M. 12.—.

### Verzeichnis der in den 50 Tafeln enthaltenen Entwürfe:

Stromkarte, Stationierung, Peilung — Peilstöcke, Pegel, gußeiserne Pegelzahlen — Aufnahme eines Lageplanes und von Querprofilen der Ochtum oberhalb Wahrdamm b. Bremen — Aufnahme eines Längenprofils der Ochtum oberhalb Wahrdamm b. Bremen — Uferschutz — Bauwerke zur Verbesserung von Flußläufen; Lagepläne — Bühne — Konstruktion der Flußregulierungswerke — Pfähle, Spundwände, Rammringe, Pfahl- und Spundbohlenschuhe — Einzelteile für Eisenkonstruktionen — Hölzerne einfache Bohlwerke — Hölzerne einfache und aufgesetzte Bohlwerke — Großes hölzernes Bohlwerk. Doppelbohlwerk — Hölzerne Ladebühne mit eisernem Kran — Bohlwerk aus Eisen u. Stein mit Holzterrasse — Bohlwerk aus Eisen u. Stein mit Steintreppe — Bohlwerk aus Eisen u. Stein mit Steintreppe und Eisenbeton-Ankerplatten — Bohlwerke ganz aus Eisen — Ufermauer auf Schwellrost an stehendem Gewässer — Hafenmauer auf Pfahlrost an stehendem Gewässer — Ufermauer auf Beton an stehendem oder fließendem Gewässer — Ufermauer auf Eisenbeton mit freitragender Treppe an stehendem Gewässer — Hafenmauer auf Pfahlrost an stehendem oder fließendem Gewässer — Hafenmauer auf Betonpfahlrost an stehendem oder fließendem Gewässer (2 Blätter) — Hafenmauer auf Steinschüttung und Beton an stehendem Gewässer — Hafenmauer auf Senkbrunnen an stehendem oder fließendem Gewässer (2 Blätter) — Deiche — Hölzerne Deichschart (Deichdurchfahrt) — Deichdurchfahrt aus Mauerwerk — Einzelteile zur Deichdurchfahrt — Schiffahrtskanäle (2 Blätter) — Schiffahrtskanäle. Unterführung eines Baches — Stauanlagen. Massives gekrümmtes Wehr — Massives Stufen- und Dammbalkenwehr — Massives gekrümmtes Wehr mit Schütze (Grundablaß) — Massives Dammbalkenwehr mit gewölbter Brücke — Hölzerne Klappstau für einen kleinen Schiffahrtskanal oder zur Schiffbarmachung eines kleinen Flusses — Nadelwehr mit massiven Pfeilern — Talsperre aus Erde — Gußeiserner Wasserabsperrschieber — Hölzernes Siel im Winterdeich — Gewölbtres Siel im Sommerdeich — Röhrensiel aus Beton und Mauerwerk im Winterdeich — Gemauertes Röhrensiel im Winterdeich — Gußeisernes Hebersiel im Winterdeich — Kanalschleuse oder Flußschleuse (Kammerschleuse) — Doppelte Schutzschleuse in einem Seedeich.

VERLAG VON OTTO SPAMER IN LEIPZIG

## Bücher von C. Scharowsky

weiland Regierungsbaumeister und Zivilingenieur in Berlin

### Musterbuch für Eisenkonstruktionen.

Herausg. im Auftrag des Vereins Deutscher Eisen- u. Stahlindustrieller. 4. Auflage. Unter Benützung von Vorarbeiten von C. S. neu bearbeitet u. wesentl. erweitet von **R. Kohnke**, Professor a. d. Technischen Hochschule Danzig. Folioformat. Mit zahlreichen Abbildungen und 42 Tafeln. Geheftet M. 12.—, geb. M. 14.—.

„... Das vorliegende Werk ist eines derjenigen Bücher, die heute in keinem technischen Bureau fehlen dürfen und mit der Zeit ein unentbehrliches Hilfsmittel für den Eisenkonstruktionsingenieur geworden sind. Die ungeheure Mühe und Arbeit, welche durch seine Benützung gespart wird, steht in gar keinem Verhältnis zu dem geringen Anschaffungspreis...“ (Eisenbeton.)

„Das bekannte „Musterbuch“ liegt in der vierten Auflage vor. Es hat sich für die Entwurfsarbeiten der Hochbaumeister bewährt. Das Buch wird in der neuen Bearbeitung den Kreis seiner Freunde vermehren. Wer es einmal bei der Arbeit erprobt hat, wird seine Zuverlässigkeit und seinen zeitsparenden Nutzen wertschätzen.“ (Zentralblatt für das deutsche Baugewerbe.)

„... Dieses ausgezeichnete Buch, das wohl auf keinem Tische eines Eisenkonstruktors fehlen dürfte, stellt sich in seiner neuen Auflage höchst vorteilhaft dar, und es steht wohl außer Zweifel, daß sowohl durch die einwandfreie äußere Form als auch durch die sorgfältige Durcharbeitung die Zahl seiner Freunde nur zunehmen kann...“ (Beton und Eisen.)

„... So ist das allgemein geschätzte Musterbuch den erhöhten Anforderungen und mannigfachen Ergebnissen entsprechend nachgekommen, so daß die Anschaffung der neuen Auflage auch für die Besitzer der älteren unumgänglich sein dürfte.“ (Architektonische Rundschau.)

### Gewichtstabellen für Flußeisen.

Hauptsächl. verwendb. im Eisenhoch-, Brücken- u. Schiffbau, ferner im Maschinen- u. Hüttenfach. Geb. M. 8.—. (Mit dem spezifischen Gewicht 7,85 berechnet!)

„... Das vorliegende Tabellenwerk schließt eine Lücke, die sich schon lange jedem Konstrukteur störend bemerkbar gemacht hat... Die Tabelle, die geschickt angeordnet ist, kann allen in Frage kommenden Kreisen warm empfohlen werden.“ (Zentralblatt der Bauverwaltung.)

„... Das Buch erscheint ungemein praktisch und verwendbar und erfüllt alle Anforderungen, die der ausübende Ingenieur an ein solches Hilfswerk stellen kann, in vollstem Maße. Ein vortrefflicher Druck auf starkem Papier und eine gediegene äußere Ausstattung sind weitere Vorzüge des Werkes.“ (Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst.)

### Widerstandsmomente und Gewichte genieteteter Träger.

Berechnung von 32000 genietet. Trägern, enthaltend als Gurtwinkel die Normalprofile für Winkeleisen von 50—130 mm Schenkelbreite, als Gurtplatten Flacheisen in 6 verschiedenen Breiten und den Gesamtdicken von 5—39 mm. Folioformat. Geh. M. 8.—, geb. M. 10.—.

### Säulen und Träger.

Tabellen über die Tragfähigkeit eiserner Säulen und Träger. Auszug aus dem im Auftrage des Vereins Deutscher Eisen- u. Stahlindustrieller von C. Scharowsky herausg. „Musterbuch für Eisenkonstruktionen“. Taschenformat. Geh. 60 Pf.







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000301479