



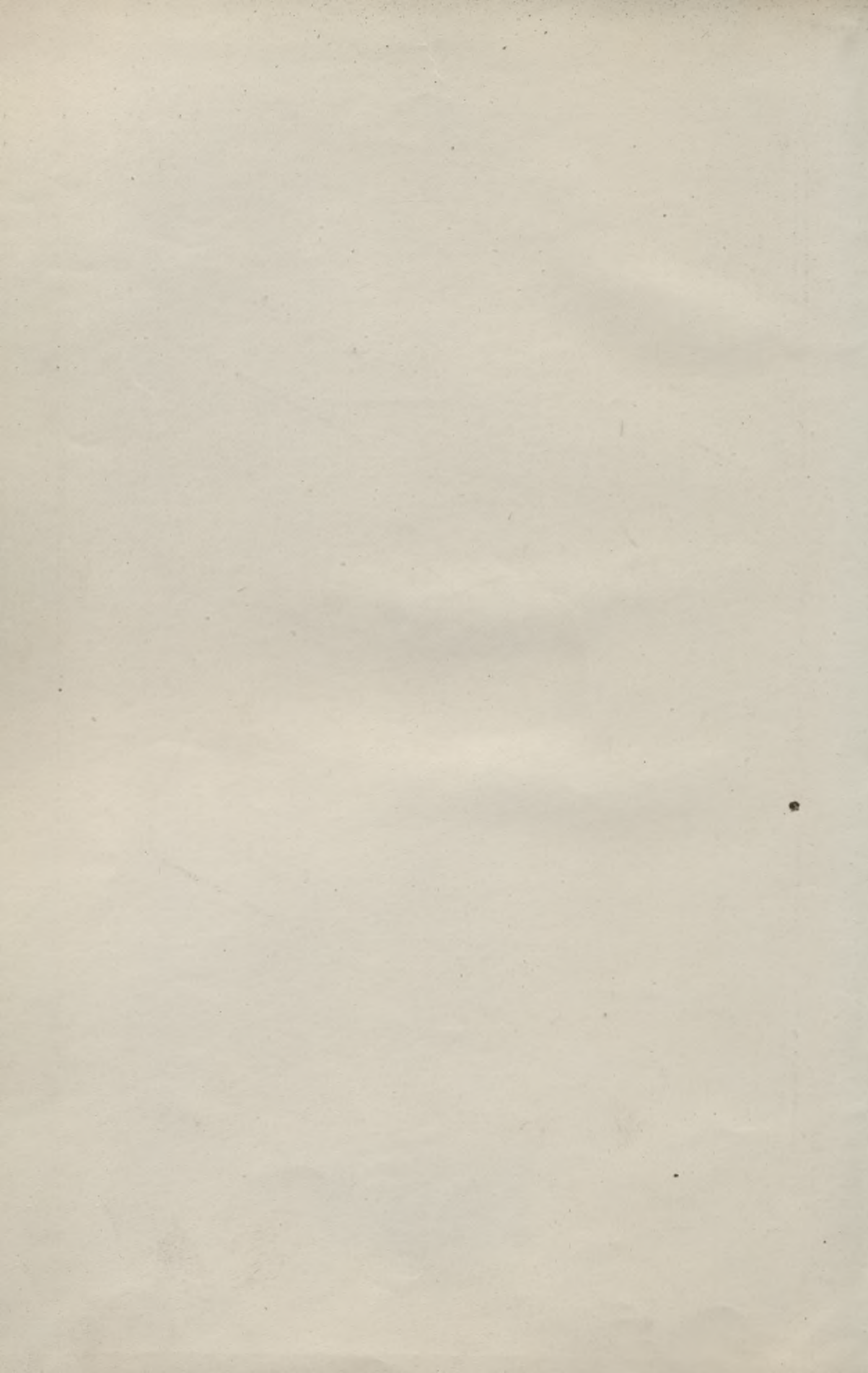
300g. 1.75

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300356

Handwritten text, mostly illegible due to fading and bleed-through. Faintly visible words include "Eisenfabrik", "Eisenhütten", "Dessau", and "Polysion".



Kalksandsteinfabriken,
Transmissionen,
Trockenkanäle,
Kalkmühlen



Cementfabrik-Einrichtungen



G. Polysius

Eisengiesserei u. Maschinenfabrik

Dessau

gegr. 1870



*Nassvermahlungsanlagen
in Verbindung mit Drehrohröfen*



Rotierende
Apparate zum
Trocknen fester und
breiartiger Substanzen,
Kohlenmühlen u. Kohlentrockner
für Drehrohröfen

Die
**Ton-, Kalk-, Cement-
und Gips-Industrie.**

Ein Hand- und Hilfsbuch für Fabrikanten und Techniker
von
Edmund Heusinger von Waldegg.

Zweiter Teil:

Die Kalkbrennerei und Cementfabrikation.

Fünfte Auflage
bearbeitet von
Oberingenieur **Carl Naske**, Hamburg.

Leipzig 1903
Theod. Thomas.

Die
**Kalkbrennerei und
Cementfabrikation**

mit Anhang über

die Fabrikation der Kalksandsteine.

Von

Edmund Heusinger von Waldegg.

Fünfte Auflage

bearbeitet von

Oberingenieur **Carl Naske**, Hamburg.

Mit 236 Abbildungen im Text und einer Tafel.

F. Nr. 25 212



Leipzig 1903
Theod. Thomas.

9. 19. 11.

*XXX
299/1*

Kalktrentneret und
Gemeinschaftsaktion

Alle Rechte vorbehalten.

III 16910



Druck von Fr. Richter in Leipzig.

Akc. Nr. 5038/50

Vorwort zur 5. Auflage.

Seit dem Erscheinen der 4. Auflage dieses Buches haben sich — weniger zwar in der Kalkbrennerei, desto mehr aber in der Portland-Cement-Fabrikation — derartig einschneidende Veränderungen vollzogen, dass namentlich dieses letztere Kapitel des „Heusinger II“ bereits seit geraumer Zeit als von den Tatsachen völlig überholt angesehen werden und schon aus diesem Grunde eine neue Auflage gerechtfertigt erscheinen musste. Der Teil „Portland-Cement“ wurde daher von mir — bis auf einige wenige Stellen — völlig neu geschaffen und ist in der Hauptsache eine verkürzte Wiedergabe meines im selben Verlage vor kurzem erschienenen Werkes „Die Portland-Cement-Fabrikation“, jedoch mit folgenden, der Bestimmung des vorliegenden Buches entsprechenden Änderungen:

1. Die Beschreibungen und zeichnerischen Darstellungen von ausgeführten Anlagen und Teilen solcher, sowie die Beschreibung der Fassfabrikation sind weggeblieben; auch sind einzelne Unterkapitel (z. B. Entstäubung, Mühlen u. a. m.) kürzer gefasst.
2. Dagegen ist das Kapitel: Anwendungen des Portland-Cementes (Mörtel, Beton und die Beton-Eisen-Bauweise) grösstenteils neu hinzugekommen.

Durch diese Änderungen erscheint der Teil „Portland-Cement“ dieses Buches mehr den Anforderungen des Cementtechnikers angepasst, während mein oben erwähntes, selbständiges grösseres Werk in erster Reihe für den Gebrauch des Ingenieurs bestimmt ist.

In dem Teil: „Kalkbrennerei“ sind gänzlich neu: die Abhandlung über das Kalk-Calorimeter, über die Anlage von Kalkwerken im allgemeinen sowie die Erläuterung einer Anzahl neuerer Ofenkonstruktionen (Khern, Aalborg, Theurer & Hansen, Schmatolla, Fahnehjelm). Gründlich umgearbeitet wurde ausser dem Kapitel „Gaskalköfen“ noch eine Anzahl anderer Kapitel und eliminiert alles das, was unzeitgemäss und modernen Anschauungen nicht mehr entsprechend erschien.

An die Stelle der Kapitel XXX—XXXII der vorhergehenden Auflage habe ich die Fabrikation der Kalksandsteine nach ihrem jetzigen Stande

gesetzt, welche ja in jüngster Zeit zu recht erheblicher Bedeutung gekommen ist und das Kapitel über „Kitte“ habe ich wegen allzulosen Zusammenhanges mit den Hauptgegenständen des Werkes vollständig weggelassen.

Durch alle die angeführten Änderungen und Neubearbeitungen denke ich dem „Heusinger II“ eine durchaus zeitgemässe Fassung und Form gegeben zu haben, welche das Buch hoffentlich befähigen werden, zu den zahlreichen alten, ebenso viele neue Freunde sich zu erwerben.

Für die gütige Unterstützung aus Fachkreisen durch Überlassung zweckdienlichen Materials sage ich hiermit verbindlichsten Dank.

Hamburg im März 1903.

Carl Naske.

Inhalts-Verzeichnis.

A. Die Kalkbrennerei.

I. Anwendung und Eigenschaften des Kalkes.

	Seite
§ 1. Allgemeines	1
§ 2. Chemische Zusammensetzung	1
§ 3. Gips, Apatit, Dolomit	2
§ 4. Aetzkalk, Kalkhydrat	2
§ 5. Wachsen, Gedeihen des Kalkes	3
§ 6. Ablöschen, Verbrennen, Ersäufen. Fettkalk und Magerkalk	3

II. Steine, welche zum Kalkbrennen verwendet werden können.

§ 7. Kalkspat	4
§ 8. Urkalk, Marmor	4
§ 9. Dichter Kalk, Zechstein	5
§ 10. Kalksteinschiefer	6
§ 11. Roggenstein, Oolith	6
§ 12. Muschelkalk	6
§ 13. Kreide	7
§ 14. Kalktuff, Travertin	8
§ 15. Stinkstein	8
§ 16. Braunkalk	9
§ 17. Mergel, Kalk- und Tonmergel.	9
§ 18. Kalkmergelnieren	10
§ 19. Bergmilch	11
§ 20. Austernschalen, Muscheln	11

III. Die Untersuchung des Kalksteines.

§ 21. Allgemeines	12
§ 22. Praktisches Verfahren	12
§ 23. Brennen als Mittel zur Untersuchung	13
§ 24. Verhalten der Kalksteine nach Knapp	14
§ 25. Ermittlung der hydraulischen Eigenschaften nach Mihálik	14
§ 26. Das Kalk-Calorimeter nach Dr. Stiepel	15

IV. Das Brennen der Kalksteine im allgemeinen.

§ 27. Allgemeines	19
§ 28. Über den Hitzegrad	20
§ 29. Anlage von Kalköfen und Brennstoff	21
§ 30. Gewichtsverlust beim Brennen	21
§ 31. Dauer des Brandes	22
§ 32. Arten des Brandes	23

V. Das Brennen der Kalksteine in Feldöfen.

§ 33. Einfachste Form der Feldöfen	23
§ 34. Trichterförmiger Feldofen	24
§ 35. Runder Meilerofen	25
§ 36. Anheizen und Betrieb der Feldbrände	27

VI. Das Brennen des Kalkes in gemauerten Öfen im allgemeinen.

§ 37. Einteilung der Öfen	28
§ 38. Form des Grundrisses, Baumaterial	28
§ 39. Schutz gegen Witterungseinflüsse	30
§ 40. Einrichtung der Feuerungen	30
§ 41. Heizeffekt der verschiedenen Brennstoffe	32

VII. Die periodischen Öfen mit kleiner Flamme.

§ 42. Beschreibung eines trichterförmigen Ofens	33
§ 43. Betrieb eines solchen Ofens	35

VIII. Die periodischen Öfen mit grosser Flamme.

§ 44. Finks Ofen für Holzbrand	36
§ 45. Ofen für Torfheizung nach Deplinne und Donop	39
§ 46. Kegelförmiger Ofen für Steinkohlenfeuerung	40
§ 47. Ofen von Loeff	41
§ 48. Zahl der Rostfeuerungen	41
§ 49. Beschickung dieser Öfen	42
§ 50. Ofen nach Gebr. Schwarz	43
§ 51. Runder Ofen nach Dr. H. Zwick	45
§ 52. Liegende Öfen nach Dr. H. Zwick	46

IX. Die kontinuierlichen Öfen mit kleiner Flamme.

§ 53. Allgemeines	47
§ 54. Trichter- und eiförmiger Ofen	48
§ 55. Betrieb desselben	51
§ 56. Kernscher Schachtofen	53

X. Die kontinuierlichen Öfen mit grosser Flamme.

§ 57. Allgemeines	54
§ 58. Der Rüdersdorfer Ofen	55
§ 59. Ofen nach Paul Loeff	56
§ 60. Anderer Rüdersdorfer Ofen	58
§ 61. Finks Ofen zum kontinuierlichen Betrieb	59
§ 62. Rumford-Ofen mit umgebogener Flamme	61

	Seite
§ 63. Hofmanns Ofen	62
§ 64. Aalborg-Ofen	62
§ 65. Betrieb der kontinuierlichen Öfen mit grosser Flamme.	63

XI. Gaskalköfen.

§ 66. Über Gasfeuerungen im allgemeinen. Generatoren und Generatorgas	65
§ 67. Über Regenerativfeuerungen	66
§ 68. Über Wassergas	68
§ 69. Ofen von Steinmann	68
§ 70. Älterer Fahnehjelscher und Rüdersdorfer Gaskalkofen	70
§ 71. Neuerer Fahnehjelscher Ofen	73
§ 72. Ofen von Schmatolla	74
§ 73. Ofen von Theurer & Hansen.	75

XII. Das Brennen des hydraulischen Kalkes und insbesondere des weicheren Kalkmergels.

§ 74. Allgemeines	76
§ 75. Periodischer Mergelofen nach Mihálik	76

XIII. Der Ringofen.

§ 76. Allgemeines. Baukosten.	83
§ 77. Kalkbrennen im Ringofen bei unregelmässigem Betriebe	84
§ 78. Hotops Partialofen	89

XIV. Das Aufbewahren und Befördern des gebrannten Kalkes.

§ 79. Kalklager-Einrichtung	89
§ 80. Vicats Verfahren	90
§ 81. Schlagen des Kalkes in Fässer	90
§ 82. Versand des gebrannten Kalkes	90

XV. Das Löschen und Aufbewahren des gelöschten Kalkes.

§ 83. Arten des Löschens	91
§ 84. Das Löschwasser	92
§ 85. Löschbütteln	93
§ 86. Löschen im Wasserbade	93
§ 87. Einsumpfen in Gruben. Tauchen	94
§ 88. Löschen durch Besprengen	96
§ 89. Löschen des hydraulischen Kalkes	96
§ 90. Unterschied zwischen der nassen und trockenen Löschweise	96

XVI. Von dem Mörtel.

§ 91. Allgemeines	97
§ 92. Der Sand	98
§ 93. Mörtelbereitung von Hand	98
§ 94. Genaue Ermittlung des Kalkzusatzes	99
§ 95. Güte des alten Mörtels	100
§ 96. Erklärung der bindenden Wirkung des Luftmörtels	100

XVII. Maschinen zur Bereitung des Mörtels.

§ 97. Maschinen von Schlickeysen	101
§ 98. Maschinen von Gauhe, Gockel & Cie.	102

XVIII. Der hydraulische Mörtel (Wassermörtel) aus natürlichem, hydraulischen Kalk.

§ 99. Allgemeines	104
§ 100. Klassifikation der hydraulischen Kalke	105
§ 101. Analysen verschiedener hydraulischer Kalke	106
§ 102. Festigkeit der hydraulischen Mörtel	107
§ 103. Dolomitische Cemente	107

XIX. Wassermörtel aus fettem Kalk und hydraulischen Zuschlägen (Puzzolanen).

§ 104. Begriffserklärung	108
§ 105. Trass	108
§ 106. Puzzolanerde	110
§ 107. Santorinerde	111
§ 108. Bimsstein	111
§ 109. Sonstige Puzzolanen. Schlacken	112

XX. Über die Anlage von Kalkwerken im allgemeinen.

§ 110. Disposition. Gewinnung. Transport	112
§ 111. Über Öfen im allgemeinen	114
§ 112. Rumford, Dietzsch, Ringofen	115
§ 113. Rüdersdorfer & Fahnehjelm-Ofen	117
§ 114. Weitere Verarbeitung. Lagerung	118
§ 115. Drehofen	119

B. Die Portland-Cementfabrikation.

XXI. Die Aufbereitung der Rohmasse.

§ 116. Geschichtliches über Portland-Cement	123
§ 117. Bedingungen für die Anlage einer Portland-Cementfabrik	125
§ 118. Begriffserklärung. Rohmaterialien	125
§ 119. Mischungsverhältnis	128
§ 120. Arbeitsprozess	129
§ 121. Nassverfahren. Rührwerk. Nasssieb. Kollergang	130
§ 122. Trockenverfahren im allgemeinen	134
§ 123. Darren. Trockenofen von Smidth	135
§ 124. Rotierende Trockner von Cummer und Möller & Pfeifer	136
§ 125. Steinbrecher. Brechschnecke. Walzwerke	142
§ 126. Die Aufbereitung im allgemeinen	146
§ 127. Silos. Automatische Wagen	147
§ 128. Misch- und Transporttrommel	149
§ 129. Kollergänge, Walzenstühle	150
§ 130. Reformmühle, Desintegrator, Gloriamühle	153
§ 131. Mahlgänge. Ober- und Unterläufer	155

	Seite
§ 132. Siebe	161
§ 133. Mischapparate für Rohmehl	166
§ 134. Netzschnecke	169
§ 135. Das Halbnassverfahren. Automatische Wagen. Gegenstrom-Mischmaschine	170
§ 136. Das Walzverfahren	173
§ 137. Strangpressen. Trockenpressen	173
§ 138. Trockenkanäle von Möller & Pfeifer	178
§ 139. Tunnel-Trockner von Cummer	182
§ 140. Die Kellersche Trockenmethode	185
§ 141. Das Cöhrssche Trockensystem	186

XXII. Das Brennen.

§ 142. Der periodische Schachtofen	188
§ 143. Etagenofen von Dietzsch	190
§ 144. Verbesserter Etagenofen von Schmidt	194
§ 145. Aalborg und „R“-Ofen. Öfen von Liban, Stein & Schneider	196
§ 146. Ofen von Theurer & Hansen	199
§ 147. Der Ringofen von F. Hoffmann	201
§ 148. Der Drehofen. Geschichtliches	206
§ 149. Drehofen von Hurry & Seaman	207
§ 150. Drehofen der Brennöfen-Bauanstalt Hamburg	209
§ 151. Drehofen von F. L. Smidth, Kopenhagen	214

XXIII. Das Mahlen des Portland-Cementklinkers, Lagerung und Verpackung der fertigen Ware. Entstäubungsvorrichtungen und Hilfsapparate der Cementfabrikation.

§ 152. Lagerung des Klinkers	215
§ 153. Die Kugelmühle	216
§ 154. Die Griffinmühle	220
§ 155. Die Federpendelmühle	222
§ 156. Die Doppelpendelmühle	222
§ 157. Die Rohrmühle	225
§ 158. Die Griesmühle	227
§ 159. Kammerspeicher. Ten Hompels System	228
§ 160. Silospeicher	232
§ 161. Packapparate für Fässer und Säcke	233
§ 162. Klopf- und Schüttelwerke für Säcke	236
§ 163. Transportmittel	238
§ 164. Elevatoren. Schaukelaufzug. Fahrstühle	239
§ 165. Transporteur	243
§ 166. Förderschwinde. Propellerrinne. Kettenschlepprinne	243
§ 167. Transportschnecke	244
§ 168. Bandtransporteur	245
§ 169. Staubbelästigung. Staubkammern	246
§ 170. Staubfilter von Nagel & Kaemp, Beth, Amme, Giesecke & Konegen	247
§ 171. Aspirations-Bürstenschnecke	250
§ 172. Cyclone	251
§ 173. Allgemeines über Entstäubungsanlagen	252

XXIV. Die Eigenschaften des Portland-Cementes und die Prüfungsmethoden.

§ 174. Chemische Zusammensetzung	253
§ 175. Feinheit der Mahlung	254

	Seite
§ 176. Farbe. Specificisches Gewicht. Raumgewicht	255
§ 177. Bindezeit	257
§ 178. Erhärtung und Festigkeit	259
§ 179. Festigkeit, welche der Portland-Cement erlangt	266
§ 180. Raumbeständigkeit	266
§ 181. Reinheit. Verfälschungen	269
§ 182. Biegunfestigkeit. Abnutzbarkeit	271
§ 183. Wetterfestigkeit	272
§ 184. Rekapitulation	273

XXV. Die Anwendungen des Portland-Cementes.

A. Mörtel.

§ 185. Allgemeines	274
§ 186. Mischungsverhältnisse	274
§ 187. Ausbeute	275
§ 188. Luftmörtel, Wassermörtel, Cement-Kalk-Mörtel	276
§ 189. Verputz	277
§ 190. Färben der Cementmasse	279
§ 191. Anstrich mit Chalcedonschutz	281
§ 192. Anstrich unter Wasserglas	281
§ 193. „Salpeter“. Kesslersche Fluat	281

B. Beton.

a) Eigenschaften des Betons.

§ 194. Geschichtliches	282
§ 195. Eigenschaften. Formungsfähigkeit	284
§ 196. Erhärtung. Wasserdichtigkeit. Festigkeit	285
§ 197. Tabelle von Bauschinger. Adhäsion. Abnutzung	287
§ 198. Verhalten gegen Hitze, Kälte und chemische Einflüsse	288
§ 199. Verhalten im Meerwasser	289

b) Betonbereitung.

§ 200. Excelsior-Waschmaschine von Martini	292
§ 201. Auswahl der Materialien. Mörtelanteil. Ausbeute	295
§ 202. Schlot oder Fallwerk	297
§ 203. Kontinuierlicher Mischer von Gauhe, Gockel & Cie.	298
§ 204. Trommelmischer von Gauhe, Gockel & Cie. und von der Maschinenfabrik Geislingen	299
§ 205. Mischer von Schlickeysen. Universal-Mischmaschine	301
§ 206. Trichterschüttung	302
§ 207. Versenken in Kästen	304
§ 208. Versetzen von Blöcken	305
§ 209. Stampfen des Betons	305
§ 210. Cementwarenfabrikation	306

C. Die Beton-Eisen-Bauweise.

§ 211. Allgemeines	308
§ 212. Einige Systeme	309

XXVI. Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement.

A. Deutsche Normen	311
Ergänzung und Abänderung derselben	318
B. Auszug aus den Schweizer Normen	319

XXVII. (Anhang).

Die Fabrikation der Kalksandsteine.

§ 213. Allgemeines	325
§ 214. Geschichtliches. Das Hochdruckverfahren	326
§ 215. Das Niederdruckverfahren	327
§ 216. Die Rohmaterialien	327
§ 217. Das Verfahren von W. Olschewsky	328
§ 218. Die Kalklöschtrommel nach R. Jäger	329
§ 219. Das Verfahren nach Meurer-Girard	334
§ 220. Das Verfahren nach Kleber	336
§ 221. Das Verfahren nach Komnick	336
§ 222. Das Verfahren nach W. Schwarz	338
§ 223. Beschreibung einer Anlage nach Schwarz' System	341
§ 224. Das Verfahren nach Nagel & Kaemp	342
§ 225. Apparate für die Zubereitung des Sandes	343
§ 226. Apparate für die Zubereitung des Kalkes	344
§ 227. Mischer und Pressen. Mischapparate	345
§ 228. Pressen	346
§ 229. Sonstige Hilfsapparate	348
§ 230. Anwendungsformen des Kalksandsteines	350
§ 231. Prüfungsergebnisse	350
Sach-Register	355
Namen-Register	359

A. Die Kalkbrennerei.



I.

Anwendung und Eigenschaften des Kalkes.

§ 1.

Die Verwendung des Kalkes, namentlich in ätzendem Zustande, ist sehr umfassend und mannigfaltig. Die hauptsächlichste und allgemeinste ist die zur Bereitung von Mauer- und Putzmörtel, von Kalkweisse oder Milch zum Vergiessen, Tünchen und Weissen; dann zur Bereitung von ätzendem Kali, Natron, Ammoniak und vielen anderen chemischen Erzeugnissen; in der Technik wird er verwendet als Zuschlag beim Verschmelzen der Erze, bei der Gerberei, Pergament- und Glaserzeugung, Seifensiederei, Bleicherei, Färberei; zum Läutern des Rübensaftes, zum Raffinieren des Zuckers, zum Reinigen des Leuchtgases und anderer Gase; zum Aufsaugen der Feuchtigkeiten in geschlossenen Räumen; als Poliermittel; zu Kitten, Fussböden und vielem anderen; in der Landwirtschaft zum Düngen; die Ackerkrume wird durch ihn aufgeschlossen und die zur Ernährung der Pflanzen so notwendigen Alkalien können von demselben aufgesogen werden. Der Kalk begünstigt und erleichtert die Zersetzung kieselsaurer Tonerdeverbindungen und beschleunigt den Übergang der für die Pflanzenwelt so wichtigen alkalischen Stoffe aus den Mineralien in den Boden.

§ 2.

Der gebrannte Kalk wird seiner ätzenden und zerstörenden Eigenschaft organischen Körpern gegenüber auch wohl „Ätzkalk“ genannt. Der Grundstoff des lebendigen oder Ätzkalks ist das Calcium, ein einfacher, metallischer Grundstoff, silberweiss, fest, an der Luft leicht entzündlich, verbrennbar, zu Kalk oxydierend.

Der Ätzkalk, CaO (Calciumoxyd), dessen Atom- oder Mischungsgewicht (Äquivalent) = 39,91 (Wasserstoff = 1) bzw. 2,501 (Sauerstoff = 1) ist, besteht aus 100 Teilen Calcium und 39,98 Teilen Sauerstoff.

In der Natur kommt der Ätzkalk nie rein vor, sondern stets in Verbindungen mit Säuren, von denen die wichtigsten die Kohlen-, Schwefel- und Kieselsäureverbindungen sind.

Zu der Kohlensäure hat er eine grosse Verwandtschaft, und gibt in dieser Verbindung den kohlen-sauren Kalk, CaCO_3 , welcher der Haupt-

bestandteil der verschiedenen Marmorarten, vieler Bausteine und verschiedener kohlensaurer Kristallgebilde ist. Er kommt kristallisiert als Kalkspat und Arragonit,*) kristallinisch als weisser Marmor, erdig als Kreide, Kalkmergel, Schaumkalk vor und bildet die Schnecken- und Muschelschalen, sowie einen grossen Gemengteil der Ackererden. Er enthält ungefähr 5 Gewichtsteile Kalk und 4 Gewichtsteile Kohlensäure, oder besteht in 100 Teilen aus 56,29 Kalk und 43,71 Kohlensäure.

§ 3.

Mit Schwefelsäure verbunden bildet er den Gips, CaSO_4 . In seiner Verbindung mit Phosphorsäure (Apatit) macht er den Hauptbestandteil der Tierknochen aus, mit kohlensaurer Magnesia verbunden wird er Dolomit,**) $(\text{Ca}, \text{Mg}) \text{CO}_3$. Den Ätzkalk gewinnt man aus der kohlensaurer Verbindung, indem man durch Glühen die Kohlensäure austreibt, d. h. durch das Kalkbrennen. Dabei bleibt Calciumoxyd (Kalkerde) zurück, das jedoch bei dem gewöhnlichen Brennen für technische Zwecke selten ganz rein erhalten wird und zum Teil noch einigen Anteil an Kohlensäure, Bittererde, Eisenoxyd, kieselsaure Tonerde und andere Stoffe enthält, je nach der Zusammensetzung der verwendeten Kalksteine. Der reine Marmor allein liefert die Kalkerde am reinsten.

§ 4.

Die Güte des gebrannten Kalkes hängt teils von der Reinheit des dazu verwendeten Kalksteins, teils vom Brennen selbst ab. Die Hitze muss nämlich so stark und anhaltend einwirken, dass alle Kohlensäure ausgetrieben wird und der Kalk nicht mehr mit Säuren braust; sie darf aber auch nicht so weit gehen, dass die Bestandteile an Kieselerde, Tonerde, welche die Kalksteine enthalten, sich mit dem Kalke chemisch vereinigen oder gar zusammenschmelzen, in welchem Falle der Kalk totgebrannt heisst und mehr oder minder unbrauchbar geworden ist. Der Ätzkalk ist je nach der Reinheit seines Zustandes meist weiss, grau oder schmutzig weiss, zerbröcklicher als der rohe Kalkstein, doch noch fest genug, um sich in Stücken verfrachten zu lassen. Bei manchem Kalke ist nach dem Brennen die kristallinische Beschaffenheit noch zu erkennen. Er ist ätzend, schmeckt scharf, laugenhaft, zerstört tierische Gebilde. Sein spezifisches Gewicht ist 1,6–1,8, sein absolutes 1,6–1,8 kg für 1 cbdm Ätzkalk. Er ist in hohem Grade porös. Infolgedessen saugt der gebrannte Kalk das Wasser (ungefähr 18–24 v. H.) mit Heftigkeit ein, wobei die in den Zwischenräumen befindliche Luft mit Geräusch vertrieben wird. Bei gut gebranntem Kalk nach wenigen Minuten, bei anderem viel später, fängt der vollgesogene Kalk an sich zu erwärmen; von diesem Augenblick an geht die Bindung des Wassers vor sich. Unter

*) Ein graulich weisser, in sechsseitigen Säulen kristallisierter Kalkstein, der in Arragonien in Spanien vorkommt.

**) Bitterkalk, Braunkalk, nach dem französischen Geognosten Dolomieu genannt.

Knistern und Abblättern zerspringen die Kalkstücke; die Bruchstücke und Blätter zerfallen unter Ausstossung von Dampf weiter und weiter, bis endlich das Ganze, unter bedeutender Zunahme seines Volumens, eine gleichförmige Masse, einen schneeweissen, zarten Brei bildet. Der gebrannte Kalk ist nun in Kalkhydrat, gelöschten Kalk, verwandelt; der Vorgang heisst das „Ablöschen“.

§ 5.

Die Wassermenge, welche hierbei aufgenommen wird, richtet sich nach der Natur des Kalkes; 100 Teile fetter Kalk nehmen nur 18 Teile Wasser auf; 100 Teile magerer Kalk nehmen dagegen 10–35 Teile Wasser auf. Ein Volumteil gebrannter fetter Kalk gibt 3,5 Volumteile gelöschten Kalk, von 1 Volumteil gebrannten mageren Kalk erhält man nur 1,75–2,53 Volumteile gelöschten Kalk. Diese Volumenvermehrung heisst das Wachsen, Gedeihen.

§ 6.

Bei dem Ablöschen des Kalkes tritt eine bedeutende Wärmeentwicklung, selbst noch Siedehitze ein, wenn man den Kalk mit der dreifachen Menge Wasser übergiesst; diese Hitze ist um so bedeutender, je rascher sich der Kalk löscht, d. h. je reiner und je besser er gebrannt ist; sie erreicht ihren Höhepunkt, wenn man gerade soviel Wasser beigibt, als gebunden wird.

Die Temperaturerhöhung ist von grossem Einfluss auf die Güte des Kalkes, sie muss daher genau beobachtet und durch den richtigen Wasserzusatz geregelt werden. Löscht man den Kalk nur mit soviel Wasser ab, als er verschluckt, so bildet er keinen zarten, sondern einen grob kristallinischen oder sandartigen Brei; in diesem Zustande nennt man den Kalk verbrannt, d. h. durch falsches Löschen mager geworden; wird dagegen zuviel Wasser beim Löschen genommen, so ersäuft man den Kalk.

Setzt man den gebrannten Kalk der Luft (besonders feuchter oder Gewitterluft) aus, so zieht er Kohlensäure und Wasser an, vermehrt etwas sein Volumen, zerfällt langsam zu Pulver, er stirbt ab. Man nennt dergleichen zerfallenen Kalk auch abgestandenen Kalk. Das Pulver ist nicht wie beim gewöhnlichen Löschen fein, sondern rauh anzufühlen und mit kleinen, eckigen, ziemlich harten Körnern untermischt.

Kalkbrei, mit Wasser verdünnt, liefert die Kalkmilch; das mit Kalk gesättigte Wasser (1 Teil Kalk, 778 Teile Wasser von 15,6° Celsius) heisst Kalkwasser.

Kalk aus Marmor, Kalkspat, Muschelschalen und dergl. mehr, der weniger als 10 v. H. Kiesel- und Tonerde enthält, beim Löschen sein Volumen bedeutend vergrössert, viel Wasser verschluckt, lange Zeit gleichsam speckig, schlüpfrig bleibt, wird fetter Kalk genannt. Er verträgt bei der Bereitung des Mörtels viel Sand, ist nur zu gewöhnlichem Mörtel, der an der Luft erhärtet, zu verwenden. Magerer Kalk hingegen ist solcher, der 15–30 v. H. fremde Bestandteile, als Magnesia, Eisenoxyd, Tonerde enthält, weniger Wasser beim Löschen annimmt, weniger wächst, sich körnig anfühlt, weniger schlüpfrig

ist und daher auch weniger Sand verträgt. Der magere Kalk besitzt gewöhnlich hydraulische Eigenschaften, d. h. er kann zu Mörtel verwandt werden, der im Wasser erhärtet.

Durch unvollkommenes Brennen kann ein ziemlich reiner Kalk mager werden.

II.

Steine, welche zum Kalkbrennen verwendet werden können.

§ 7.

Kalkspat (Calcit, spatiger Kalk, Doppelspat) ist mehr oder weniger durchsichtig, weiss, auch graulich-rötlich-, gelblich-, grünlich-weiss, irisiert zuweilen auf der Oberfläche, kristallisiert oder kristallinisch, tropfsteinartig, nierenförmig, stängelig, schalig, blätterig, durch Metalloxyde verschiedentlich gefärbt. Er besteht aus 56,5 Teilen Kalk, 43,0 Kohlensäure, 0,5 Wasser; er gehört zu den am weitesten verbreiteten Mineralien und findet sich in allen Formationen; kommt jedoch selten in solcher Menge vor, dass er zum Kalkbrennen benutzt werden kann. Der Kalkspat dient, wenn er von Metalloxyden rein ist, namentlich zur Darstellung des reinen Ätzkalkes und findet auch sonst in der Chemie vielfache Anwendung. Besonderes Vorkommen im Harz bei Zellerfeld, Clausthal, Lautenthal, Iberg, zu Andreasberg (sehr schön violblau), in der Pfalz, im Salzburgischen, im Saalfeldischen, in Frankreich, Spanien, England, Russland, Schweden, Island; letzterer sehr schön und wegen seiner ausgezeichneten doppelten Strahlenbrechung (Doppelspat) berühmt.

§ 8.

Körniger, kristallinischer Kalk (Urkalk, Marmor); die Grundmasse dieses Gesteins ist kohlenaurer Kalk von kristallinischem, körnig-blättrigem Gefüge, seine mehr oder minder weisse Farbe verläuft ins Gelbe, Grüne, Blaue, Rote und unter besonderen Umständen (wie es scheint, wenn er der Infiltration organischer Stoffe ausgesetzt gewesen ist), bietet er auch schwärzliche Farben dar. Der Bruch dieser kristallinischen Kalksteine ist glänzend, stark schimmernd, die Ränder mehr oder minder durchscheinend; sie nehmen eine schöne Politur an. Fremde Mineralien finden sich sehr häufig eingesprenkt, namentlich beobachtet man öfter Bleiglanz, Eisenkies, Schwerspat oder Glimmerplättchen in der Masse. Der Glimmer nimmt zuweilen überhand, wodurch dann Übergänge zu dem Blauschiefer gebildet werden; in anderen Fällen nimmt der Gehalt an Kohlenstoff oder an brenzlichen Bestandteilen in dem Kalksteine so zu, dass er ganz schwarz wird und beim Schlagen stinkt, in welchem Falle man ihn öfter Anthrakonit genannt hat. Schichtung fehlt entweder ganz oder ist nur sehr undeutlich. Nur der

glimmerreiche, körnige Kalk zeigt mächtige, bisweilen höchst deutliche Schichten. Besondere Fundorte sind in Nassau bei Villmar a. d. Lahn, Katzenellenbogen; in Sachsen bei Memmendorf, Neudorf, Langenfeld, Kroten-dorf, Schwarzenberg, Planitz, Meissen, Hainichen, Annaberg; dann im Gneiss-gebirge bei Lauterbach und Miltitz; ferner in Mähren bei Joachimsthal, im Bunzlauer und Saazer Kreise in Böhmen, zu Kallich, Hassenstein, Hohenstein u. a. O., in Steiermark (Steinbauer, die Schneealpen u. a. m.), in Schlesien (Neuwaltersdorf, Niederthalheim, Reinerz, Landeck, Reichenstein u. a. m.), in Bayern (Obermainkreis bei Waltersdorf, Dechanthess, Neusorg, Wunsiedel u. a.), im Badloche am Kaiserstuhl, bei Auerbach an der Bergstrasse, im Hochstetter Thal; an letzteren Orten, wie auch in Tyrol lagerartig im Gneiss und Glimmerschiefer. Überhaupt ist er in den meisten grösseren Gebirgen Europas verbreitet, namentlich in der Centralkette der Alpen, in Graubünden und in Tyrol, in der Umgebung der Silvretta-Gruppe und der Ötztal-er Ferner, in den Appenninen (bei Carrara, der berühmte carrarische Marmor), in den Pyrenäen, auf den griechischen Inseln (parischer Marmor), auf Morea, in Schweden, Norwegen und anderwärts.

§ 9.

Dichter oder kompakter Kalkstein. Die reine, dichte, nur selten ein körniges Gefüge annehmende Kalkmasse ist teils durchaus gleichartig, teils auch nach allen Richtungen von weissen Adern durchzogen. Haupt-farbe grau, Bruch feinsplitterig, neigt sich zum Ebenen, bisweilen auch zum Flachmuscheligen und zeigt stellenweise einzelne glänzende Teilchen. Schichtung fehlt entweder ganz oder ist sehr undeutlich, bei der mit Ton gemengten Felsart ist die Schichtung deutlich und dünn. Das Gestein zeigt häufig Höhlungen und Spaltungen, die mit Kalkspat und Quarzkristallen ausgefüllt sind; nicht selten sind Gehäuse von Schalthieren und Korallenäste eingeschlossen.

Der dichte Kalk findet sich als integrierendes Glied in allen Flötzformationen, und zwar hat der Kalk des Übergangsgebirges den Namen Übergangskalk (Ortho-keratiten-Kalk); der Kalkstein der Kohlenformation den Namen Bergkalk (Alpenkalk); der Kalk der Kupferschieferformation den Namen Zechstein; das zwischen dem bunten Sandstein und dem Keuper liegende Kalkgebilde den Namen Muschelkalk; die über dem Keuper gelagerte Kalkschicht den Namen Liaskalk; die darauf folgende weisse oolithische Schicht den Namen unterer Oolith (oder oberer Liaskalk); die weiter nach oben folgende Schicht, meist durch weisse Farbe ausgezeichnet, den Namen Jurakalk von den Geognosten erhalten.

Den über dem Grünstein gelagerten Kalk nennt man Plänerkalk und Kreide, der der Braunkohlenformation oder Molasse heisst Grobkalk; über diesem folgen die verschiedenen älteren und jüngeren Süsswasserkalke.

Fundorte sind in Thüringen, Querfurth, Jena, Naumburg, Eisleben; in Sachsen bei Regelsdorf und Kapfelsberg; in Oberbayern bei Hohenschwangau, Ettal, Benediktbeuern, Tegernsee, Reichenhall, Pfaffenhofen, Michelfeld, am Gaisberg, und Untersberg (unweit Salzburg), Adnet bei Laufen, Rüdersdorf

in der Nähe von Berlin, am Fusse des Harzes, in den württembergischen Gebirgen, im Coburgischen und anderwärts.

§ 10.

Kalksteinschiefer ist eine Abart des gemeinen schiefrigen Flötzkalksteins. Gefüge feinkörnig; Härte gering. Farbe grau, gräulich oder gelblich, auch weiss. Der bekannte lithographische oder Steindruck-Kalkstein ist eine Art Kalksteinschiefer. Seine Farbe ist gelblich, auch rauchgrau. Er enthält oft Versteinerungen und bricht abgeteilt in Schichten und Platten. Vorkommen nicht sehr häufig; am schönsten bei Solenhofen in Bayern. Die Steinbrüche gleichen einem Dorfe, da die Steinbrecher mit ihren Familien hier wohnen.

§ 11.

Der Roggenstein oder Oolith besteht aus sehr feinen, kugelförmigen, zusammengebackenen Körnern, die zuweilen mehrere schalenförmige Hüllen darbieten und welche Ähnlichkeit mit dem Roggen der Fische haben. Die Körner sind gewöhnlich durch einen kalkartigen Cement zu einer Steinmasse verbunden. Seine Farbe ist weiss, ins Graue und Gelbgraue, häufig durch Eisenoxyd gelb gefärbt, braun, bräunlichrot; innen matt, im Bruche dicht. Die Oolithenkalke sind ungemein weit verbreitet und erscheinen deshalb unter sehr verschiedenem Ansehen; meist sind sie ziemlich hart, fest und zeigen einen kompakten körnigen Bruch. Besondere Fundorte im Mansfeldischen, bei Sangerhausen, Klosterrode, an der Schmücke, im Bernburgischen, im Weimarischen, im Ziegelroder Forste, bei Braunschweig (der Nussberg), am Harz bei Ilseburg, Blankenburg, in der Schweiz, England und anderwärts.

Der Erbsenstein (Pisolith) ist ein jüngerer Oolith, dessen Körner grösser sind, in ihrem Innern meist einen Kern von Quarzsand oder Kalkspat enthalten und das schalige Gefüge in ausgezeichnetem Grade zeigen. Er findet sich hauptsächlich bei Karlsbad in Böhmen und bei Feloe Lelocz in Ungarn. Wegen seines Tongehaltes gibt er einen schlechten mageren Luftkalk, meist aber einen trefflichen hydraulischen Kalk.

§ 12.

Muschelkalk (kohlen saure Kalkerde mit Kiesel, Tonerde und Eisenoxyd); die reine dichte, ziemlich gleichartige Masse dieses Gesteins ist Kalk. Die zahllosen Versteinerungen, besonders Muscheln, sind für denselben kennzeichnend. Bruch matt, muschelförmig, feinsplittrig; Farbe einfach grau oder braun und gelb. Die grau gefärbten Abänderungen sind härter, werden selbst hornsteinartig; die gelb gefärbten, zumal die tonhaltigen sind meist etwas mürbe. Schichtung ausgezeichnet deutlich und gleichförmig, aber nur mit unbedeutender Mächtigkeit.

Der Muschelkalk ist sehr weit verbreitet, im südlichen Deutschland am beträchtlichsten und findet daher dort die häufigste Verwendung. In

Schwaben erstreckt er sich von dem südöstlichen Schwarzwalde längs des Neckartales über Sulz, Horb, Rottenburg, zieht sich am östlichen Saume des Schwarzwaldes bis gegen Pforzheim und bildet die Höhen und Talgehänge des württembergischen Unterlandes, von wo aus er sich in das Kocher- und Jaxtthal und dann gegen Norden über Wertheim, Würzburg und Schweinfurth ins Bayreuthische erstreckt. Am westlichen Abfall des Schwarzwaldes erscheint er nur an einzelnen Punkten. Im nordwestlichen Deutschland kommt er bei Ronneberg, Elze, Sehnde in der Nähe von Hannover, Göttingen, Höxter, Detmold, bei Heiligenstadt, Naumburg, Jena und Gotha, an einigen isolierten Punkten nördlich am Harz vor. In Schlesien ist er zwischen Oppeln und Tarnowitz sehr verbreitet und erstreckt sich von da ins südliche Polen. In den Vogesen bildet er am westlichen Abhange derselben beträchtliche Höhenzüge. Der Muschelkalk verwittert schwer und ist daher ein eben so guter Baustein, wie seine reineren Vorkommen, gebrannt, einen vorzüglichen Ätzkalk liefern.

§ 13.

Die Kreide ist kohlen saure Kalkerde mit etwas Talk, Ton und Eisenoxyd. Bruch erdig. Schichtung selten regelmässig. Man findet häufig Versteinerungen von Seetieren in Kreide, die in eine kieselartige Masse übergegangen sind; zuweilen auch Schwefelkies und Feuerstein in kugelförmigen Massen. In manchen Gegenden wird die festere Kreide als Baustein verwendet. In der Regel ruht die Kreideformation auf dem Jurakalk, wo dieser aber fehlt, auf den älteren Flötz- und selbst Urgebirgsarten. Das Kreidegebirge bildet häufig ausgedehnte Hochebenen, bisweilen auch groteske Gebirgszüge mit scharfem Rücken und tief eingegrabenen Tälern. Wo das Gestein vom Meere gespült wird, zeigt es oft sehr schroffe, blendend weisse Felswände und ausgerundete Buchten.

Die Kreide ist derb, fein erdig, sehr weich und zerreiblich, undurchsichtig, matt, weiss ins Gelbliche und Graue übergehend, fühlt sich mager an, hängt etwas an der Zunge und schreibt, indem sie leicht abfärbt. Sie geht zuweilen in dichten Kalkstein über. Nach Ehrenberg besteht die Kreide aus Bruchstücken der Gehäuse kleiner Polythalamien-Mollusken. Sie liefert, gebrannt, einen vorzüglichen Ätzkalk, der jedoch längere Zeit eingesumpft liegen muss.

Die Verbreitung der Kreide in Deutschland ist nicht sehr beträchtlich; sie erscheint am Saume des nordwestlichen Hügellandes, zwischen Essen und Paderborn, am Teutoburger Walde und in einzelnen Hügeln zwischen Ibbenbüren, Wesel und Deventer. Östlich von Wesel und längs des Teutoburger Waldes überlagert sie den Quadersandstein; zwischen Goslar, Hannover und Braunschweig tritt sie abermals in geringer Mächtigkeit auf. In Süddeutschland bedeckt Kreide in Begleitung von Grünsand einen Teil des fränkischen Jura. In der Kette der Alpen macht die harte Kreide mit den untergeordneten Sandsteinlagern vielleicht die Hauptmasse der äusseren Kalkalpen aus. In Böhmen, auch in Sachsen bis gegen Pirna hin, wird der

Quadersandstein an wenigen Stellen von harter Kreide und Kreidemergel bedeckt. Im Gebiete der Ostsee erscheint die Kreide in der Nähe von Greifswald, auf der Insel Rügen, Möen, Fünen, Jütland, Seeland u. a. O. zum Teil in sehr beträchtlicher Mächtigkeit. Bei Lüneburg tritt sie insel-förmig aus dem dortigen Schwemmlande hervor; bei Lübtheen in Mecklen-burg und Segeberg unweit Lübeck. Westlich vom Rhein umgibt die Kreide den Saum des rheinischen Schiefergebirges zwischen Aachen und Brüssel und setzt sich über Lille bis Calais fort; umgibt das Becken von Paris in beträchtlicher Ausdehnung. Im Gebiete der Pyrenäen reicht sie tief nach Spanien hinein; in Irland; in England; vorzüglich in York, Wiltshire und Sussex. In Wiltshire erreicht die Kreide eine Höhe von 270 Meter. Ferner in Central-Russland, im Gouvernement Orel, am rechten Ufer der Wolga bei Wolsk u. s. w. u. s. w. Vorzüglich rein ist die Kreide von Kreta; andere Sorten, namentlich die französische, enthalten in starker Beimengung fein zerteilt Quarz, Ton, Kalk und zuweilen Eisenoxyd. Die unteren Lager pflegen ge-wöhnlich feinkörniger als die oberen zu sein, weshalb man in Frankreich dieselben in der Regel unterirdisch ausbeutet.

§ 14.

Der Kalktuff oder Kalksinter (Travertin) ist eine zusammengesinterte Masse von kohlen-saurem Kalk und Ton. Gefüge röhrenförmig, blätterig, moosartig, tropfsteinartig, oft von den verschiedensten Gestalten; schwammig, löcherig, zellig und dergl. Farbe rötlich, gelbbraun, grau, nicht selten ockergelb gestreift. Bruch uneben, körnig, erdig, undurchsichtig, matt, weich. Er geht ins Zerreibliche über, springt unbestimmt eckig, stumpfkantig. Er kommt teils in ganzen Schichten, teils in gestaltlosen Stücken vor, die zuweilen mit Letten wechseln. Nach der Oberfläche zu ist er oft verwittert, in grösseren Tiefen härter. Er gehört zu den neuesten, sich fortbildenden Erzeugnissen der Alluvialbildung, füllt Becken, Schluchten, Täler und enthält häufig Fluss-muscheln, Teile von Landpflanzen, auch Landtieren und dergl. mehr. Die In-krustationsunterlagen sind leicht erkennbar, Holz, Schilf, Blätter, Knochen, Moos und dergl., die bei ihrer Zersetzung hohle Räume zurückgelassen haben; seine Festigkeit übertrifft jedoch in einzelnen Teilen oft die des Flötzkalkes. Er brennt sich, wegen seiner Porosität, zu Ätzkalk sehr leicht. Er gibt einen mageren, mit viel Eisenocker gemischten Kalk, nach Umständen aber einen gutbindenden Mörtel; es darf jedoch demselben wegen des Eisenoxyd-gehaltes nur wenig Sand zugesetzt werden. Wenn er keinen oder nur sehr wenig Eisenocker enthält, so brennt er sich sehr weiss und gibt einen guten Weisskalk. Von Bamberg wird solcher Kalk unter dem Namen „Weiss“ verführt. Man findet ihn als ausgedehnte Ausfüllung in der Umgegend von Weimar, Burgtonna im Gothischen, Greussen im Schwarzburgischen, Klein-vargula, Tennstädt, Weissensee in Thüringen u. a. O.

§ 15.

Stinkstein, Stinkkalk (bituminöser Kalkstein) muss dem dichten Kalk zugerechnet werden. Farbe graulich-schwarz, grau, braun, gelb, derb; ein-

gesprengt in Geschieben; innen schimmernd, wenig glänzend oder matt; mit dichtem oder blättrigem Bruche (gemeiner oder blättriger Stinkstein). Der dichte verläuft sich durch das Muschelige ins Erdige, aus dem Splitterigen ins Uebene. Gewöhnlich bricht er scheibenförmig, schieferig, selten unbestimmt eckig. Strich graulich weiss. Die Bestandteile sind kohlenaurer Kalk von bituminösen Teilen durchdrungen; daher sein Geruch nach Erdöl beim Zerschlagen, den er jedoch nebst Farbe im Brennen verliert. Er geht zuweilen in gemeinen dichten Kalk über. Seine Fundorte sind: Camdorf, Eisleben, Glücksbrunn, Frankenhausen, Ilmenau in Thüringen, in Böhmen (bei Prag und anderwärts), in Oberhessen (Thalitter und anderwärts), in Bayern, der Schweiz, Frankreich, Flandern, Brabant, Polen und anderwärts. Wo er in grossen Massen vorkommt, brennt man ihn zu Kalk, der etwas mager ist, jedoch gut bindet, so in Westgothland. Da er beim Glühen durch sein Bitumen viel Wärme entwickelt, so erfordert er wenig Brennstoff und kann, wenn dies in grösserem Verhältnis obwaltet, sogar wie Steinkohlen die Feuerung selbst vermitteln und sich zugleich zu Kalk brennen, wie in der Grafschaft Galway geschieht. Der unter dem Namen „brabanter Marmor“ (Lucullan) bekannte, sehr dichte Stinkstein von graulich schwarzer und schwärzlich grauer Farbe findet sich an beiden Ufern der Maas; vorzüglich bei Namur und Lüttich, wo er mächtige Felsen bildet, sowie der schuppig körnige bei Brie, unweit Belle-Alliance, wird dort in grosser Menge als Kalk benutzt.

§ 16.

Braunkalk (Braunspat), gehört dem Dolomit zu, indem er gegen 50 v. H. kohlenaurer Kalk, 32 v. H. kohlenaurer Bittererde und 7 v. H. Eisen enthält. Gefüge körnig, blättrig oder faserig (faseriger Braunkalk); kristallinisch, weiss in linsenförmigen Kristallen kristallisiert, nierenförmig, kugelig, zellig, derb; Farbe gelblich braun, gelblich grau, häufig rot, auch mehrfarbig. In dem Gestein befinden sich öfters Höhlungen, die mit Bitterspat ausgefüllt sind; auch ist manchmal Schwefelkies eingesprengt. Die Schichtung des älteren Dolomits ist mitunter fast senkrecht, dem jüngeren fehlt sie ganz. Der Braunspat findet sich meist in Gängen der Ur- und Übergangsgebirge, so bei Wittichen und Wolfach in Baden, bei Freudensstadt im Schwarzwald, am Harz bei Walkenried, in dem sächsischen Erzgebirge (Freiberg, Schneeberg, Annaberg), im Neustädter Kreise bei Kammsdorf, bei Hanau, Bamberg, in Thüringen, Böhmen, Salzburg, Ungarn, in der Grafschaft Derby in England. Er ist zum Brennen sehr geeignet und liefert häufig einen guten hydraulischen Kalk.

Unter die erdigen Kalke gehört auch:

§ 17.

Mergel; Kalkmergel, Tonmergel. Unter Mergel versteht man im allgemeinen ein Gemenge von kohlenaurer Kalk und Ton in verschiedenen Verhältnissen, teils fest als verhärteter Mergel, teils erdig als

Mergelerde. Einige Mergelarten zeigen ein schiefrig-blättriges Gefüge und heissen daher Mergelschiefer.

Enthält der Mergel 25 bis 50 v. H. Ton, so heisst er Kalkmergel und bei 50 bis 75 v. H. Tongehalt Tonmergel; ist der Kalkmergel reich an kohlenaurer Magnesia, so heisst er Dolomitmergel. Der Kalkmergel, welcher 24 bis 30 v. H. Tongehalt besitzt, liefert einen sehr guten, beinahe den besten natürlichen hydraulischen Kalk; derselbe hat bei seiner Ausbeute, daher in feuchtem Zustande, gewöhnlich eine gelbliche, mehr dunkelgraue, unreine Farbe; trocknet er an der Luft, so wird er, beinahe ins Weisse übergehend, gelb. Man kann ihn ebenso wie Kreide zum Schreiben verwenden, nur wird das Geschriebene statt rein weiss etwas gelblich erscheinen. Der gute Kalkmergel bleibt an der Zunge kleben. Der Mergel braust mit Säuren um so mehr, je mehr er Kalk enthält und hinterlässt dabei einen Rückstand von Ton; je tonreicher er ist, desto geringer ist das Brausen und desto grösser der Rückstand. Alle Mergel geben beim Anhauchen einen Tongeruch und halten die Feuchtigkeit lange zurück; die meisten zerfallen an der Luft und werden dadurch fähig, in der Landwirtschaft als Düngungsmittel verwendet zu werden; sie liefern in der Regel einen sehr lockeren Boden, der die Feuchtigkeit lange anhält und eignen sich daher vorzugsweise zur Verbesserung eines sandigen Bodens.

Der Mergel ist meist deutlich geschichtet, bildet mehr oder weniger mächtige Bänke, ist stets stark zerklüftet, und wird durch die Einwirkung von Luft und Regen leicht zerstört; er kommt im Flötzgebirge als ein Glied älterer und neuerer Kalkformationen, häufig im aufgeschwemmten Boden zwischen Sand- und Tonschichten vor. Er bildet eine mächtige Grundlage von einem grossen Teile Norddeutschlands, vornehmlich von Schleswig, Holstein, Mecklenburg, auch von Jütland; alsdann kommt er namentlich in den oberen Schichten der verschiedenen Kohlenformationen vor, worin derselbe bisweilen eine Mächtigkeit von 30 bis 45 Meter erreicht.

§ 18.

Kalkmergelnieren, Kalksteinnieren. Dieselben kommen meistens in jenen Tonschichten vor, welche mit den Kalksteinbänken der Oolithenformation wechseln, dann in derjenigen Tonschicht, die über der Kreide liegt. Diese Mergelnieren enthalten 20 bis 40 v. H. Ton; sind meist eiförmig gestaltet, teils faustgross, teils bis 25 cm dick und 30 bis 60 cm lang; sie sind gelblich grau, braun, mit Adern von Kalkspat durchzogen, nicht selten im Innern hohl und mit Kalkspatkristallen, Muscheln, Holzstücken und dergl. drüsenartig ausgefüllt. Wo nicht besondere Umstände die Gewinnung dieser Mergelnieren begünstigen, können dieselben nicht gewonnen werden, da sie einzeln in Ton zerstreut liegen. In Hohlwegen, an Fluss- und Meeresufern wird aber der Ton zerstört und werden die Nieren in grosser Menge am Ufer liegend gefunden, wodurch ihre Gewinnung wesentlich erleichtert ist.

Man findet sie namentlich in England in Sommersetshire, Derbyshire, Yorkshire, Glamorganshire auf der Insel Wight, Sheppy, Thanet, an den Ufern und im Bette der Themse; an der französischen Küste bei Boulogne (Gallets

de Boulogne), an der holländischen Küste bei Antwerpen. Ähnliche Kalkmergelnieren kommen auch bei Neustadt-Eberswalde, auf Rügen am Abhänge bei Arkona im Tone vor; auch in Bayern bei Altdorf, Kulmbach. Ferner in Ungarn im Berge zu Battina, im Donau-Ufer an den Strecken unter Pest, zu Titel an der Theiss. Spezifisches Gewicht der englischen 2,59, der französischen 2,16. Diese Kalkmergelnieren geben ebenfalls nach dem Brande einen sehr guten hydraulischen Kalk; bekannt ist der daraus gefertigte Parkers Romancement und Plâtre-ciment de Boulogne sur mer.

§ 19.

Die Bergmilch, Montmilch (Mehlkreide, mineralischer Schwamm), eine Kreide neueren Ursprungs, gelblich-, graulich-, schneeweiss, aus locker verbundenen, zusammengebackenen Kalkteilchen bestehend, oft weicher und lockerer als Kreide, oft von Wasser durchdrungen und weich, abfärbend, fühlt sich fein und mager an, hängt etwas an der Zunge und rauscht zwischen den Fingern. Sie findet sich namentlich in Höhlen und Klüften der Kalkgebirge und überzieht die Ablösungen des verhärteten Mergels und Sandsteins in der Schillershöhle bei Hohen-Wittlingen unfern Urach in Württemberg, im Bündnerschen, Braunschweigischen (Walkenried), in Böhmen (Rochosetz, Bunzlauer Kreis, Duchorsitz), in Mähren (Slouperhöhle), in Österreich (Kalkhügel), bei Mödling, Eichkugel, um Baden, unweit Regensburg, beim Passe Struv, Lueg, im Hohlwegtale unweit Frauenwiese, am Gaisberg bei Kirchberg, am linken Ufer der Alz, unweit Altenmark, im Bayreuthischen, Bergischen, in der Schweiz, in Piemont und anderwärts.

Man verbraucht sie, besonders in der Schweiz, roh zum Tünchen der Wände und zum Anstriche auf Holz. Wegen des Abschmutzens versetzt man sie zuweilen mit einem Achtel bis einem Drittel Ätzkalk. In der Uckermark wird sie, in Backsteinform gebracht, gebrannt.

§ 20.

Austernschalen und Muscheln. Aus Muschelschalen aller Art, die man an den Küsten des Meeres in Massen ansammelt, wo sie nach der Flut auf Sandbänken in Menge zurückbleiben, brennt man den Muschelkalk, der in solchen Gegenden fast ausschliesslich gebraucht wird.

Sie werden in Holland und an der deutschen Nordküste (Friesland, Bremen u. a.) teils in Haufen geschichtet, mit Holz und Torf überdeckt, teils in Gruben gebrannt. Sie müssen scharf gebrannt werden, denn der geringste Rückstand von Kohlensäure hindert das Löschen; überhaupt löscht sich der Kalk aus Muscheln schwerer, als Steinkalk. Da den Muscheln Meersalz anhängt, so bildet sich durch das Brennen etwas Chlorcalcium, wodurch der davon gefertigte Mörtel hygroskopisch wird, die Mauern feucht bleiben und kohlen-saures Natron auswittert. Man braucht ihn daher auch nicht zum äusseren Verputz und lässt in diesen Gegenden die von Backsteinen ausgeführten Mauerflächen roh. Durch starkes Auslaugen und Waschen der Muscheln in süssem Wasser kann dem etwas vorgebeugt werden. Zu gleichem

Zweck werden an den Küsten des adriatischen und mittelländischen Meeres die Korallen benutzt. Nach Beaumé geben die Muscheln einen schärferen Ätzkalk als die reinsten Kalksteine. Vauquelin fand in ihnen ausser kohlen-sauren Kalk auch etwas phosphorsauren Kalk, Talkerde und Eisenoxyde. Nach John enthalten sie 96,25 v. H. kohlen-sauren Kalk, 0,5 kohlen-saure Bitter-erde, 1,5 tierische Membrane, 0,5 Wasser, 0,25–0,5 phosphorsauren Kalk, Spuren von Eisen und Manganoxydul.

III.

Die Untersuchung der Kalksteine.

§ 21.

Um die Verwendbarkeit der Steine zum Kalkbrennen zu ermitteln, ist eine chemische Untersuchung erforderlich; zunächst unterwirft man sie einer vorläufigen Untersuchung, ob der zu verwendende Stein überhaupt Kohlen-säure enthält. Zu diesem Zwecke braucht man auf denselben nur einen Tropfen Weinessig, Salpeter- oder Salzsäure zu giessen oder ein Stückchen zu zerpulvern und einige Finger voll in diese Säure zu werfen; erfolgt ein Aufbrausen, eine Gasentwicklung, so ist Kohlensäure vorhanden und der Stein gewöhnlich zum Kalkbrennen zu verwenden. Zu einer genauen che-mischen Untersuchung der zu verwendenden Kalksteine wendet man sich, wenn man selbst nicht dazu in der Lage ist oder die hierfür erforderlichen Apparate nicht besitzt, am besten an ein chemisches Laboratorium.

§ 22.

Um sich von der Güte des gebrannten Kalkes, insofern dieselbe von fremden, ihm beigemengten Erdarten abhängig ist, zu überzeugen, kann man folgendermassen verfahren. Man schüttet eine beliebige, jedoch vorher ab-gewogene Menge des gebrannten Kalkes, den man prüfen will, in ein feines leinenes Tuch und bindet es mit einer Schnur so zu, dass der Kalk locker bleibt und nicht herausfallen kann. Man bringt hierauf das Tuch in ein Gefäss, je grösser um so besser, mit Regenwasser; nachdem sich der Kalk gelöscht hat, schwenkt man das Bündel fleissig im Wasser herum, damit sich Kalk so lange darin auflöse, bis es gesättigt ist, was man leicht an einer milchigen Trübung erkennt, die ungeachtet des häufigen Umrührens nicht verschwindet. Ist diese Trübung eingetreten, so erneuert man das Wasser und fährt damit so lange fort, bis aller Kalk in dem Tuche sich aufgelöst hat, was man daran erkennt, dass das Wasser selbst beim häufigen Schwenken des Tuches in demselben nicht mehr getrübt wird. Die in dem Tuche zurück-gebliebenen Bestandteile sind dann die erdigen Teile, die den Kalk verun-reinigen. Schüttet man diese Stoffe aus dem Tuche, trocknet und wiegt sie

demnächst, so kann man leicht die Prozente berechnen, die der Kalk an fremdartigen Teilen enthält. Will man jedoch ein sehr genaues Ergebnis haben, so muss man in folgender Weise verfahren. Der Kalk, der zum Versuche bestimmt ist, wird abgewogen, in das leinene Tuch getan, zugebunden und das Ganze nochmals gewogen; der Unterschied der in dieser Art erhaltenen beiden Gewichte ist dem Gewichte des leinenen Tuches und der Schnur gleich. In einer gläsernen oder porzellanenen Schale wird die Auflösung des Kalkes, wie vorhin beschrieben wurde, vorgenommen. Bevor frisches Wasser zugegossen, lässt man das Kalkwasser einige Zeit zugleich stehen, damit diejenigen festen Körper, die von dem leinenen Tuche nicht zurückgehalten wurden, zu Boden sinken können, und giesst es dann behutsam ab. Hat sich der Kalk in dem Tuche vollständig aufgelöst, so wird dasselbe mit seinem Inhalte getrocknet. Hierauf wird ein Filtrum abgewogen und in dasselbe das Kalkwasser mit seinem Bodensatze aufgegossen, indem man dafür Sorge trägt, dass von dem letzteren nichts in der Schale zurückbleibt. Ist die Filtration vollendet, so wird das Filtrum mit seinem Inhalte getrocknet. Das Tuch und das Filtrum werden nun gewogen und von diesem Gewichte das Gewicht des Tuches und des Filtrums abgezogen, so ist der Rest das gesuchte Gewicht der im Kalke enthaltenen Unreinigkeiten. Man hätte z. B. 2 kg gebrannten Kalk zur Untersuchung bestimmt, so würde man folgendermassen verfahren:

Gewicht des Kalkes	. . . . .	2 kg — gr
„ „ Kalkes und Tuches	. . . . .	2 „ 20 „
„ „ Tuches	. . . . .	— kg 20 gr
„ „ Filtrums	. . . . .	— „ 4 „
„ „ nach geschehener Auflösung des Kalkes		
getrockneten Tuches	. . . . .	— „ 65 „
„ „ nach vollendeter Filtration getrockneten		
Filtrums	. . . . .	— „ 9 „
Im ganzen	. . . . .	— kg 74 gr
Gewicht des Tuches und Filtrums	. . . . .	— „ 24 „
Gewicht der fremden Bestandteile	. . . . .	— kg 50 gr

Es verhalten sich also:

$$2 \text{ kg} : 50 \text{ gr} = 100 : 2,5.$$

Der Kalk enthält demnach in 100 Gewichtsteilen 2,5 Gewichtsteile fremdartige Bestandteile; er ist daher fett.

§ 23.

Von allen Mitteln zur Untersuchung des Kalkes bleibt indes das Brennen jedenfalls das einfachste, und zugleich das, welches in bezug auf seine Angaben das meiste Vertrauen verdient. Zu dem Ende ist es ausreichend, ein Stück des Steines, welcher gewogen worden, einem anhaltenden und heftigen Feuer auszusetzen, es einige Zeit darin weissglühend zu erhalten, oder mehr-

mals auszuglühen, nach der Calcination zu wiegen, um die Menge der ausgetriebenen Kohlensäure zu ermitteln, und hierauf während zwei oder drei Minuten unter Wasser zu tauchen, zuletzt aber der Luft auszusetzen.

Wenn das Stück wirklich Kalkstein war, so wird eine bedeutende Gewichtsverminderung eingetreten sein. Die bituminösen Teile und der Wassergehalt mancher Kalksteine sind für das Verhalten bei der Verwendung gleichgültig, da sie durch das Brennen zerstört werden.

Wenngleich dieses Verfahren einfach genug ist, so kann man es doch noch abändern und es schneller und mit geringerem Feuer ausführen. Hierzu pulvert man das Stück Stein, schüttet das Pulver in einen Kolben und setzt es unter öfterem Umrühren ungefähr eine Stunde lang dem Glühen in einem ziemlich heftigen Feuer aus; nach dem Erkalten wird es gewogen und den angegebenen Proben unterworfen.

§ 24.

Das Verhalten der Kalksteine, die nicht aus reinem kohlen-sauren Kalk bestehen, ist im Feuer nach Knapp folgendes:

Alle übrigen kohlen-sauren Kalke verlieren ebenso ihre Kohlensäure; nur der Kalk und die Bittererde bleiben rein zurück, während sich das Mangan- und Eisenoxydul sofort höher oxydieren. Das Wasser wird einfach ausgetrieben, die bituminösen, organischen Teile werden verkohlt. Dagegen findet eine sehr wichtige Wechselwirkung zwischen der Kieselerde, sowohl der freien als der an Tonerde gebundenen, statt. Der Kalk, einmal ätzend geworden, verbindet sich nämlich bei der Glühhitze mit der freien Kieselerde, oder zersetzt das Tonerdesilikat dadurch, dass er sich in diese Verbindung, eine Tonerdesilikatlösung bildend, einschleibt; er wirkt, wie man sagt, aufschliessend darauf.

§ 25.

Zur Untersuchung der hydraulischen Eigenschaften von Kalksteinen oder Mergel empfiehlt Mihálik*) folgendes Verfahren:

Man zerschlägt den zu untersuchenden Stein oder Mergel in Stücke bis zur Grösse eines Hühnereies und setzt erstere $1\frac{3}{4}$ bis 2 Stunden lang der Weissglühhitze, letzteren aber nur einer sehr starken Rotglühhitze aus (was auch beim Schmiedefeuertunlich ist); verwandelt dann die gebrannten Stücke, am besten in einem Mörser, zu ganz feinem Pulver, durchsiebt solches und begiesst es auf einer Blechplatte, auf einem Porzellanteller oder auf einem vorher mit Wasser gehörig genetzten Brettchen, mit ebenso viel Regenwasser, als zu dessen Sättigung nötig ist. Hierauf wird der so erzeugte Teig mittelst eines hölzernen Löffels gehörig abgerieben, dann fünf bis zehn Minuten fest durchstrichen und gerührt, bis er eine Dichte erlangt, welche gestattet, aus der Masse eine Kugel von der Grösse einer Nuss oder eines Hühnereies zu

*) Praktische Anleitung zum Beton-Bau für alle Zweige des Bauwesens von Joh. von Mihálik. 2. Aufl. Wien 1859, S. 19.

bilden. Nun legt man vor Verlauf von fünf Minuten die Kugel in ein Glas Nr. 1 und giesst in dieses sehr langsam soviel Wasser als nötig ist, um die Kugel mit demselben zu bedecken. In ein zweites, an der Öffnung weiteres Glas Nr. 2 hingegen kann die noch übrige Masse nach der Glasform eingedrückt und ebenfalls langsam mit Regenwasser übergossen werden.

Diese Proben bringt man im Zimmer oder im Freien an einen Ort, wo sie ruhig stehen können. Ist der Kalk ein guter natürlich-hydraulischer, so erfolgt das Festwerden der Probemasse im Glase Nr. 2 in 1—14 Tagen; gehört der Kalk zur besten Sorte, so wird die in das Probeglas Nr. 1 gelegte Kugel während obiger Zeit nicht nur fest geworden sein, sondern auch ihre Form behalten haben. Zeigt sich aber in diesen Probemassen kein Zusammenhang und sind sie in den Gläsern nach drei Wochen auch noch nicht hart, sondern ein Brei, oder zerfallen sie wie Erde, dann hatte man keinen hydraulischen Kalk der Probe unterzogen.

Der Umstand, dass der hydraulische Kalk oder das Kalkmehl das ihm anfänglich beigegebene Wasser plötzlich in sich aufnimmt (verschluckt) und zu der Meinung führen könnte, dass das Mehl nicht genügend nass gemacht worden sei, darf nicht irre leiten; man säume nur nicht, diese trocken aussehende Masse fleissig durchzuarbeiten, und sie wird sich sehr bald in eine feuchte teigartige verwandeln, die jedoch, wenn die Menge des beigegebenen Wassers die richtige war, nie dünnflüssig werden wird. Der dünnflüssige Zustand wäre ein Zeichen, dass der Kalk zu viel Wasser enthielt; dann müsste dieser Brei beseitigt und eine neue Probemasse, jedoch mit weniger Wasserzusatz als früher, bereitet werden.

§ 26.

Neuerdings ist ein einfacher und leicht zu bedienender Apparat bekannt geworden, mit dessen Hilfe man bei einiger Uebung und Vorsicht, auch ohne tiefgründige chemische Vorkenntnisse zu besitzen, die Güte eines Kalkmaterials rasch und zuverlässig ermitteln kann. Es ist dies das „Kalk-Kalorimeter“ von Dr. Stiepel, das abweichend von den sonst gebräuchlichen „Calcimetern“ nach Dittrich, Cramer u. s. w. nicht den rohen Kalkstein sondern den gebrannten Kalk zum Ausgangspunkt der Untersuchung nimmt. Dr. Stiepel misst die Höhe der mit dem Ablöschen des reinen Calciumoxydes verbundenen Wärmeentwicklung und gewinnt dadurch einen zuverlässigen Schlüssel für die Beantwortung der Frage: wieviel Prozent Kieselsäure, Ton und dergl. sind in dem zu untersuchenden Ätzkalk enthalten? Zwar ist im vorhergehenden § 22 schon angegeben, wie man zu verfahren hat, um roh angenähert die Reinheit eines Kalksteines zu bestimmen, doch ist die Methode Dr. Stiepels um so vieles bequemer, zuverlässiger und genauer, dass es wohl verlohnt, hier näher auf dieselbe einzugehen, wobei wir in der Hauptsache einem Vortrage des Erfinders folgen, den derselbe im Jahre 1902 im Verein der Kalkinteressenten zu Berlin gehalten hat.

Da die Handhabung der analytischen Methoden durchweg nur von Chemikern geschehen kann, so lag seit jeher das Bedürfnis vor, für oft wiederkehrende Bestimmungen Methoden ausfindig zu machen, welche, auch von Laienhand ausgeführt, in schneller und bequemer Weise genügend genaue

Resultate geben, und den Zweck einer bestimmten Untersuchung erfüllen. Auch die mit Kalk arbeitenden Industrien besitzen und verwenden vielfach Apparate, welche in einfacher und schneller Weise gestatten, den Gesamtkalkgehalt eines rohen Kalksteines mit meist genügender Genauigkeit zu ermitteln.

Diesem Zweck dienende Apparate, „Calcimeter“ genannt, sind unter anderem a) der Quecksilberapparat von Ditterich, b) der Wasserapparat nach Scheibler-Ditterich, c) der Baurische Apparat, verbessert von Cramer, d) der Apparat von Lunge und Marchlewski u. a. m.

Die Bestimmung des Gehaltes an kohlensaurem Kalk ist bei den meisten dieser und anderer Apparate eine volumetrische und erfolgt in der Weise, dass eine geringe Menge des fein gepulverten Kalksteines in einem geschlossenen Glasgefäss mittelst Salzsäure zersetzt und die entwickelte Kohlensäure in einer Messröhre aufgefangen wird. Aus dem Volumen berechnet sich alsdann der Gehalt des Kalksteins an kohlensaurem Kalk.

Die Verwendung des Kalksteins geschieht jedoch in der Regel nicht in Form des ungebrannten, sondern derjenigen des gebrannten Kalksteins, und ist die Menge des ablöschbaren Kalkes bei den gewöhnlichen Kalksteinen dem Gesamtkalk in der Regel nicht quantitativ entsprechend.

Fast alle Kalksteine enthalten, wie bekannt, mehr oder minder grosse Mengen an Kieselsäure, Eisen und Ton, Magnesia und selbst Alkali. Von den vorgenannten Beimengungen, welche in den Kalksteinen vorkommen können, ist es vor allem die Kieselsäure, welche durch den Brennprozess je nach der Art des Vorhandenseins sich mit einem mehr oder weniger grossen Teil des Kalkes zu nicht ablöschbaren Calciumsilikaten verbindet. Grobe Quarzadern wirken beim Brennen, wie bekannt, weit weniger nachteilig als gleiche Mengen Kieselsäure, welche gleichmässig im Kalkstein verteilt sind. Daneben ist, abgesehen von der Struktur, die Grösse der Kieselsäurewirkung eine Funktion der Brenndauer, wie auch der Brenntemperatur: Funktionen, welche beim Brennen der Kalksteine im Kalkofen beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein können. Diesbezügliche Messungen haben z. B. zwischen 1000–1400° C. schwankende Temperaturen im Kalkofen ergeben.

Obschon die chemische Zusammensetzung der einzelnen Kalklager im allgemeinen keine wesentlich schwankende ist, so wird es doch nicht möglich sein, die Menge des ablöschbaren Kalkes im gebrannten Kalkstein ein für allemal zu ermitteln, da, wie schon vorhin hervorgehoben, die Einwirkung der Kieselsäure auf den Kalk von der Brenntemperatur und der Brenndauer abhängt. Zudem vermag auch das verwendete Brennmaterial mehr oder weniger nachteilig zu wirken. Endlich kann der Betrieb des Kalkofens auch aus verschiedenen anderen Gründen ein fehlerhafter sein und deshalb auch ein schlecht ablöschbarer gebrannter Kalk produziert werden. Hier können nur oft wiederholte Untersuchungen während des Betriebes Abhilfe schaffen, welche bisher wegen Mangelhaftigkeit der vorhandenen Methoden jedoch nicht ausgeführt werden konnten. Die Gesichtspunkte, welche der Leiter

von Kalköfen zur rationellen Gestaltung seines Betriebes ins Auge zu fassen hat, sind, abgesehen von der richtigen Wahl der Ausgangsmaterialien — Kalkstein und Brennmaterial — die ja meist durch lokale Verhältnisse beschränkt sind, im eigentlichen Betriebe Temperaturmessungen im Kalkofen und sich oft wiederholende Untersuchungen des gebrannten Kalksteins auf seinen Gehalt an freiem Ätzkalk.

Man ersieht schon aus diesen Bemerkungen, dass selbst eine genaue Analyse eines Kalksteins kein scharfes Bild von dem technischen Wert desselben geben kann, da dieselbe nicht zwischen an Kieselsäure gebundenem Kalk und freiem Ätzkalk zu unterscheiden vermag.

Dieser Mangel der analytischen Methode hat sich seit langer Zeit fühlbar gemacht, und man hat auch auf rein chemisch-analytischem Wege versucht, demselben abzuhelpfen. Ich erinnere an die Methode der Auslaugung des gebrannten und abgelöschten Kalkes durch Zuckerlösung. Diese Methode ist jedoch ihrer Umständlichkeit und der unsicheren Resultate wegen, welche mittelst derselben erzielt werden, wieder fallen gelassen worden.

Hier ist es die Thermochemie, die Lehre von den Wärmevergängen, die durch chemische Vorgänge bedingt sind, welche diese Lücke der reinen Analyse auszufüllen vermag.

Wie bekannt, ist jede chemische Reaktion, jeder chemische Prozess mit einer positiven oder negativen Wärmeentwicklung verbunden, die stets für diesen Prozess dieselbe ist.

Von den zahllosen Reaktionen der Experimentalchemie eignet jedoch sich nur eine relativ geringe Anzahl derselben zu thermochemischen Messungen, nämlich fast nur solche, welche in der kurzen Zeit einiger Minuten bei gewöhnlicher Temperatur verlaufen.

Zu ihnen gehört auch die Umsetzung des Ätzkalkes mit Wasser, welche im Sinne der Gleichung: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + 15500 \text{ Kal.}$ verläuft. Lösche ich daher Ätzkalk mit einer überschüssigen Menge Wassers, so wird die frei werdende Wärmemenge an dieses übertragen und ist durch eine Temperaturerhöhung desselben wahrzunehmen.

Den Apparat in seinen vielgestaltigen, den verschiedenen wissenschaftlichen Zwecken dienenden Formen, welche die Thermochemie bei ihren Ermittlungen benutzt, nennt man allgemein hin Kalorimeter.

Nimmt man das Ablöschen beliebiger Mengen reinen Calciumoxyds in einer bestimmten Menge Wasser unter stets gleichen Bedingungen vor, so können an den ermittelten Temperaturerhöhungen die Verhältniszahlen berechnet werden, in welchen bei verschiedenen Ablöschungen die verwendeten Quantitäten Calciumoxyds zueinander gestanden haben.

Da die Versuchsbedingungen die gleichen waren, bedarf es also keiner Anbringung einer Korrektur bezüglich des kalorimetrischen Wertes des Apparates. Verwendet man auf der anderen Seite sowohl eine stets gleiche Menge Wasser wie auch gleiche Mengen eines gebrannten Kalksteins, der also nicht mehr reines Calciumoxyd ist, so ersieht man aus den sich gegenüber der beim Ablöschen des gleichen Quantum reinen

Calciumoxyds ergebenden Temperaturdifferenz, wieviel reines Calciumoxyd in dem gebrannten Kalkstein abgelöscht worden ist.

Verwendet man zuletzt nicht mehr ein Thermometer mit einer Einteilung in Grade Celsius, sondern ein solches, bei welchem unter bestimmten, stets in gleicher Weise innegehaltenen Versuchsbedingungen der Abstand zweier Teilstriche der Temperaturerhöhung entspricht, welche 1 % Calciumoxyd hervorruft, so ist man in der Lage, an diesem Thermometer sogleich die Procente ablöschbaren Kalkes abzulesen, welche ein beliebiger Kalkstein enthält.

Der Apparat, Fig. 1, besteht zunächst aus einem äusseren, auf drei Metallfüssen ruhenden cylindrischen Hohlkörper aus Hartgummi von ca. 20 cm lichter Weite und gleicher Höhe. In diesen ist ein zweiter Hartgummi-Hohlkörper der gleichen Form von ca. 6 cm lichter Weite und 15 cm Höhe eingesetzt, welcher auf einer Spiralfeder ruht, die bewirkt, dass dieser Körper sich gegen den Deckel dicht andrücken kann. Letzterer Cylinder nimmt ein Becherglas auf, in welchem das Ablöschen des Kalkes vorgenommen wird. Verschlossen wird das Ganze durch einen Deckel gleichfalls aus Hartgummi, welcher mittelst Bajonettverschluss sich festlegt. Der Deckel hat zudem zwei Durchbohrungen, und zwar eine für das Thermometer und eine zweite für das Rührwerk. Letzteres besteht aus einem Metallstab, an welchem unten ein ringförmiges Sieb mit Seitenwänden angelötet ist. Dasselbe dient zunächst zur Aufnahme des abzulöschenden Kalkes und sodann als Rührer zur gleichförmigen Verteilung der Wärme. Vermittelst der Schraube kann das Rührwerk in jeder beliebigen Höhe arretiert werden.

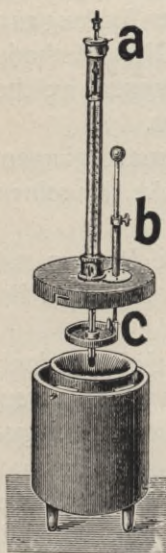


Fig. 1.

Das Thermometer besitzt eine eigene Konstruktion. Dasselbe hat eine Skala, welche nicht in Grade Celsius eingeteilt ist, sondern derart, dass beim Ablöschen der für jeden Apparat genau bestimmten Menge reinen Calciumoxyds (ca. 8 g) in 50 ccm Wasser das vor dem Versuch auf die Nullmarke eingestellte Thermometer bis zur Hundertmarke steigt, wobei die Strecke 0—100 ca. 15 cm beträgt. Diese Strecke ist in hundert gleiche Teile geteilt, so dass also ein Teilstrich einem Prozent Calciumoxyd entspricht. Um nicht immer bei ein und derselben Temperatur arbeiten zu müssen, für welche der Quecksilberfaden vor dem Versuch auf Null einsteht, sondern bei beliebigen Temperaturen zwischen ca. 15—25° C., ist die Scala durch eine besondere Vorrichtung im Thermometer beweglich angebracht, so dass man leicht vor jedem Versuch durch Drehen der Kopfschraube den Nullpunkt in die Höhe des Quecksilberfadens einstellen kann, wodurch also jede Rechnung vermieden wird.

Das bei jeder Bestimmung abzulöschende Quantum Kalk ist jedem Apparat in Form eines Gewichtsstückes beigegeben, auf welchem zudem das Grammgewicht vermerkt ist.

Die Ausführung der Bestimmung geschieht in folgender Weise: Nachdem auf einem Trierblech das Gewicht des Kalkes in Form erbsengrosser Stücke abgewogen ist, wobei die genaue Abwägung zuletzt durch Zugabe von feinem Kalk bewirkt werden kann, werden die Kalkstücke auf das Sieb des Rührwerkes gelegt und das feine Pulver in das Becherglas gegeben, in welchem sich 50 ccm Wasser befinden. Mittelst der Schraube wird das Rührwerk dabei so hoch festgehalten, dass es bei nunmehr erfolgendem Aufsetzen des Deckels sich über dem Wasser befindet. Zuvor war der Apparat wie auch das Wasser auf die gerade herrschende Temperatur des Raumes gebracht und die Nullmarke in gleicher Höhe mit dem Quecksilberfaden eingestellt. Nunmehr wird die Schraube gelockert und das Rührwerk in langsame, ununterbrochene Bewegung versetzt, und zwar so lange, bis der Quecksilberfaden seinen höchsten Stand erreicht hat, wozu es bei brauchbaren Kalksteinen nur der Zeit von ein paar Minuten bedarf. Die Ablesung an der Scala ergibt sofort die Prozente ablöschbaren Kalkes in dem untersuchten Kalkstein. Nach der Bestimmung wird der Deckel abgehoben, durch Lösen der Schraube der Rührwerksteller abgelöst und dieser nebst Thermometer und Becherglas gereinigt und abgetrocknet. Nach dem Zusammenstellen des Apparates kann zu einer neuen Untersuchung geschritten werden.

Die Ausführung einer Kalksteinprüfung mit dem Apparat lässt sich so in längstens einer Viertelstunde bequem beendigen, und wird derselbe selbst von einem gewandten Vorarbeiter benutzt werden können, so dass also einem jeden durch denselben Gelegenheit gegeben wird, einen gebrannten Kalkstein jederzeit in einer Weise zu kontrollieren, wie dies bisher nicht möglich war.

Der Apparat wird von dem chemischen Laboratorium für Tonindustrie in Berlin (Seger & Cramer) angefertigt, der Preis beträgt Mk. 50.—.

Wie man uns mitteilt, hat sich derselbe sehr gut eingeführt und aufs beste bewährt.

IV.

Das Brennen der Kalksteine im allgemeinen.

§ 27.

Die Kunst des Kalkbrennens besteht darin, aus den Kalksteinen die Kohlensäure vollständig mit dem geringsten Aufwand an Kosten, also auch von Brennstoff, auszutreiben. Grossen Einfluss darauf haben Grösse, Natur, Feuchtigkeit u. a. m. der Steine, Brennstoff, Witterung, Einrichtung des Brennofens, Art des Einsatzes und dergl.

Die Kohlensäure fängt auf der Oberfläche des Steines an zu entweichen; hierauf folgt die immer tiefer im Innern eingeschlossene bis auf die des Kerns. Unter sonst gleichen Verhältnissen werden demnach kleinere Steine

in kürzerer Zeit gar gebrannt und man muss zu grosse Steine in kleinere zerschlagen. Dabei ist es um so vorteilhafter, je grösser die Oberfläche der Steine im Verhältnis zu ihrem Rauminhalte ist. Kugelige und würfelige Gestalten sind daher nicht die vorteilhaftesten.

Die als Gas entwickelte Kohlensäure muss möglichst schnell fortgeführt werden, um immer wieder neuer Platz zu machen. Die Steine dürfen deshalb nicht dicht, sondern sie müssen so aufgeschichtet werden, dass ihre Zwischenräume zusammenhängende, fortlaufende Kanäle für den Gasabzug bilden; auch dürfen die Kalksteine zu dem Ende nicht zu klein geschlagen werden, weil sonst die Zwischenräume zu eng werden. Dieser Abzug des Kohlensäuregases wird durch flüchtige Wasserdämpfe beschleunigt und befördert, wenn sich solche zugleich entwickeln können. Vollkommen ausgetrocknete, d. h. solche Kalksteine, die nach dem Brechen lange an der Luft gelegen haben, brennen sich mit trockenem Brennstoff äusserst schwierig gar; dagegen erfolgt bei frisch gebrochenen Steinen, die ihre Erdfeuchtigkeit noch enthalten, und lufttrocknem Brennstoff das Garbrennen am leichtesten. Wenn aber die Erdfeuchtigkeit der Kalksteine zu schnell, in zu grosser Masse ausdampft, so zersprengt sie leicht diese in kleine Stücke, wodurch die Gaszugröhren zu sehr verstopft werden, oder sogar die aus zu brennenden Kalksteinen aufgesetzten Gewölbe der Feuerräume zusammenfallen können. Deshalb und um die Wasserdämpfe nicht zu schnell zu verlieren, muss im Anfang nur langsam (mit Schmauchfeuer) geheizt werden. Die Hitze [soll aber nach und nach bis zur Gare stets gesteigert werden und bis dahin nie herabsinken. Um das Brennen zu sehr ausgetrockneter Kalksteine zu befördern, sucht man oft Wasserdämpfe in den Ofen dadurch zu treiben, dass man in die Aschenfalle Gefässe mit Wasser stellt, welches teils von der Glut des Feuers, teils von der hineinfallenden glühenden Asche sehr stark erhitzt wird und sich in Dampf auflöst, der von dem Zuge in den Ofen geführt die Entbindung des kohlensauren Gases befördern hilft.

§ 28.

Wenn der Kalkstein, der gebrannt werden soll, sehr frei von fremdartigen Bestandteilen ist, wenn er also nach dem Brennen einen sehr fetten Kalk gibt, so kann die Hitze in dem letzten Zeitraum des Brennens ohne Nachteil sehr hoch gesteigert werden, weil der reine Kalk, der also frei von Kohlensäure ist, selbst im stärksten Ofenfeuer unverändert bleibt. Enthält er dagegen Kiesel- oder Tonerde, so erfolgt in hoher Temperatur ein Zusammensintern, d. h. der Kalk wird totgebrannt. Unreiner Kalkstein erfordert daher beim Brennen eine grössere Aufmerksamkeit, als reiner; man muss ihn nämlich durch eine mässig hohe Temperatur in längerer Zeit gar brennen, während man aus reinem Kalksteine durch eine anhaltende höhere Temperatur in kürzerer Zeit die Kohlensäure austreiben kann. Im allgemeinen muss sich deshalb der Hitzegrad darnach richten, ob und bei welchem Grade ein oberflächliches Sintern zu früh eintreten kann. Zugleich muss man nach Verhältnis der Verteilung der Hitze im Ofen die Kalksteine nicht nur nach

ihrer Grösse, sondern auch nach ihrer Dichtigkeit, sowie nach ihrer Verschiedenheit der Beimischung fremder Bestandteile, die oft in einem und demselben Steinbruche ungemein mannigfaltig ist, ausscheiden und einsetzen, wenn man nicht etwa lieber sehr ungleichartige Steine zu ganz verschiedenen Einsätzen (Bränden) ausscheiden will.

Aus diesem Grunde müssen auch grössere und dichtere Steine in der Nähe des Heizraumes und in der Mitte des Ofens, die kleinen dagegen an die Wand und nach oben hin gesetzt werden. Der erforderliche Hitzegrad wechselt von 15–30° Wedgewood. Beim Beginn des Anfeuerns (Schmauchfeuers) mit Reisig oder kleinem Spaltholze steigt 6–12 Stunden lang ein dicker, schwarzer Rauch auf, der die auf der Oberfläche feucht beschlagenen Steine schwärzt, mit der Steigerung der Glut braun wird und abnimmt, wobei die Anrussung oder Schwärzung der Steine sich wieder verliert, bis endlich die Flamme durch die oberen Öffnungen der Zuglöcher schlägt. Erst erscheint sie dunkelrot, violett, dann blau, gelb, endlich weiss. Die Weissglühhitze wird dann nach Verhältnis der ungemein mannigfaltigen Einflüsse und Bedingungen bald längere, bald kürzere Zeit unterhalten, bis man das Feuer vermindert, den Ofen allmählich abkühlen lässt und den Kalk austrägt, wenn der Ofen kein kontinuierlicher Stichofen ist.

§ 29.

Die Kalköfen müssen so nahe als möglich an den Orten angelegt werden, wo man den Kalkstein und den Brennstoff gewinnt, oder wo eine bequeme Wasserstrasse die Anfuhr beider gestattet, weil die Frachtpreise Ausgaben sind, woran sich am wenigsten sparen lässt, so dass schlechte Einrichtungen in dieser Beziehung die doppelten Kosten veranlassen können.

Zu der Heizung können die verschiedenartigsten Brennstoffe, als Holz, Steinkohlen, Braunkohlen, Torf verwendet werden, wobei jeder Brennstoff eine besondere Einrichtung der Feuerung und der Beschickung der Öfen bedingt. Die Heizöffnungen oder die Schürlöcher müssen gegen den Wind geschützt sein; man bringt sie daher an der Seite des Ofens an, die den herrschenden Winden abgekehrt ist, schützt sie auch wohl durch einen Vorbau, durch eine Tür, durch Schirme oder vorgelegte Reisigbündel. Denn wird die Heizöffnung vom Winde getroffen, so treibt er die Flamme nach hinten, der an der Hinterseite des Ofens befindliche Kalk wird allein stark erhitzt, der an der Vorderseite befindliche weniger, in folgedessen er nicht gar gebrannt wird. Man erkennt diesen Zustand daran, dass sich die Steine des Schürgewölbes schwärzen; man muss dann den Windzug vermindern und durch Flackerfeuer nachhelfen.

§ 30.

Da der kohlen saure Kalk 0,56 Teile Ätzkalk und 0,44 Teile Kohlensäure dem Gewichte nach enthält, so kann der gebrannte Kalk bis 44 v. H. seines Gewichtes in rohem Zustande durch Brennen verlieren und noch mehr bis

zur Hälfte, wenn er ausserdem feuerflüchtige Teile (Bitumen und dergl. mehr) enthält, die ihm im rohen Zustande eine grün-schwarze Farbe geben, welche dann weiss erscheint, wie allemal, wenn die färbenden Stoffe sämtlich feuerflüchtig sind.*) Sind nur einige derselben flüchtig, so geht doch immer eine Farbenänderung (Farbenlichtung) vor; reiner Kalk erscheint immer weiss, doch nicht immer umgekehrt. Zugleich vermindert sich beim Brennen des Kalkes sein Volumen um 5—10 v. H., also setzt sich der Einsatz immer mehr. Aus dem vorher Erwähnten ergeben sich nun die Regeln, die den Kalkbrenner bei der Beurteilung des Grades der Gare leiten müssen. Durch Übung erlangt er einen ziemlich sicheren Schluss hierauf, aus der Gewichts- und Umfangsabnahme (Setzen), aus der Entfärbung oder Farbenänderung, aus dem Schein in der Weissglühhitze und dergl. mehr.

§ 31.

Über die Zeit, wann ein Brand beendet sein kann, lässt sich nichts Bestimmtes sagen, denn sie ist von der Grösse und Beschaffenheit des Ofens, von der Beschaffenheit des Brennstoffes, von der Dichtheit und sonstigen Beschaffenheit der Kalksteine, von der Lage des Ofens gegen die herrschenden Winde und von der Einwirkung derselben auf den Ofen abhängig. Wenn alle Verhältnisse günstig genannt werden können, so sind 36 Stunden zu einem Brande in kleineren Öfen hinreichend; oft sind aber 60—100 Stunden erforderlich. Kalksteine, welche fremdartige Bestandteile, als Ton- und Kiesel-erde enthalten, werden weniger Zeit und Feuerung zum Garbrennen erfordern, als ein gleicher Rauminhalt reiner Kalksteine, da jene weniger Kohlen-säure enthalten. Unterhält man das Feuer nicht hinreichend lange, so bekommt man einen Kalk, der im Innern noch nicht völlig gar gebrannt ist, von welchem beim Übergiessen mit Wasser nur die äusseren Schichten sich löschen, ein Kern von ungebranntem Kalk aber zurückbleibt. Dieser Übelstand kann sich am leichtesten bei sehr grossen Stücken Kalkstein zeigen, weil sie die längste Zeit zum Durchbrennen erfordern. Es ist daher sehr zweckmässig, wenn sämtliche Steine, um einen gleichmässig Brand zu erhalten, in ziemlich gleich grosse Stücke von höchstens 75—100 mm Durchmesser zerschlagen werden. Beim Ausleeren des Ofens erkennt man die ungarren Stücke leicht an ihrem grösseren Gewichte. Da, wie oben erwähnt, der Kalkstein beim Brennen etwa 44 v. H. seines Gewichtes verliert, ohne in gleichem Verhältnisse seinen Rauminhalt zu vermindern, so erscheint er nach dem Brennen leichter, weil wir gewohnt sind, die zum Heben erforderliche Kraft nach dem Umfange zu schätzen.

*) Triest hat hierüber mit Rüdersdorfer Kalkstein Versuche im grossen angestellt. Ein Einsatz von 1066 Centnern (53300 kg) wurde in $12\frac{1}{4}$ Stunden mit sechs Haufen Holz (je $18' = 5,62$ m lang, $9' = 2,82$ m hoch und $3' = 0,94$ m breit) gar gebrannt und wog noch 598 Ctr. 74 Pfd. (29937 kg). Beim Garbrennen mit 238 Scheffel (245 hl) Steinkohlen wog ein Einsatz von 969 Centnern (48450 kg) noch 539 Ctr. $29\frac{1}{2}$ Pfd. (26964,75 kg).

§ 32.

Man unterscheidet beim Kalkbrennen im allgemeinen:

1. Feldbrand,
2. Ofenbrand mit unterbrochenem (periodischem) Brande, bei welchem die ganze Ladung auf einmal ausgezogen wird,
3. Ofenbrand, mit ununterbrochenem (kontinuierlichem) Brande, bei welchem der gebrannte Kalk unten ausgezogen und zugleich roher Kalkstein oben aufgegeben wird, und
4. Ringofenbrand.

V.

Das Brennen der Kalksteine in Feldöfen.

§ 33.

Ist Brennstoff im Überfluss vorhanden und erlauben es die Zeit oder die Anlagekosten nicht, zweckmässig eingerichtete und regelmässig ausgeführte Kalköfen zu bauen, so können schon einfach in die Erde (an einem Hügel, Abhang) eingegrabene Gruben, oder auch selbst fast ganz über der Erde und frei aufgesetzte Meileröfen dem gewünschten Zwecke entsprechen. Solche

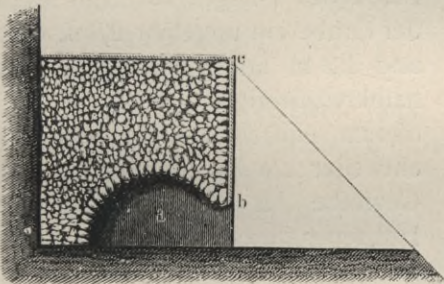


Fig. 2.

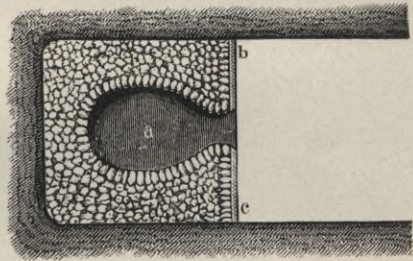


Fig. 3.

Fälle kommen beim schnellen Gebrauch grösserer Mengen und bei der Verwendung des Kalkes zu landwirtschaftlichen Zwecken nicht selten vor.

Da zuweilen solche einfache Anlagen von Nutzen sein können, indem auf grossen Absatz nicht gerechnet werden darf, oder in der Nähe bessere Anlagen fehlen und die Fracht bei grosser Entfernung das Erzeugnis zu kostspielig machen würde, so geben wir nebenstehend von denselben eine Zeichnung und kurze Beschreibung:

Der Kalkbrenner macht (nach dem Längenschnitt und dem Grundriss Fig. 2 und 3) in eine gewachsene oder zu diesem Zwecke aufgeschüttete Erdabdachung einen viereckigen Einschnitt mit abgerundeten Ecken von 1,20 bis 1,50 m Breite und Länge und 2,40—3 m Tiefe, überzieht die inneren Wände mit einem Lehmschlag, oder setzt sie besser mit feuerbeständigen Steinen

trocken aus. In diese Grube werden die Kalksteine, wie die Figuren erläutern, in der Weise aufgesetzt, dass durch grössere Steine im unteren Teile ein freier 30—60 cm breiter und hoher Raum *a* fast nach der ganzen Tiefe gebildet und dieser oben durch eine Art Gewölbe geschlossen wird; über diesem werden kleinere Kalksteine in der Grösse von 75—150 mm so aufgeschichtet, dass die Flamme frei durchspielen kann; dabei wird die vordere Wand *b c* aus grösseren Steinen regelmässig angesetzt, dass die Kalksteine nicht zusammensinken können.

In dem Raume *a* wird die Feuerung mit Wellen, Stockholz oder Scheitholz anfangs gelind, dann stärker drei bis vier Tage beständig unterhalten, bis der Kalk gar ist. Wenn die inneren Wände nicht mit Mauerwerk bekleidet sind, so wird natürlich die Hitze beträchtlich von dem anliegenden Erdreiche verschluckt und ausserdem mit dem Rauche zugleich durch die offene Seite entweichen. Dessenungeachtet erlangt man auch auf diese Weise einen richtigen Ätzkalk mit Ausnahme derjenigen Stücke, welche in Berührung mit der äusseren Luft bleiben, wie die an der Wand *c b* liegenden, welche man ein zweites Mal mit einsetzen muss.

§ 34.

Hat man an einem Abhange festen gewachsenen Lehmboden, so macht man die Grube am besten trichterförmig, wie die Fig. 4 und 5 erläutern, 2,4 bis 2,7 m tief, oben 2,1 bis 2,4 m, unten 0,6 m weit, und sticht am Fusse des Hanges bis zum Boden der Grube ein ungefähr 0,9 m weites und 1,2 m hohes Schürloch *a* mit halbkreisförmiger Decke ein. In diesem einfachen Ofen kann man entweder die Kalksteine mit einem Gewölbe für den Feuerraum zu Holzfeuer einsetzen, und den übrigen Raum des Ofens mit 75 bis 100 mm grossen Kalkstücken füllen, oder man bildet auf dem Boden mit hochkantig gestellten Backsteinen eine Art Rost, legt auf diesen Reiser und Holz, darüber eine etwa 30 cm hohe Lage Steinkohlen (Stückkohlen), über diese setzt man eine 20—25 cm hohe Lage Kalksteine, dann wieder eine Lage 10—13 cm hoch Steinkohlengruss, und so abwechselnd Kohle und Kalkstein, bis der Ofen gefüllt ist. Das Anzünden des Ofens geschieht hierauf

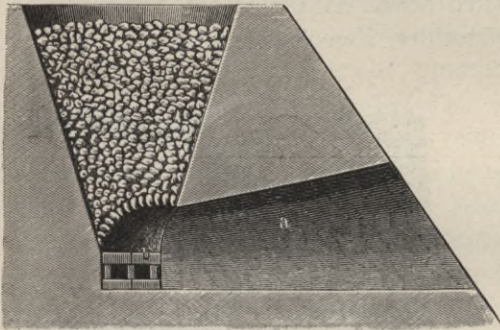


Fig. 4.

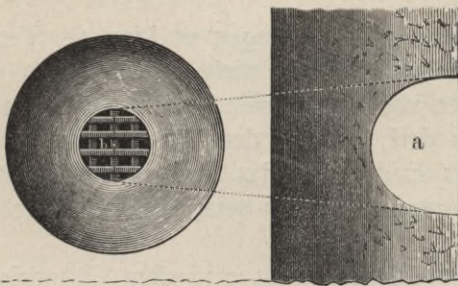


Fig. 5.

auf vermittelst des von unten in Brand gesetzten Holzes und es wird so lange durch das Schürloch Holz nachgetragen, bis die oberste Kalklage

tiefer gesunken ist. Der leere Raum wird sodann wieder mit einer Lage Steinkohlen und Kalksteinen ausgefüllt. Mit 50 kg Steinkohlen werden im Durchschnitt 300 kg Kalksteine gar gebrannt und dabei $11/12$ Stücke und $1/12$ Kalkstaub erhalten.

§ 35.

Die Fig. 6 und 7 zeigen einen Meilerofen, wie solche an den Ufern der Sambre in Belgien angewandt werden.

Auf einer ebenen Bodenfläche wird ein Kreis von 2,90 m Halbmesser abgesteckt, mitten in diesem Raume gräbt man eine ungefähr einen Meter tiefe cylindrische Grube von 0,65 m Weite. Von dem Boden dieser Grube sticht man die Erde schräg nach der abgesteckten Kreislinie zu ab, so dass die Ausgrabung einen abgekürzten umgekehrten Kegel bildet, dessen Grundfläche

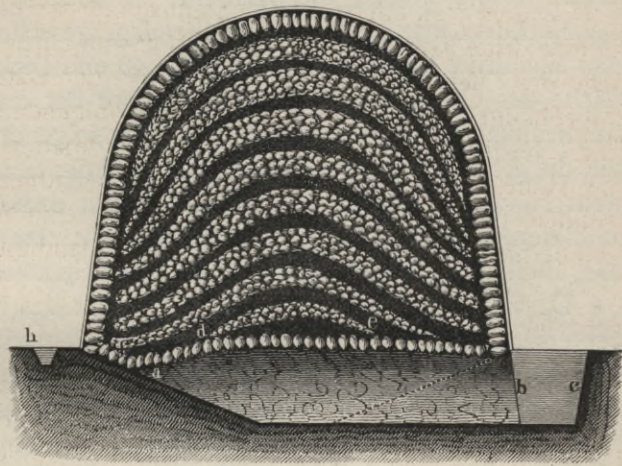


Fig. 6.

in der Ebene dieses Kreises liegt. Von der unteren Grundfläche des Kegels führt man einen Graben *a b* nach dem äusseren Umfang in gleicher Höhe mit der Grundfläche; diesen Graben erweitert man nach *b* zu hinlänglich, um daselbst mit Kalksteinen eine Türöffnung aussetzen zu können; in der Mitte gibt man dem Graben eine Weite von 32 cm im Geviert; am anderen Ende *b* dagegen eine solche von 48 cm. Um Zutritt zu der Vertiefung zu gewinnen, die zum Mundloche des Ofens dient, gräbt man den Graben von *b* bis *c* nach aussen hin noch ein Stück von 65—95 cm im Geviert aus. Nachdem der Heizkanal *a b*

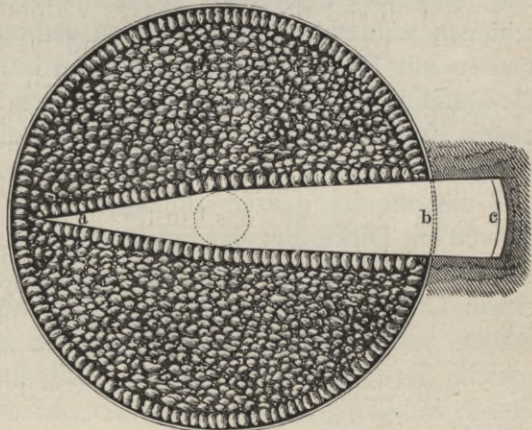


Fig. 7.

mit Steinen überwölbt worden, indem man innerhalb eine Schicht von Steinen mittlerer Grösse mit den Spitzen nach unten gekehrt auf die Bodenfläche stellt, damit sie auf diese Weise kleine Zwischenräume bilden,

die das Durchstreichen der Luft und das Anfügen der Steinkohle gestatten, wirft man hierauf einige Körbe Kalksteinbrocken, welche die Fugen der ersten Lage bedecken und das Durchfallen der Steinkohle verhindern. Die Mitte dieses Steinbettes wird mit Steinkohlen in kleinen Stücken, dann mit Kohlengruss im ganzen 16 cm hoch und 1,95 m im Durchmesser beschüttet. Auf diese bildet man eine zweite Schicht von gleichem Durchmesser mit kleinen hoch gestellten Steinen in geschlossenem Verbande, jedoch etwas geneigt, und aus der Mitte des Ofens nach dem Umfange radial geordnet. Diese Schicht beschüttet man mit Steinkohlen, wie die erste, deren Ränder darauf stossen und verbreitet sie noch 97 cm weiter ringsherum.

Nachdem man abermals eine Steinlage gesetzt und ausgezwickt hat, bringt man eine dritte Kohlschicht von 35–40 mm Dicke darauf, welche die ganze Fläche des Ofens bedeckt und bei *d e* mit der ersten und zweiten Lage zusammenhängt. Endlich ordnet man eine folgende Stein- und Kohlschicht, wie die letztbeschriebene und so fort, gibt ihnen in der Mitte aber stets etwas mehr Höhe, als an den Aussenwänden, um dadurch eine Art von Wölbung zu bilden, der letzten gewölbartigen Schicht eine Art Widerlager zu schaffen und überhaupt dem ganzen Aufbau mehr Standfestigkeit zu geben.

Da aber die Wirkung und Lebhaftigkeit des Feuers bedeutend zunimmt, wenn die ganzen Kohlschichten nach und nach von unten auf entzündet sind, so macht man die sechs oder sieben unteren Schichten der Kalksteine oberhalb der Linie *d e* nur 10 cm dick und vergrössert diese Dicke allmählich mehr und mehr, je weiter man in die Höhe kommt, bis man ihnen endlich 27–32 cm gibt, ohne jedoch die Dicke der Kohlschichten zu verstärken; finden sich zu dieser Masse keine so grossen Steine, so legt man platte Steine zur Ergänzung der Dicke darüber. Gleichzeitig muss man besorgt sein, dass die Steine jeder Lage etwas geneigt gestellt werden, und zwar in entgegengesetzter Richtung der zunächst tieferen Lage, um ihr Zusammenschieben während des Brennens zu verhindern. Dieser Ofen erhebt sich im ganzen mit 19–20 Steinschichten und bis 4,55 m Höhe über die Erde, wobei die Durchmesser der Schichten allmählich abnehmen, so dass der obere Teil einem Kugelabschnitte gleich wird. Sobald der Aufbau soweit fertig ist, bekleidet man ihn äusserlich mit einer 55 mm dicken Lage von feuchtem Lehm und umbaut den ganzen Umfang mit den grössten ausgesuchten Steinen von 30–60 cm Dicke, um das Einstürzen zu verhindern, welches durch das Feuer veranlasst werden könnte. Es ist besonders nötig, diesen Meilerofen mit einem Graben *h* zum Wasserabzuge zu umgeben und an der Windseite Strohmatten aufzustellen, so lange der Ofen im Brande ist. Das Anfeuern geschieht durch kleines Holz und Reisigbündel von dem Feuerraum *a b* aus, dessen Mündung, sobald das Feuer ordentlich angebrannt ist, mit Erde verschüttet wird.

Dieser Ofen fasst 54 cbm Steine und liefert 36 cbm Kalk und 2 cbm Kalkstaub. Er verbraucht 10 cbm Kohlenklein. Sein Aufbau erfordert acht Arbeiter auf vier Tage oder 32 Arbeitstage, und von dem Augenblick seines Anfeuerns, bis zur Zeit, wo man den Kalk ziehen kann, muss man fünf bis

sechs Tage verstreichen lassen. Solche Meilerbrände sind jedoch nur da ratsam, wo Steinkohlen aussergewöhnlich billig zu haben sind, wie z. B. in der Nähe von Steinkohlengruben.

An anderen Orten setzt man die Meileröfen in kegelförmigen Haufen, die an der Grundfläche 5 m, an der Spitze 3 m Durchmesser haben.

§ 36.

Das Anheizen der Kalkfeldbrände geschieht mittelst Reisigbündeln und kleinem trockenem Holze in den Heizkanälen und ist so lange fortzusetzen, bis die Kohlen in allen unteren Teilen des Ofens in Brand gekommen sind. Von dieser Zeit ab, bis das Feuer in die mittleren Teile des Ofens gedrungen ist, bedarf der Feldbrand keiner besonderen Aufsicht. Sobald das Feuer über die Mitte des Ofens hinaus in die Höhe gestiegen, ist darauf zu achten, dass dasselbe nicht etwa nach der dem Winde abgewandten Seite sich stärker verbreitet. In diesem Falle muss durch wiederholtes Zuschmieren der durch Trockenheit entstandenen Risse und Fugen im Lehmanwurfe und durch Schutzwände von Strohmatte oder eines Bretterverschlags der Wind vom Ofen möglichst abgehalten werden. Wird hierauf in diesem wichtigsten Zeitraum des Kalkfeldbrandes nicht gehörig geachtet, so entsteht entweder die Gefahr, dass der Kalk im Feldofen nach der dem Winde abgekehrten Seite verbrennt und an der entgegengesetzten Seite ungar bleibt, oder dass der Ofen, und zwar nach jener Seite einstürzt, wenn er nicht sorgfältig gestützt wird. Letzteres Mittel, den Ofen in diesem Zustande durch Stützen zu halten, gelingt aber selten genügend, und dann ist der Kalkfeldbrand grösstenteils missraten. Es kostet alsdann viel Arbeit, die zum Teil ganz rohen oder halbgaren Kalksteine aus dem Ofen zu räumen, um sie zu einem neuen Feldbrande mit zweifelhaftem Erfolge wieder zu verwenden. Bei Verwendung halbgarer Kalksteine zum Feldbrande ist besondere Vorsicht anzuempfehlen und sind diese stets nur in der Mitte und in den oberen Teilen einzusetzen, denn mehr nach aussen und unten im Ofen wird durch das Nachlöschen der ungareren Kalksteine vermittelst der beim Heizen sich bildenden Wasserdämpfe die Haltbarkeit des Ofens gefährdet. Hat das Feuer die Höhe des Ofens erreicht, so werden die Stellen, wo die Glut sich zeigt, mit einer dünnen Erdschicht bedeckt, bis sich dieselbe über die ganze Oberfläche ausgebreitet hat.

Ist ein Brand gut geraten, so muss der Kalkstein im Ofen bis auf den äusseren Mantel und die den Boden bedeckende Kalksteinschicht vollständig gar gebrannt sein. Das Ausräumen des Kalkfeldofens geschieht nach völliger Abkühlung, aber nur bei gutem Wetter, niemals in der Regenzeit, um das Löschen des Kalkes zu verhindern. Die im äusseren Mantel des Feldofens sitzenden, nicht gar gebrannten Kalksteine sind an der Luft gehörig abzulöschen und werden dann wieder in der oben angegebenen Weise zum neuen Feldbrande benutzt.

Aus Vorstehendem erhellt, dass alle diese und ähnliche Arten des Kalkbrennens sehr mangelhaft und wegen des bedeutenden Bedarfs an Brenn-

stoff unvorteilhaft sind. Man soll daher nur in Nottfällen, oder bei vorübergehendem Bedarfe, endlich da wo der Brennstoff äusserst billig ist, zur Anlage eines solchen rohen Betriebes schreiten. Am vorteilhaftesten geschieht das Kalkbrennen in gemauerten Kalköfen.

VI.

Das Brennen des Kalkes in gemauerten Öfen im allgemeinen.

§ 37.

Da wo ein bedeutender Verbrauch von gebranntem Kalke vorhanden und ein regelmässiger Absatz zu erwarten ist, sowie da, wo es sich darum handelt, die möglichst grösste Kalkmenge zu erlangen und dabei an Arbeit, Zeit und Brennstoff zu sparen, müssen zweckmässig eingerichtete und fest gebaute Brennöfen angelegt werden.

Man kann die Kalköfen in vier verschiedene Klassen einteilen:

- A. Öfen mit unterbrochener Feuerung, bei welchen die ganze Ladung auf einmal ausgezogen wird. Diese Öfen lassen wiederum zwei Unterabteilungen zu:
 - a) Periodische Öfen mit kleiner Flamme,
 - b) Periodische Öfen mit grosser Flamme.
- B. Öfen mit ununterbrochener Feuerung, bei welchen der gebrannte Kalk unten ausgezogen und zugleich roher Kalkstein oben aufgegeben wird. Auch diese haben zwei Unterabteilungen:
 - a) Kontinuierliche Öfen mit grosser Flamme,
 - b) Kontinuierliche Öfen mit kleiner Flamme.
- C. Kalköfen, bei denen man den Überfluss der Hitze noch zu andern Vornahmen benutzt, oder die zum Kalkbrennen und zugleich zu irgend einem anderen Gebrauche dienen, wie z. B. zum Ziegel- und Backsteinbrennen. (Diese Öfen sind schon bei der Ziegel- und Backsteinerzeugung besprochen worden.)
- D. Öfen, bei welchen zum Brennen des Kalkes jene Hitze verwendet wird, welche nach der Benutzung bei anderen Vornahmen verloren gehen würde.
- E. Kalkringöfen.

Bevor wir zur Beschreibung der einzelnen Kalköfen übergehen, lassen wir hier noch einige allgemeine Regeln, die beim Baue der Kalköfen zu beobachten sind, folgen:

§ 38.

Für alle Öfen ist der Kreis die beste Form für den Grundriss, sowohl hinsichtlich der Ersparung an Brennstoff, als auch in bezug auf die Festig-

keit des Ofens; wenn dessenungeachtet viele Kalköfen noch mit rechteckigem Ofenraum ausgeführt werden, so hat dies seinen Grund in der leichteren Ausführung derselben oder weil später noch ein zweiter Ofen damit in Verbindung gebracht werden soll.

Das Material, aus welchem die Kalköfen erbaut werden, muss derart beschaffen sein, dass es in der stärksten Hitze keine Risse erhält. Wenn feuerfeste Steine überall billig zu haben wären, so würden diese allen anderen vorzuziehen sein, da sie aber im allgemeinen zu kostspielig sind, so werden sie gewöhnlich nur zum Ausfüttern des Ofenschachtes, der Auszieh- und Schürlöcher verwendet. Bei Verwendung von Bruchsteinen hat man zuvor sich zu vergewissern, dass sie weder mürbe werden, noch verglasen oder springen, noch auch die Feuchtigkeit anziehen. Bei solchen Eigenschaften sind sie zu diesem Zwecke durchaus unbrauchbar.

Es ist zweckmässig, die inneren Futtermauern von dem äusseren Kernmauerwerke durch eine Isolierschicht von Lehm oder Asche zu trennen; eine solche Isolierschicht bietet den Vorteil, dass die Futtermauer sich ausdehnen kann, und hält ferner auch als schlechter Wärmeleiter die Hitze zusammen.

Die Form der Öfen ist sehr verschieden; da bei Erbauung der Kalköfen das Hauptaugenmerk darauf zu richten ist, der Kohlensäure einen recht freien Abzug zu gestatten, so darf der mit den rohen Steinen erfüllte Raum nicht zu hoch gemacht werden, damit der Ofen gut ventiliert. Bei Trichteröfen, bei welchen der Kalkstein in abwechselnden Lagen in unmittelbare Berührung mit dem Brennstoff gebracht wird, nimmt man gewöhnlich die Höhe gleich der $1\frac{1}{2}$ fachen Weite an der oberen Mündung, und bei Schachtöfen wird die Höhe im Maximum gleich dem Vier- bis Fünffachen des grössten lichten Durchmessers in der Höhe der Heizöffnungen angenommen. Bei letzteren Öfen muss, um eine möglichst gleiche Temperatur durch die ganze Masse des zu brennenden Kalksteins hervorzubringen, die lichte Weite des Ofenraumes von dem Punkte, wo die Flamme brennt, bis zur Gicht (obere Mündung) gleichmässig abnehmen. Zu stark darf diese Verjüngung nach oben jedoch nicht sein, um den Zug nicht zu hemmen und die Leistungsfähigkeit des Ofens nicht zu sehr zu beschränken; in keinem Falle sollte die obere Mündung des Ofens weniger als drei Viertel des grössten Querschnittes betragen.

Die inneren Futtermauern müssen immer mit fettem Lehm als Mörtel gemauert werden. Das übrige Mauerwerk kann man aus Sand-, Bruch- oder Backsteinen ausführen. Die Mauern des Ofens müssen dick genug sein, um die Hitze zusammenzuhalten. Die Stärke der Mauern muss sich nach der Art des Baues richten, besonders nach der Gesamthöhe des Ofens. Es ist aber anzuraten, darin keine allzu grossen Ersparnisse suchen zu wollen. Durchschnittlich macht man die Mauern 1,2–1,9 m stark. Erlaubt es die Örtlichkeit, so baut man die Öfen in einen Bergabhang; es ist dies das sicherste Mittel, einestheils die Umfassungen zu verstärken und andernteils die Abkühlung, welche immer von der den Ofen umgebenden Luft herbeigeführt wird, zu verhindern. Da die Hitze einen Ofen, namentlich wenn er frei steht, leicht auseinander treiben kann, so umgibt man ihn, wenn seine Um-

fassungsmauer rund ist, mit eisernen Reifen, oder man muss das Mauerwerk durch eingelegte eiserne Anker (Schlaudern) zusammenhalten.

§ 39.

Von grossem Einfluss auf den Gang des Kalkbrennens ist die Witterung; es ist daher zweckmässig, den Ofen mit einem Vorbau (Schauer) mit Klappläden, Türen oder festen Wänden zum Abhalten des Windes, Regens und dergl. zu versehen. Hierdurch wird ein überbauter Platz für den Brennstoff, ein Lagerplatz für gebrannten Kalk und Schutz für den Brenner gewonnen. Ausserdem gewährt ein überbauter Schürraum noch den grossen Vorteil, dass unmittelbare Windstösse von dem Roste abgehalten werden, da durch letzteren sämtliche zur Verbrennung erforderliche Luft einströmen muss, der Verlauf des Brandes mithin um so regelrechter erfolgen kann. Zum Brennen des Kalkes sind durchschnittlich 48–72 Stunden erforderlich und ist es hauptsächlich Aufgabe des Brenners, genau zu beobachten, welche Hitzegrade und wie lange dieselben der betreffende Kalkstein verlangt, denn die weichere oder härtere Beschaffenheit der Kalksteine, die Güte des Brennstoffes, die Form des Ofens, die Anlage der Feuerung bedingen die Dauer des Brennvorganges.

§ 40.

Über die Einrichtungen der Feuerungen unter Berücksichtigung der verschiedenen Brennstoffe ist folgendes zu bemerken.

Der Feuerherd besteht aus dem Roste, auf welchen man den Brennstoff legt, aus einem Raume, in welchem sich die Flamme entwickelt, der also den eigentlichen Herd bildet, aus der Öffnung, durch welche die Luft eintritt, und aus einem Raume, in welchem sich die Asche ansammelt (Aschenfall).

Die Roste bestehen aus gleichlaufend neben einander liegenden Stäben; ihre Dicke und ihre Entfernung von einander hängen von der Wahl des Brennstoffes ab. Vom Roste aus verbreitet sich die Wärme und es entsteht der Luftzug durch die bei dem Verbrennen mit dem glühenden Brennstoffe in Berührung stehende Luft, welche letztere sich hierbei durch die Wärme ausdehnt, und nachdem sie ihren Sauerstoff abgegeben, mit den Verbrennungsgasen entweicht, wobei die kalte Luft durch den Rost in dem Masse nachströmt, in welchem erstere fortzieht.

Beim Einwerfen von Brennstoff gelangt durch die offene Feuertür Luft über den Rost, wodurch Temperaturschwankungen entstehen, die für den Ofenbetrieb nachteilig werden können; es ist daher zu empfehlen, das Schürloch stets nur möglichst kurze Zeit offen zu lassen.

Dem Roste muss eine entsprechende Grösse gegeben werden, damit der Brennstoff in nicht zu dichten Schichten auf demselben lagert, die Luft durch den Rost besser eintreten und die Verbrennung vollkommen stattfinden kann.

Für Steinkohlenfeuerung soll die Summe der Rostspalten ein Viertel, für Holz und Torf dagegen nur ein Fünftel bis ein Siebtel der ganzen Rostfläche betragen. Die Rostspalten müssen so gross sein, dass sie die

Asche zwar bequem, indessen nicht so gross, dass sie unverbrannte Kohlen hindurchfallen lassen; für gute Steinkohlen dürfen sie höchstens 13 mm breit sein, für Steinkohlengruss oder solche unreine Kohlen, welche viel Schlacken erzeugen, beträgt der geringste Zwischenraum, welchen man mit Vorteil nehmen kann, 9 mm. Da die Roststäbe drei Viertel der ganzen Oberfläche einnehmen, so sind bei 13 mm starken Rostspalten die Roststäbe 39 mm und bei 9 mm starken Spalten 27 mm breit zu machen. Die Länge der Roststäbe muss der Breite entsprechen, sie können hier 1 bis 1,40 m lang gemacht werden.

Bei Holzfeuerung sind 20 mm breite Stäbe bei höchstens 5 mm Breite der Rostspalten anzuwenden, denn zum Verbrennen von Holz ist weniger Luft erforderlich, als beispielsweise zur Verbrennung von Steinkohlen, weil sich die Öffnungen nicht verstopfen.

Für Braunkohlenfeuerung, welche gewöhnlich viel Asche und Schlacken erzeugt, empfiehlt es sich, den Stäben eine Breite von 20 bis 26 mm und den Rostspalten einen Zwischenraum von 9–11 mm zu geben. Je näher die Braunkohle dem Holze steht, desto mehr muss der Rost dem für Holzfeuerung ähnlich angeordnet werden. Bei erdigen, klaren, nicht geformten Braunkohlen gibt man den Rosten 13 mm breite Stäbe bei 3 mm Rostspalte.

Bei Torffeuerung sind 30 bis 40 mm breite Stäbe und bei grossem Aschengehalt auch breite Rostspalten zu geben. Im allgemeinen ist es für alle Feuerungen ratsamer, möglichst schmale Roststäbe anzuwenden, um den Brennstoff an möglichst vielen Stellen mit der Luft in Berührung zu bringen.

Die Roste für Torf- und Holzfeuerung werden häufig aus Backsteinen hergestellt, während die für Steinkohlen- und Braunkohlenfeuerung aus Guss- oder Schmiedeeisen bestehen; bei ersteren ist darauf zu halten, dass die oberen Flächen der Stäbe möglichst rein, namentlich frei von Blasen seien, weil sonst die Kohlen leicht anbacken und die Stäbe anfressen.

Die eisernen Roststäbe sind in der Mitte stärker als an den Enden herzustellen, damit sie dem Durchbrechen besser widerstehen können. Ihre Dicke vermindert sich von oben nach unten, um das Durchfallen der Schlacken und Asche, sowie die Reinigung des Rostes und den Zutritt der Luft zu erleichtern. Die Roststäbe sind an den beiden Enden und bei grosser Länge auch in der Mitte, seitlich mit Verstärkungen versehen, welche halb so breit sind als der Zwischenraum zwischen den einzelnen Stäben. An ihren Enden ruhen die Roststäbe auf guss- oder schmiedeisernen Unterlagen (Rostbalken), die in das Mauerwerk eingelassen sind. Die Roststäbe müssen in der Länge zwischen den Rostbalken hinlänglichen Spielraum haben, damit sie sich frei ausdehnen können; für diesen Spielraum rechnet man ungefähr $\frac{1}{30}$ der Länge der Stäbe. Es ist zu empfehlen, den Rosten nach dem Innern des Ofens auf den laufenden Meter 4 cm Fall zu geben, damit besser geschürt werden kann. Die Dauer der Stäbe hängt viel von dem Heizer, namentlich davon ab, dass derselbe den Rost rein und die Rostspalten offen hält.

Bei der Verschiedenheit der Brennstoffe und Grösse der Stücke lässt sich über die Grösse der Rostfläche und die Stärke der Brennstoffschicht etwas Bestimmtes nicht gut aufstellen. Im allgemeinen richtet sich dieselbe teils nach der in einem bestimmten Zeitraum zu erzeugenden Wärme, teils nach der Beschaffenheit des Brennstoffs. Ist der Brennstoff griesartig, so muss die Rostfläche verhältnismässig grösser genommen werden, weil dann die Brennstoffschicht, um den Luftzug nicht zu verhindern, dünner sein muss, als bei Stückkohlen. Die Dicke der Brennstoffschicht darf jedoch keine zu geringe sein, weil dann ein Teil der Luft durch den Rost strömt und sich der Verbrennung entzieht, ferner weil alsdann in zu kurzen Zwischenpausen geschürt werden muss. Ist dagegen die Brennmaterialschicht zu stark, so kann die Luft nicht genügend eindringen; es entsteht dann eine unvollkommene Verbrennung, indem sich sehr viel Kohlenoxyd und brennbare Gase bilden.

Der Raum über dem Rost muss eine hinreichende Ausdehnung zur Aufnahme des Brennstoffes, sowie zur Entwicklung der Flamme haben. Ist der zu erhitzende Körper vom Roste zu entfernt, so empfängt er zu wenig strahlende Wärme, ist er demselben zu nahe, so kühlt er die Flamme zu stark ab. Ist der Raum zwischen dem Roste und dem zu erhitzenden Körper ausreichend zur Verbrennung der Gase, und die feuerberührte Fläche gross genug, so dass sich die Gase genügend abkühlen können, so wird die grössere Entfernung keine Verminderung der unbedingten Heizwirkung hervorbringen. Ist hingegen die Heizfläche nicht gross genug, so entstehen Wärmeverluste, weil die Gase nicht Gelegenheit haben, ihre Wärme abzugeben.

§ 41.

Der Heizeffekt der Brennmaterialien, d. h. die bei der vollständigen Verbrennung derselben entwickelte und an die zu erhitzenden Körper übertragbare Wärme lässt sich nicht absolut, sondern nur relativ bestimmen. Die nachstehende Zusammenstellung gibt die Heizkraft verschiedener Brennstoffe in Kalorien (Kalorie ist die zur Erwärmung der Gewichtseinheit Wasser von 0° auf 1° erforderliche Wärmemenge) und die Luftmenge, welche zum vollkommenen Verbrennen von 1 kg eines Brennstoffes erforderlich ist, an:

Brennstoff	Kalorien	Luftmenge von 0° Temperatur kg
Holzkohle, vollkommen trocken	7050	7,5
Holzkohle mit 20 v. H. Wasser	6000	6,3
Koks, reiner	7050	6,3
Koks mit 15 v. Hundert Asche	6000	6,3
Steinkohle, beste, mit 2 v. H. Asche	7050	6,5
Steinkohle, mittlere, mit 10 v. H. Asche	6345	5,5
Steinkohle, geringe, mit 20 v. H. Asche	5932	4,5
Braunkohle, beste	5200	4,0
Braunkohle, geringere	3500	3,8
Holz, vollkommen trocken	3666	3,7
Holz, lufttrocken	2945	2,7
Torfkohle	5800	7,1
Bester Torf	3000—4800	6,1

Die Flammbarkeit, oder die Eigenschaft, dem Brennmaterial eine mehr oder weniger lange Flamme zu geben, hängt weniger von der Dichtigkeit als von seinem Wasserstoffgehalte ab, indem derselbe mit Kohlenstoff brennende, flammende Gase gibt. Die Flammbarkeit wird durch einen starken Aschengehalt vermindert.

Die Brennbarkeit oder die Leichtigkeit, mit welcher sich das Brennmaterial entzündet, vermindert sich mit seiner Dichtigkeit und steigt bei gleicher Dichtigkeit mit dem Wasserstoffgehalt. Auch hier verringert der Aschengehalt die Brennbarkeit.

Die Rauchbildung zeigt sich bei kohlenwasserstoffhaltigen Körpern, wenn sie bei unzureichendem Luftzutritte verbrennen. Einige von diesen lassen sich gar nicht entzünden, ohne eine russende Flamme zu geben. Es ist also stets ein Mangel an Luft, wenn nicht die einzige, so doch mindestens eine notwendige Ursache der Rauchbildung, während reiner Kohlenstoff beim Verbrennen, selbst bei ungenügendem Luftzutritte, niemals Rauch, mithin Holzkohle und Coke keinen Rauch veranlassen. So bildet sich z. B. kein Russ, wenn ein Rost mit zur Hälfte verbrannter Steinkohle bedeckt ist und daher nur noch glühende Kohle enthält. Wird dagegen frische Kohle aufgegeben, so bedeckt sich die Masse sofort mit schwarzem Rauche, welcher in die Zugkanäle tritt. Die Menge dieses Rauches nimmt allmählich ab und verschwindet schliesslich, um bei erneuertem Aufgeben von Kohlen wieder zu erscheinen. Die Rauch- und Russbildung kann wesentlich durch eine richtige Beschickung des Feuers verringert werden; wenn man nämlich den vorderen Teil des Rostes von Glut frei macht, indem man dieselbe nach hinten schiebt und nun frische Kohlen auf die freie Rostfläche aufgibt, so erwärmen sich die Kohlen allmählich und entwickeln dabei Gase und wenig Rauch, welche über die in voller Glut befindlichen Kohlen hinwegziehen müssen und dabei vollständig verbrannt werden.

VII.

Die periodischen Öfen mit kleiner Flamme.

§ 42.

Bei dieser Art des Kalkbrennens werden die Kalksteine ähnlich wie bei den in § 33 und 34 beschriebenen Feldöfen in abwechselnden Lagen in unmittelbare Berührung mit dem Brennstoff gebracht; die hierzu verwandten Öfen haben gewöhnlich die Form eines abgekürzten Kegels oder einer dergleichen Pyramide; letztere sind etwas einfacher herzustellen, erstere verdienen aber den Vorzug, da sie einen viel gleichmässiger gebrannten Kalk liefern. Als Brennstoff wird Steinkohle, zuweilen auch Torf verwendet. Man schichtet den Brennstoff und die Kalksteine in wagerechten Lagen in dem Ofen auf,

deren Dicke sich nach ihrem Abstände von dem Feuerroste und nach der Dichtheit des Kalksteines richtet. Je dichter der Stein ist, desto mehr Höhe müssen die Lagen des Brennstoffs erhalten und diese muss abnehmen, je weiter die Lage von dem Roste absteht. Das umgekehrte Verhältniß findet

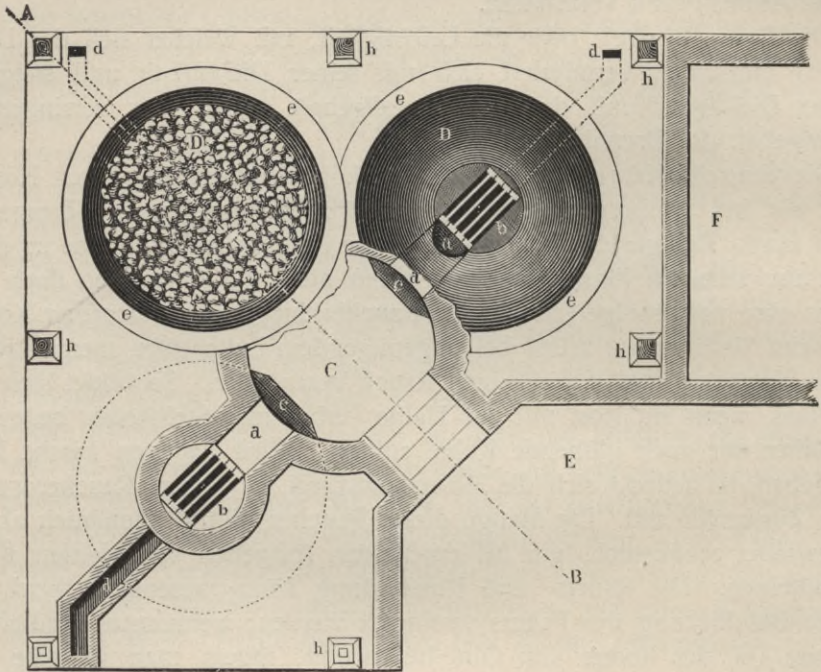


Fig. 8.

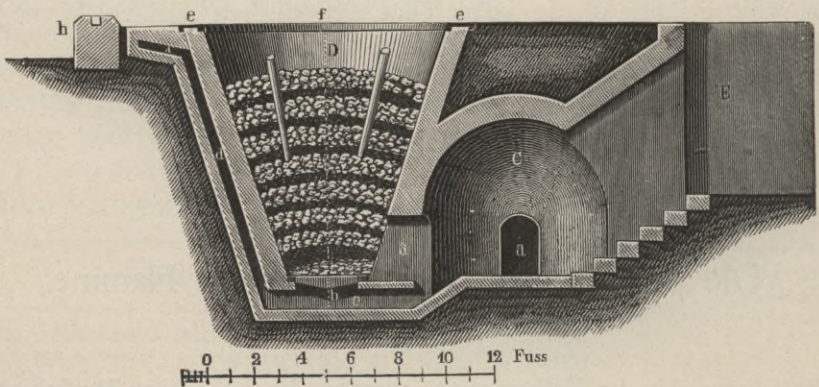


Fig. 9.

bei den Steinlagen statt; die grössten Steine müssen nämlich nach oben hin zu liegen kommen, weil das Feuer von unten aus entzündet wird, und erst nach und nach die höheren Lagen ergreift, daher auf diese längere Zeit einwirkt, als auf die unteren. Die Stärke der Schichten kann von 15 auf 60 cm steigen.

Durchschnittlich haben die Steinschichten in diesen Kalköfen eine Höhe von 18 bis 36 cm, die Dicke der Kohlschichten dagegen beträgt, wenn der Ofen richtig gesetzt ist, je nach der Beschaffenheit der Kohlen ein Sechstel bis ein Drittel der Dicke der Steinschichten. Da sich ein Teil der Kohlen in den leeren Räumen zwischen den Kalksteinen lagert, so sind nach der Dicke der angewendeten Schichten die Kohlen nicht genau zu bestimmen; am sichersten verfährt man, wenn man die Menge der Kohlen und Kalksteine nach der Anzahl Körbe oder Kästen bestimmt, in welchen man sie zum Ofen schafft und einbringt. Durchschnittlich sind auf drei Raumteile Kalksteine 1 Raumteil Steinkohle, oder auf 3 Raumteile Kalksteine 1,2 Raumteile Koks zu rechnen. Wird Torf verwendet, so muss dem Raumteile nach mehr als doppelt soviel genommen werden, als der Rauminhalt der Kalksteine beträgt.

Gewöhnlich werden zwei oder drei solcher Öfen zusammengelegt. Die Fig. 8 stellt einen Grundriss, und Fig. 9 einen Durchschnitt nach *AB* der Fig. 8 von drei solchen Öfen dar, wie sie in der Umgegend von Frankfurt a. M. meist angelegt werden. Sie werden ganz oder zum grössten Teil ihrer Höhe in den Boden versenkt und bedürfen dann nur einer schwachen Futtermauer. Um das Arbeitsgewölbe *C* herum liegen zwei oder drei Öfen, *DD*, bei *aa* sind die Schürflöcher, *b* ist der Rost aus fünf bis sechs eisernen Stäben bestehend und auf eingemauerten schmiedeeisernen Platten ruhend, *c* der Aschenfall, *b* ein von diesem bis an die obere Mündung führendes, mit einem einen halben Stein stark ausgemauerten Zugloch. Die Öfen werden einen Stein stark nach einer Schablone (einem Brettrahmen von der Hälfte des Durchschnitts *efbc*, der sich oben und unten in Löchern mit senkrechten Zapfen dreht, die in querüber in der Mitte befestigten Dielen angebracht sind) in Rollschichten gemauert und am besten oben durch einen flachen gusseisernen mit Rändern nach unten versehenen Ring *ee* gesichert. Bei *E* ist die vertiefte Anfahrt für das Fuhrwerk, um die rohen Kalksteine einzubringen und den gebrannten Kalk abzufahren. Das Ganze ist durch ein leichtes, auf den in Sandsteinuntersetzern ruhenden Säulen *hh* liegendes Ziegeldach überdacht. Bei *F* befindet sich ein Zimmer und darüber die Schlafstelle für die Arbeiter.

§ 43.

Vor dem Beginn der Füllung dieser Öfen legt man auf den Rost Reisigbündel zum Anzünden; darauf kommt eine Lage Stückkohlen, alsdann die abwechselnden Schichten Kalksteine und Kohlengries. Um der Flamme freien Durchgang zu lassen, stellt man die Steine mit den spitzeren oder dünneren Enden nach unten, wobei man jedoch darauf sehen muss, dass die Fugen der Lagen der Steinbrocken verzwickt werden, damit das Kohlenklein nicht nach unten fällt; die dickeren Kalksteine setzt man in die Mitte, die kleineren an die Umfangswände, so dass die Schichten etwas gewölbt werden. Um die Feuerzüge sicherer zu bilden, kann man mehrere 75 bis 100 mm dicke runde Hölzer *ll* beim Einsetzen verwenden, die man, je

weiter man heraufkommt, nachzieht. Ist der Ofen zur Hälfte ausgesetzt, so zündet man ihn an; das Anzünden geschieht durch ein Bündel Stroh, das man unter den Rost schiebt. Sobald das Feuer zusammenbrennt, was man hauptsächlich an dem durch die Gicht aufsteigenden Rauch gewahr wird, verschliesst man das Schürloch durch loses Aussetzen mit Backsteinen, damit die Verbrennung nicht zu schnell die oberen Lagen ergreift; dann setzt man die Füllung des Ofens schichtweise bis oben fort.

Wenn das Feuer die Höhe des Ofens erreicht hat, so werden die Stellen, wo sich die Glut zeigt, mit einer dünnen Erdschicht bedeckt, bis sich die Glut über die ganze Oberfläche ausgebreitet hat. Gegen starke Winde ist die obere Mündung durch Schirmwände zu verwahren, die man aus Brettern auf 1–1,5 m Höhe über der Erdgleiche aufstellt, je nach dem Drehen des Windes verändert, und beim Wiederfüllen des Ofens auf die Seite stellt.

Die zu einem Brande nötige mittlere Zeit ist drei bis vier Tage; das Entleeren des Kalkes nach völliger Gare geschieht zum Teil von unten, wo er schon erkaltet ist, während oben noch die Glut steht, teils von oben.

Diese Art periodischer Öfen mit kleiner Flamme werden im allgemeinen den kontinuierlichen Öfen dieser Gattung vorgezogen und haben letztere in der Gegend von Frankfurt a. M. ganz verdrängt, indem in ersteren der Kalk viel gleichmässiger gebrannt und das Brennen nach dem Absatz eingerichtet werden kann. Man kann sowohl nur einen einzelnen Ofen und diesen selbst nur zum Teil gefüllt brennen, als auch für einen stärkeren Betrieb sämtliche Öfen hintereinander beschicken, so dass während der eine brennt, der andere ausgeleert und der dritte wieder eingesetzt wird, und da ein jeder Ofen zweimal allwöchentlich etwa 60 Büten (120 Zentner = 6000 kg) gebrannten Kalk liefern kann, so kann fast jeden Tag ein Ofen ausgeleert werden; sie bieten daher fast dieselben Vorteile wie die kontinuierlichen Öfen, haben aber den Nachteil, dass sie einen ungewöhnlich starken Qualm entwickeln, wodurch leicht eine Belästigung der Nachbarn eintreten kann, weshalb diese Öfen nicht in der Nähe von Wohnungen erbaut werden dürfen; ausserdem wird der Kalk stets durch die Asche und Schlacke des Brennmaterials etwas verunreinigt.

VIII.

Die periodischen Öfen mit grosser Flamme.

§ 44.

An Orten, wo der fortdauernde Absatz des gebrannten Kalkes kein gesicherter ist und man der Gefahr ausgesetzt ist, denselben längere Zeit aufbewahren zu müssen, empfiehlt es sich, den Kalk stets nach Bedarf in den nachfolgend beschriebenen Öfen mit unterbrochener Feuerung und

grosser Flamme zu brennen. Diese Öfen sind nach der Natur des Brennstoffes verschieden.

Für Holzbrand hat man früher sehr häufig Öfen von cylindrischer oder auch rechtwinklig prismatischer Form mit ein oder mehreren Schüröffnungen angewandt und sind dergleichen Öfen im Württembergischen und im Elsass noch vielfach im Gebrauch, da aber der rechteckige Querschnitt und die senkrechten Seitenwände zum gleichmässigen Brennen des Kalkes nicht vorteilhaft sind, sowie die weite obere Öffnung des Ofens eine bedeutende Abkühlung durch Zutritt der äusseren Luft veranlasst, so beschreiben wir diese veralteten Einrichtungen nicht näher, sondern geben in Fig. 10 und 11 die Zeichnung eines neueren, zweckmässig gebauten Ofens für Holzbrand, der nach den Angaben

beschreiben wir diese veralteten Einrichtungen nicht näher, sondern geben in Fig. 10 und 11 die Zeichnung eines neueren, zweckmässig gebauten Ofens für Holzbrand, der nach den Angaben

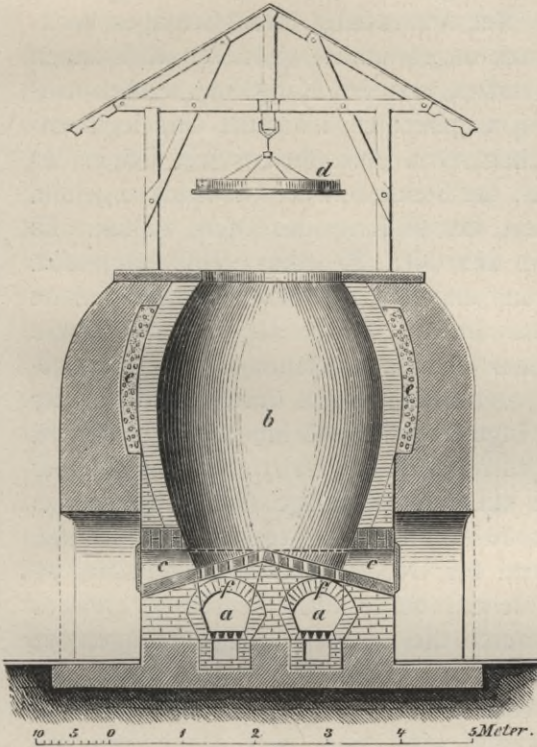


Fig. 10.

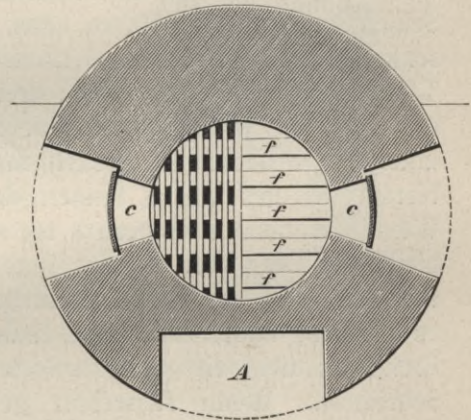


Fig. 11.

des Baumeisters Fink mehrfach in der darmstädtischen Provinz Starkenburg ausgeführt ist. Gewöhnlich wird dieser Ofen unmittelbar neben dem Kalklager so in das abhängige Gelände hineingebaut, dass die Abzugsöffnungen für den gebrannten Kalk in gleicher Höhe mit der Strasse und die Gicht des Ofens in der Höhe der Sohle des Kalksteinbruchs angelegt wird.

Fig. 10 zeigt den Ofen im Querdurchschnitt, Fig. 11 im Grundriss. *aa* sind zwei Feuerungen, welche von der Seite *A* (Fig. 11) aus mit dem Brennstoff beschickt werden, nach welcher Seite auch der Aschenfall beider Feuerungen ausmündet; *b* ist der eiförmige runde Raum des Ofens, *cc* die beiden Abzugsöffnungen, *d* ein Deckel von Eisenblech, welcher mit aufstehendem Rande versehen und in Ketten hängend zum Auf- und Niederlassen eingerichtet ist; *ee* ist eine um den Ofenmantel ziehende, nicht aus-

gemauerte, aber mit Lehm ausgefüllte Isolierschicht, um die Ausstrahlung der Wärme nach aussen zu verhindern. Die innere Bekleidung des Ofens und die Feuerkanäle sind mit feuerfesten Backsteinen, die äusseren Umfassungswände aber mit gewöhnlichen Backsteinen oder schichtenmässigem Bruchsteinmauerwerk aufzuführen. Über den Feuerkanälen *aa* sind 25 cm dicke, 15 cm von einander abstehende Gurte *ff* von feuerfesten Backsteinen gewölbt, diese oben nach den beiden schiefen Ebenen der Ofensohle ausgeglichen und dann hierauf ein Backsteinrost dadurch hergestellt, dass Backsteine auf die lange schmale Seite so aufgestellt sind, dass Öffnungen für den Durchgang des Feuers bleiben. Bei Anwendung dieses schrägen Backsteinrostes ist es nicht mehr nötig, aus ungebrannten grösseren Kalksteinen über den Feuerkanälen Gewölbe zu setzen, sondern Kalksteine werden einfach bis etwa ein Drittel der Höhe in wagerechten Schichten eingelegt, wodurch diese Arbeit bedeutend erleichtert wird. Die oberen zwei Drittel des Ofenraums werden durch Einschütten der Steine von der Gicht aus angefüllt. Acht Mann haben etwa $1\frac{1}{2}$ Tag mit der Füllung des Ofens zu tun. Es werden durchschnittlich jedesmal in den Ofen 20 cbm Steine eingesetzt. Bei solcher Füllung sind die Steine ungefähr 62 cm aufgehäuft, nach dem Brande hat sich die Steinmasse um so viel gesetzt, dass die obere Schicht um ungefähr 50 cm unter dem Gichttrand gefallen ist; die Gesamtsenkung beträgt also etwa 1,12 m. Jeder Brand dauert durchschnittlich vier Tage und vier Nächte. Wenn drei Tage und drei Nächte gefeuert ist, wird der Deckel *d* herabgelassen, jedoch nicht dicht aufgesetzt, sondern auf vier untergelegte Backsteine gestellt und mit einer Sandlage überschüttet. Das Herabrollen des Sandes hindert der 20 cm hoch aufgebögene Deckelrand. Wenn das Feuern eingestellt ist, wird der Deckel ganz niedergelassen; so bleibt der Ofen drei bis vier Tage stehen, bevor man denselben entleert. Das Ausziehen des Kalks geschieht durch die unteren Abzugsöffnungen *cc*; zwei Mann haben mit dem Entleeren des Ofens $1\frac{1}{2}$ Tag zu tun. Als Brennstoff dient die geringste Sorte von Tannen-, Birken-, Eichenreiser- und Scheitholz. Wenn Reiserholz gebrannt wird, sind zwei Mann mit der Feuerung beschäftigt; bei grobem Holze reicht ein Mann aus. Es hat sich ergeben, dass 28 cbm Kieferscheitholz erster Klasse für 10000 kg gebrannten Kalk ausreichen. In einem Jahre finden gewöhnlich 15–17 Brände statt. Bei 15 Bränden betrug die Gesamterzeugung 16 Doppelwagen gebrannten Kalk, also lieferte durchschnittlich jeder Brand 10667 kg; einzelne Brände ergaben bis zu 13200 kg gebrannten Kalk. Versuche, welche mit diesem Ofen zu ununterbrochenem Betriebe gemacht wurden, lieferten nicht das günstige Ergebnis, als wenn derselbe periodisch geheizt wurde, weil seine breite Sohle das reine Abziehen des gebrannten Kalkes schwierig machte und oft veranlasste, dass ungebrannte Kalkstücke von den zunächst den Abzuglöchern gelegenen höheren Schichten ausgezogen wurden. Es ist daher vorteilhafter, den Ofen periodisch zu betreiben, für welche Betriebsart diese Einrichtung eine vorzügliche ist. Wenn der Ofen nach dem Entleeren sofort wieder gefüllt und angeheizt wird, zeigt sich eine Ersparnis

von 3 bis 5 cbm Holz gegen die erforderliche Holzmenge zum Brande, wenn die Mauern vollständig erkaltet sind.

§ 45.

Für Torfheizung wurde ein sehr guter Ofen von Deplinne und Donop erbaut, welche den von der Société d'Encouragement ausgesetzten Preis dafür erhielten. Derselbe ist in Fig. 12 im Querschnitt nach *A—B* und in Fig. 13 im Grundriss dargestellt.

a ist eine Nische in dem Vorderteile des Ofens, *b* das Schürloch, durch welches der Brennstoff eingeführt wird, *c* der Rost, aus einzelnen auf der schmalen Seite liegenden Stäben, die in Einschnitten eines kreisförmigen Rahmens eingefügt und durch einen in das Mauerwerk eingelassenen Querstab in der Mitte unterstützt werden; die Roststäbe müssen in der Richtung des Heizkanals liegen, weil, wenn sie quer l gen, man mit der Gabel oder Schaufel beim Nachsch ren oft anstossen und den Torf zerbröckeln würde; *d* ist der Aschenfall, *e* die Gicht ffnung, durch welche die Steine eingebracht werden, *ff* die innere Backsteinbekleidung des Schachtes, die, wenn sie schadhaft geworden, leicht, unbeschadet der übrigen Ofenmauerung, ausgebrochen und erneuert werden kann; *gh* sind Halbmesser der gewölbten Wände über den geraden Fussenden.

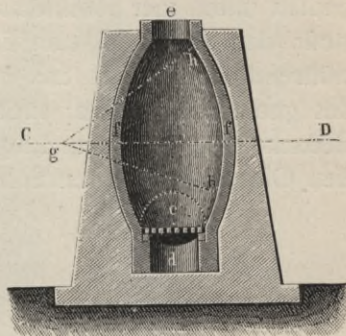


Fig. 12.

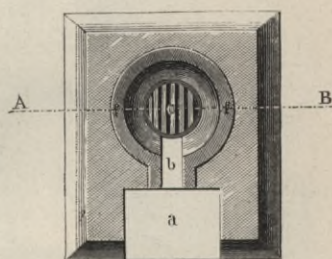


Fig. 13.

Dieser Ofen ist auch ebenso gut für Steinkohlen- und Braunkohlenheizung zu verwenden. Die Herren Deplinne und Donop empfehlen folgende Abmessungen:

Höhe des ganzen Ofens	= 5,65 m
Höhe vom Rost bis zur oberen Mündung	= 4,35 „
Höhe des Rostes über dem Aschenfall	= 0,80 „
Höhe der Gicht	= 0,50 „
Durchmesser der grössten Weite	= 2,35 „
Durchmesser des Rostes oder Herdes	= 1,50 „
Durchmesser der Gicht	= 0,80 „
Halbmesser <i>gh</i> der Wölbung	= 3,57 „

Die mit diesem Ofen zu Essone (Departement Seine und Oise) gemachten Versuche lieferten folgende Ergebnisse. Die zum Garbrennen gebrauchte Zeit war 18, 20, 28, 36, 30, 28 und 26 Stunden. Die Menge des gebrannten Kalkes betrug 60, 64, 64, 60, 60, 61 und 64 cbm und die des verbrauchten Torfes 101, 100, 106, 110, 115, 130, 121 Karren, im Mittel 1,946 cbm Torf auf 1 cbm Kalkgewinn aus harten Steinen.

§ 46.

Der in Fig. 14—16 dargestellte Kalkofen ist bei Berlin und bei Osnabrück mehrfach in Anwendung.*) Fig. 14 ist ein Querschnitt, Fig. 15 zeigt den unteren Teil des mit Kalkstein beschickten Ofens im Grundriss und Fig. 16 im Querschnitt. Zum Brennen des Kalkes dient der untere, oben überwölbte Raum *A* von 3,15 bez. 3,0 m Durchmesser und 3,45 m Höhe. Er enthält unten vier Schürlöcher *a a a a* mit eisernen Roststäben für den Brennstoff; den Zugang *b* zum Einbringen des rohen Kalksteins; derselbe wird während des Brennens mit Backsteinen zugemauert; die Türe *c* zum Ausfahren des gebrannten Kalkes; auch sie bleibt während des Brandes vermauert; eine Bedachung *d* über dem Eingang zu dem bedeckten kreisförmigen Raum *e* um den Ofen, also zu den Schürlöchern und der Türe *c*. *f* ist ein Zugang zu

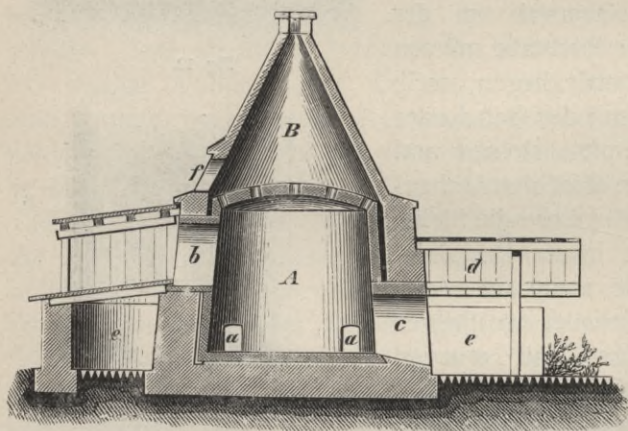


Fig. 14.

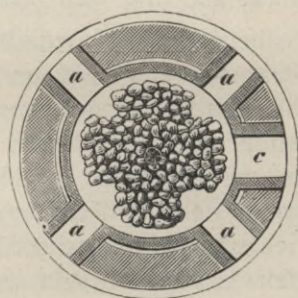


Fig. 15.

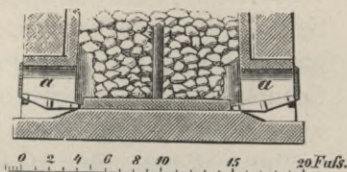


Fig. 16.

dem oberen Mantel *B* über dem Ofen und zu den Abzügen in dem Gewölbe des Ofens. Dieser Zugang ist nötig, um das Austreten der Flamme aus den einzelnen Gewölböffnungen beobachten und je nach Erfordernis einzelne derselben durch aufgelegte Steine verschliessen und dadurch die Glut mehr nach anderen Punkten des Ofens hinlenken zu können. *g* ist eine schiefe Ebene zum Einkarren der Steine nach dem oberen Teil.

Aus Fig. 15 und 16 erkennt man ohne weitere Beschreibung die Art, wie der Kalkstein eingesetzt wird, so dass bei jeder der Feuerungen ein zur besseren Verteilung der Flamme dienendes Gewölbe entsteht. In der Mitte wird ein Stück Holz eingesetzt, durch dessen Verbrennung eine ebenfalls zur besseren Verteilung der Flamme dienende zylindrische Höhlung entsteht.

Auf 1 cbm Kalk werden $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ cbm Steinkohlen verbraucht. Der Brand dauert einschliesslich eines sechsständigen Schmauchfeuers dreimal

* Nach Prof. Heeren, Dingl. pol. J. 154, 257.

24 Stunden. Während der ersten sechs Stunden feuert man schwach, dann aber schreitet man zu scharfem Feuer, bis die gelbe Kalkflamme aus den

Gewölböffnungen herausschlägt und eine klare Glut im Ofen sichtbar ist.

§ 47.

Fig. 17 und 18 stellt einen ähnlichen Ofen mit drei Schür-
löchern nach Angabe des Bau-
meisters Paul Loeff in Berlin
dar, und zwar ist Fig. 17 ein
Querschnitt nach der Linie
A—B und Fig. 18 ein wage-
rechter Schnitt nach der Linie
C—D; ferner ist *a* der Aschen-
fall, *b* die Feuerung, *c* der
Rost, *d* untere Einkartüre,
e obere Einkartüre, *f* Schau-
tür, *g* feuerfestes Mauerwerk,
h Backsteinmauerwerk, *i* Zug-
löcher, *k* Isolierschicht, *l* eiserne
Bänder als Anker, *m* Rauch-
mantel, *n* Rauchöffnung, *r*
Schieber zur Regelung des
Luftzuges.

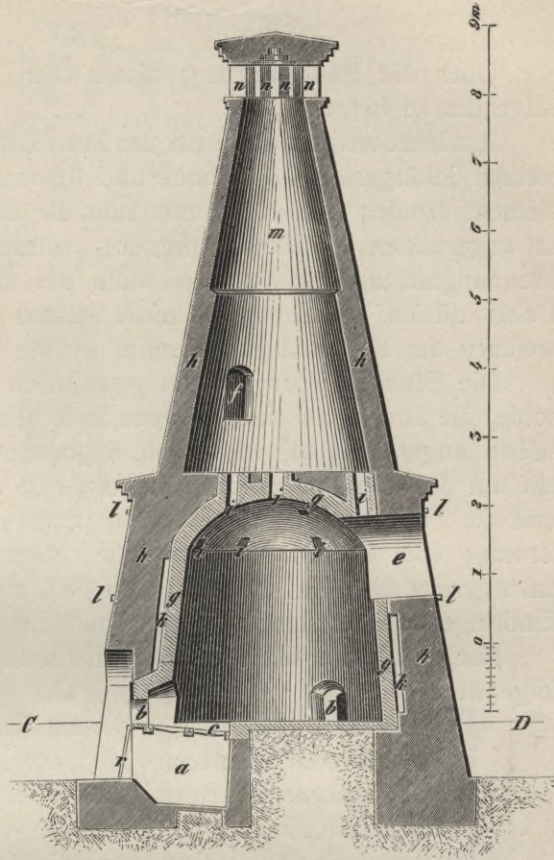


Fig. 17.

§ 48.
Um einen ungefähren An-
halt für die Zahl der anzu-
legenden Rostfeuerungen bei
diesen Kalköfen zu haben,
muss man für Öfen mit durch-
gehenden Rosten

- bei einer Sohlenbreite von
1,60 m einen Rost,
 - bei einer Sohlenbreite von
3,10 m zwei Roste,
 - bei einer Sohlenbreite von
4,70 m drei Roste
- anwenden.

Es ergibt sich hieraus,
dass bei Öfen ohne durch-
gehende Roste, durch Anlage
mehrerer kleinerer Roste die entsprechende
Rostfläche geschaffen werden muss. So erhalten z. B. Öfen, welche einen

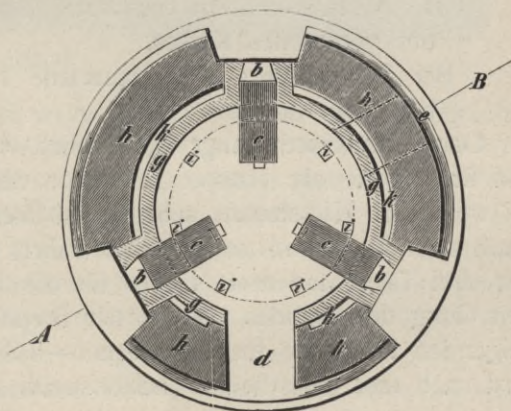


Fig. 18.

kreisförmigen Querschnitt haben, dann schon bei 3,60 m Durchmesser drei Roste, und bis zu 4,40 m Durchmesser vier Roste.

§ 49.

Über die Beschickung dieser Öfen und den Gang des Brandes ist folgendes zu bemerken:

Zunächst werden oberhalb der Rostflächen aus den zu brennenden Kalksteinen Schürgassen 0,6 m hoch und 0,5 m breit zusammengestellt, mit Kalksteinen förmlich überwölbt, und dann die übrigen zu brennenden Kalksteine in wagerechten Schichten aufgesetzt, wobei zu beachten ist, dass die Verbrennungserzeugnisse von der Mitte des Ofen aus sich verteilen müssen. Dabei dürfen die Zugkanäle nicht versetzt werden, weil dadurch das Entweichen der Kohlensäure gehemmt wird.

Die Einsetztüren, wovon gewöhnlich die eine in der Höhe der Ofensohle, die andere an einer anderen Seite des Ofens in der oberen Hälfte desselben angebracht ist, werden in folgender Weise geschlossen: Zuerst wird ein mit der inneren Ofenwand bündiges 25 cm starkes Mauerwerk aufgeführt und die Fugen sorgfältig mit Lehm verschmiert, alsdann wird in einer Entfernung von wiederum 25 cm eine zweite Mauer von 12–25 cm Stärke davorgesetzt und der Zwischenraum fest mit Sand ausgefüllt, so dass kein Eindringen der äusseren Luft und kein Entweichen der Wärme möglich ist.

Der durchschnittliche Bedarf an Brennstoff bei mittelgrossen Öfen ist folgender:

Bei Steinkohlenfeuerung 1 bis 1,2 Raumteile Kohlen auf 3 Raumteile des gebrannten Kalkes.

Bei Braunkohlenfeuerung 1 Raumteil Kohle auf 1 Raumteil des gebrannten Kalkes.

Bei Buchenholz der einundeinhalb- bis zweifache Rauminhalt des gebrannten Kalkes.

Bei weichen Hölzern der zwei- bis zweiundeinhalbfache Rauminhalt des gebrannten Kalkes.

Bei Torffeuerung zwei Raumteile Torf auf einen Raumteil des gebrannten Kalkes.

Der Unterschied hängt bekanntlich von der Beschaffenheit der Steine und Brennstoffe ab, ebenso die Dauer des Brandes, welche beispielsweise bei weicheren Kalksteinen, sehr gutem Brennstoff und guter Ofeneinrichtung kaum zwei Tage und zwei Nächte währt, während andernfalls durchschnittlich drei Tage und drei Nächte für die längste Brennzeit festzusetzen ist. Den Gang des Brandes erkennt der Brenner an der Beschaffenheit des aufsteigenden Rauches. In den ersten 6–8 Stunden erscheint derselbe schwarz, wird nach und nach heller, endlich weiss und ist schliesslich bei Tage nicht mehr sichtbar. Ist der Brand beendet, so lässt man den Kalk noch 24 Stunden ruhig abkühlen, öffnet dann die verloren zugemauerte Einsetztür, schafft den gesamten Inhalt des Ofens heraus und beginnt wieder von neuem mit dem Einsetzen des Kalksteins.

§ 50.

Für Steinkohlenbrand sahen wir ferner einen sehr zweckmässigen Kalkofen bei den Gebrüdern Schwarz in Limburg a. d. Lahn; er ist in Fig. 19 im Querschnitt und Fig. 20 im Längendurchschnitt dargestellt.

Der Ofen, im Lichten 6 m lang, 2,7 m breit, 4,95 m hoch, steht zur Hälfte seiner Höhe in die Erde versenkt, ist mit einem Spitzbogengewölbe geschlossen und mit den beiden 45 cm weiten Schornsteinen *BB* versehen. Auf den beiden Langseiten liegen die fast ganz in die Erde versenkten Arbeitsgewölbe *CC*, die durch die 1,20 m weiten Türen mit steinernen Treppen *DD* von einem Ende aus zugänglich sind. Über der Mitte eines

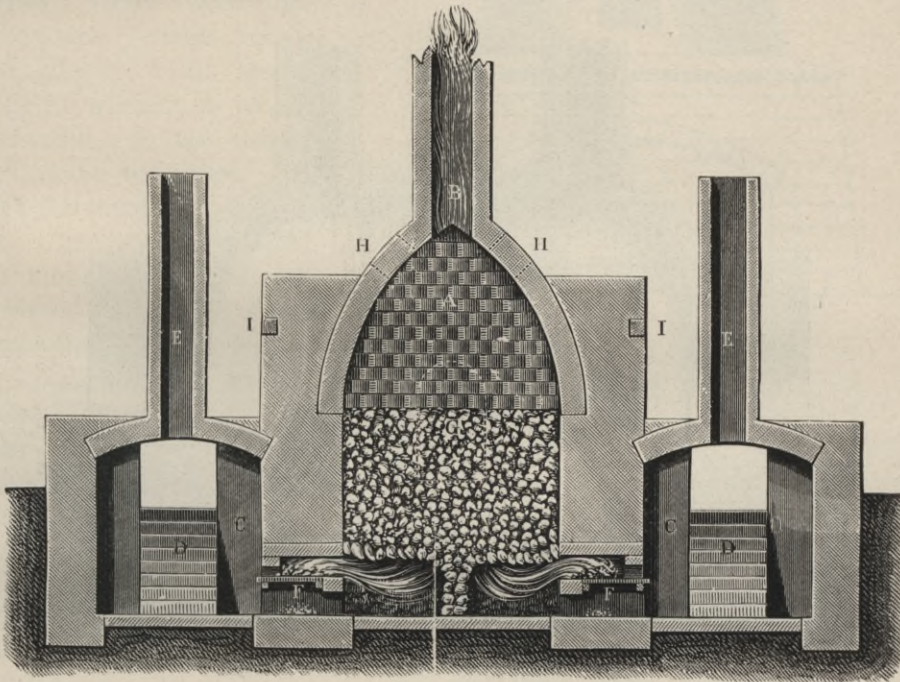


Fig. 19.

jeden Arbeitsgewölbes ist der 40 cm weite Dunstschornstein *EE* angebracht. In jeder der beiden Langseiten des eigentlichen Ofens *A* befinden sich fünf Schürflöcher *FFF* 50 cm weit; sie sind mit feuerfesten Steinen überwölbt, und nach der Seite, wo sie in die Arbeitsgewölbe ausmünden, mit einer 28 cm breiten, 15 cm hohen Öffnung zum Einwerfen der Kohlen versehen, die durch einen davor gestellten Backstein jedesmal wieder geschlossen wird. Jedes Schürloch enthält elf Roststäbe 75 cm lang von 2 cm starkem Quadrat-Walzeisen; diese ruhen vorn und hinten auf einem eingemauerten eisernen Rechen und können von den Arbeitsgewölben aus zum Reinigen des Rostes während oder nach beendigtem Brande einzeln herausgezogen, und sollten sie sich durchgebogen haben, leicht wieder gerade gerichtet werden.

An den beiden schmalen Seiten befinden sich über dem Fussboden die Sandtüren *GG* zum Ein- und Aussetzen, wovon die eine unmittelbar auf

den Fahrweg, die andere in eine luftdicht verschlossene Niederlage ausmündet; ausserdem sind in der Spitze des Gewölbes noch zwei kleinere, 45 cm weite Einsetzöffnungen *H* angebracht, um den Ofen bis unter den Scheitel des Gewölbes füllen zu können.

Das Beschicken des Ofens geschieht in der Art, dass von den einander gegenüberliegenden Schürflöchern 28 cm weite und 90 cm hohe Gassen mit lagerhaften Kalksteinen angesetzt und dieselben durch grössere Schlussteine gewölbartig geschlossen werden. In der Mitte dieser Gassen wird eine 45 cm starke Scheidewand aufgeführt, damit sich die Flammen der einander gegenüberliegenden Feuer nicht aneinanderstossen und den Zug stören; alle

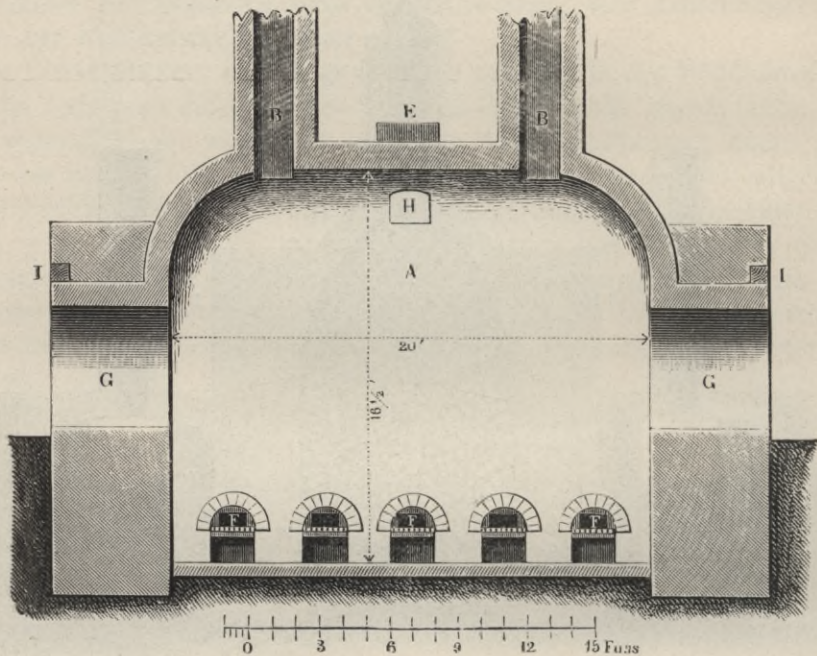


Fig. 20.

übrigen Räume bis zum oberen Teil der Sandtüren *G* oder bis zum Anfang des Gewölbes werden mit 75–150 mm grossen Kalksteinen lose ausgefüllt und Rücksicht auf die Feuerzüge genommen. Auf die Kalksteine kommen in den oberen Teil bis in die Spitze des Gewölbes noch gewöhnliche Backsteine, die hochkantig im Stromschichtenverband mit 25 mm weiten Zwischenräumen gestellt werden. Jeder Ofen liefert ungefähr 20000 kg Kalk und 7000–8000 Backsteine und erfordert 8 cbm Steinkohlen (Gries). Es können jährlich 25–28 Brände geschehen. Zu bemerken ist noch, dass der Ofen mit einem Dache versehen, die Hauptwände 1,20–1,50 m, das Gewölbe 30 cm stark und durch den hölzernen 175 mm starken Rahmen *I* der obere Teil des Ofens verankert ist.

§ 51.

Einen periodischen Kalkofen noch vollkommenerer Anordnung mit kreisförmigem Querschnitt beschreibt Dr. H. Zwick in seinem Werke über Kalk und Luftmörtel. Dieser Ofen in Fig. 21 und 22 in Vorderansicht und Grundriss dargestellt, ist für Steinkohlen-, Braunkohlen- oder Torffeuerung eingerichtet, und hat drei durchgehende Rostfeuerungen *f* von etwa 0,60 m Breite.

Die Roststäbe, etwa 2 cm im Geviert stark, aus Walzeisen gefertigt, ruhen auf starken eisernen Querbalken, treten nach der Arbeitsseite etwas hervor und können leicht ausgewechselt werden; *a* ist der Aschenfall, *b* das Schürloch, *d* die Schürtüre. Die Ofen-Kernmauer *k* besteht aus Chamottesteinen und hat eine Stärke von zwei Steinen, die äussere *l* aus gewöhnlichen Mauerziegeln; der Zwischenraum ist mit Asche ausgefüllt. Der Ofen hat seitlich in verschiedenen Höhen Einkarrtüren, nach oben ist er durch ein Tonnengewölbe geschlossen, in welchem sich Schaulöcher befinden; der Ansatz *e* vertritt die Stelle der Esse.

An der Seite der Feuerungen, desgleichen an der gegenüberliegenden, hat der Ofen je einen Anbau als Lagerplatz für den gebrannten Kalk und die Kohlen.

Soll der Ofen in Gang kommen, so wird durch die tiefste Einkarrtüre Kalk eingefahren und der untere Raum mit Steinen ausgesetzt, so dass man ungefähr 60 cm breite und ebenso hohe Schürgassen ausspart und diese mit grösseren Kalkstücken umsetzt. Hat der Arbeiter den unteren Raum, soweit er bequem reichen kann, vollgefüllt, so vermauert er die untere Eingangstüre und bringt den Kalk durch die höhere Türe ein, bis der ganze Raum bis zum Gewölbe angefüllt ist. Nun kann der Brand sofort seinen Anfang nehmen und der Gang desselben durch die Schaulöcher beobachtet werden.

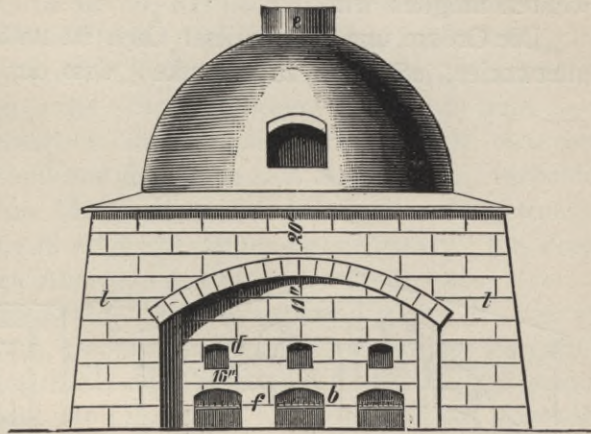


Fig. 21.

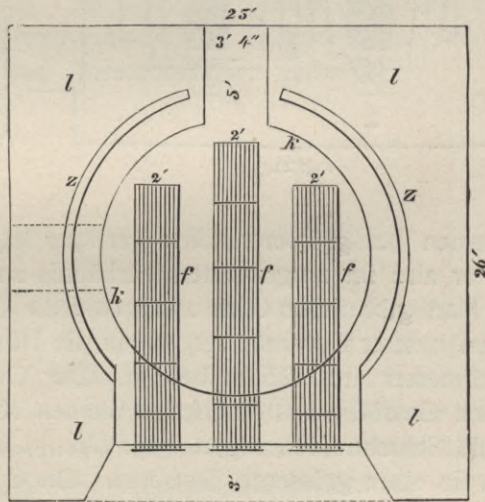


Fig. 22.

Dieser Kalkofen fasst ungefähr 66 cbm rohe Steine und gibt 620 hl gebrannten Kalk. Er erfordert auf 3,5 Raumteile gebrannten Kalk 1 Raumteil Steinkohle, oder auf 1 Raumteil 3 Raumteile Torf.

Anstatt, wie im oben beschriebenen Ofen, die Roste durchgehend zu legen, kann man auch mehrere kleine Roste anbringen, welche nur etwa bis zur Mitte des Ofens reichen. Sie haben den Vorteil, dass ein bequemes Schüren möglich wird.

Die Grösse und Form dieser Öfen ist natürlich grossen Schwankungen unterworfen, jedoch ist zu bemerken, dass der Bedarf an Brennstoff im all-

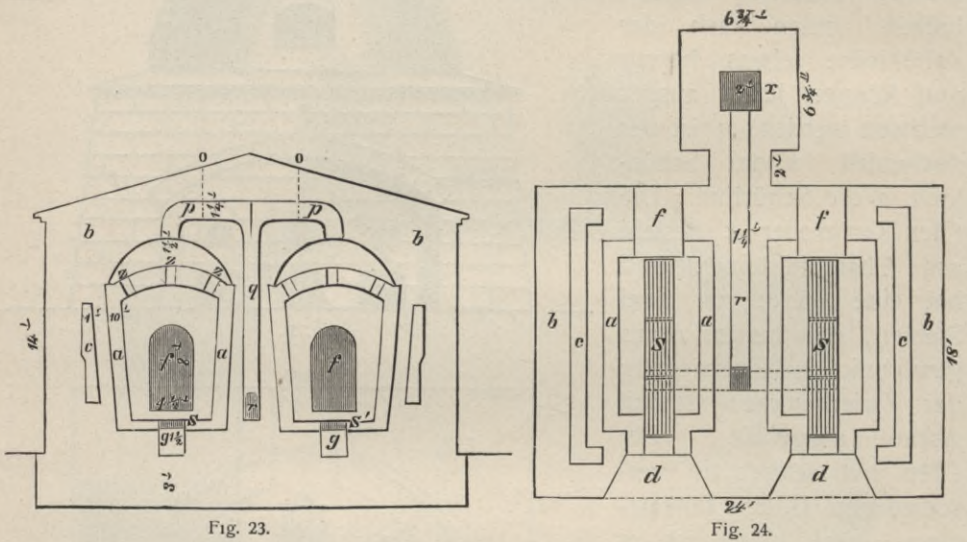


Fig. 23.

Fig. 24.

gemeinen bei grösseren Öfen geringer ist, hingegen grösser bei kleineren, dass er also im umgekehrten Verhältnis zu den Ofenabmessungen steht.

Man gibt diesen Öfen auch wohl die Gestalt eines abgestumpften Kegels, dessen unterer Durchmesser, sowie die Höhe ungefähr 3,10 m, dessen oberer Durchmesser etwa 2,5 m beträgt. Der Ofenraum ist dann oben mit einem flachen Gewölbe aus feuerfesten Steinen abgeschlossen, in welchem sich eine Anzahl Schmauchöffnungen befinden. Über dem Gewölbe setzt sich der Ofen in einer grösseren Esse fort. Diese Einrichtung trägt zur Verzehung des Rauches bei und empfiehlt sich namentlich bei Anlage von Kalköfen in volkreichen Orten. Die Feuerungen sind hierbei keine durchgehenden und werden zu drei bis vier am Umfange angelegt; die Roste reichen 1,25 m und weiter in den Ofen hinein.

§ 52.

Statt der vorhergehend beschriebenen stehenden Kalköfen werden auch mitunter liegende periodische Kalköfen angewendet. Dr. H. Zwick beschreibt in demselben vorher angeführtem Werke einen solchen, von welchem Fig. 23 einen Durchschnitt, Fig. 24 den Grundriss zweier derartiger, nebenein-

ander gebauter Kalköfen mit je einem durchgehenden Roste zeigt. Wie man sieht, haben diese Öfen eine länglich viereckige Gestalt und sind oben mit einem flachen Gewölbe überspannt, in welchem sich eine Anzahl Schmauchöffnungen befinden. Die Länge der Öfen beträgt 2,8 m, die Breite unten 1,35 m, oben 2,7 m, die mittlere Höhe 2,5 m. Die ganze Höhe des Ofens vom Erdboden bis zum Gesims beträgt 4,40 m, bis zum First etwa 5,55 m, die des Schornsteins 22,5 m. *a* ist die Kernmauer aus feuerfesten Steinen, *b* die äussere Mauer, *c* die Isolierschicht, *f* die Einkarrtüre, *s* der Rost, *g* der Aschenfall. Die Masse der einzelnen Teile sind aus den Fig. 23 und 24 ersichtlich. *d* ist die Feuerung, *z* die Schmauchlöcher. Der Rauch zieht durch die Rauchkanäle *pp* ab, gelangt in den Rauchsammler *q*, zieht in diesem abwärts nach dem Fuchs *r* und aus diesem in den Schornstein. In beiden Öfen kann eine Menge von 132 hl Kalk bei jedem Brande gewonnen werden, wozu man etwa 48,4 hl englische Steinkohle gebraucht. Ein Brand erfordert wegen der geringen Abmessungen nur etwa 50 Stunden.

Die Bedienung der periodischen Öfen mit grosser Flamme ist, wie aus dem vorhergehenden ersichtlich, ziemlich umständlich. Es können im ganzen nur grosse Steine eingesetzt werden; das Einsetzen erfordert Sorgfalt und ist für den Arbeiter lästig, sobald der Ofen noch nicht vollkommen abgekühlt ist. Damit das letztere aber geschehe, ist viel Zeit erforderlich und die Folge davon ist eine langsame Erzeugung. Auch erfordern diese Öfen einen immer noch verhältnismässig grossen Brennstoffaufwand und geht ausserdem viel Wärme durch das Inangsetzen und Auskühlenlassen verloren.

IX.

Die kontinuierlichen Öfen mit kleiner Flamme.

§ 53.

In diesen Öfen wird, wie bei den periodischen Öfen mit kleiner Flamme, der Kalkstein in unmittelbare Berührung mit dem Brennstoff gebracht; sie sind in Rücksicht auf ihre Anlage viel einfacher und billiger als die später beschriebenen Öfen mit grosser Flamme. Das Feuer wirkt hier bei den in Rede stehenden Öfen beständig, man braucht es nicht zu dämpfen und wieder anzufachen. Vorzugsweise wird bei diesen Öfen eine geringe und billige Sorte Steinkohlen, die sogenannten Rost-Gruss-Kohlen (welche durch 13 mm weite Stangenroste gesiebt werden) verwendet und ist diesem Umstande die grosse Verbreitung dieser Öfen besonders zuzuschreiben. In England sind hierzu Koks gebräuchlicher, weil dieser Brennstoff mehr Hitze erzeugt und frei von bituminösen Teilen ist, die grösstenteils auf die Güte des Kalkes nachteilig einwirken; zuweilen wird auch Torf verwandt. Diese Öfen haben aber den Nachteil, dass der Kern der Kalksteine oft nicht gar gebrannt, des-

halb nochmals gebrannt werden muss und dass der Kalk stets mit der Asche oder der Schlacke des Brennstoffes gemischt ist, sowie, dass durch den starken Qualm, welchen sie entwickeln, leicht eine Benachteiligung der Nachbarn eintreten kann.

Man gibt diesen Öfen entweder die Gestalt eines auf die Spitze gestellten Kegels, an dessen unterem, abgestumpften Ende ein Rost sich befindet, durch welchen die zum Verbrennungsvorgang erforderliche Luft streicht, oder zweckmässiger eine ellipsoide Gestalt, die die Hitze besser nach innen konzentriert, und ersetzt den Rost durch eine Sohle, deren Durchschnitt eine Ellipse ist, an deren beiden Enden Türen zum Ausziehen des gebrannten Kalkes angebracht sind. Es ist wesentlich, dass diese Türen hinreichend grosse Oeffnungen haben, um den Zugang einer zum Verbrennen der Steinkohle mehr als zureichenden Menge Luft zu vermitteln, indem die Erfahrung gelehrt hat, dass die Austreibung der Kohlensäure leichter vor sich geht, wenn ein grösserer Überschuss an Luft vorhanden ist. Wenn möglich, muss man die Öfen in einem Erdwalle oder Hügel anbringen, damit die Kalksteine an der Gicht angefahren werden können. Ausser den Trichteröfen hat man auch noch sogenannte Flaschenöfen, deren Brennraum die Form einer Flasche hat; beide nennt man wohl auch Schneller- oder Fixöfen.

§ 54.

Fig. 25 und 26 zeigen die Einrichtung eines trichterförmigen Ofens. Die untere lichte Weite beträgt gewöhnlich 1,0—1,6 m und die obere lichte Weite 2,5—4,5 m, während die Höhe 3,8—5,6 m misst. Eine geringere Höhe als 3,8 m hat sich als unzuweckmässig erwiesen. Je steiler ein Trichterkalkofen an der inneren Wandfläche nach oben angelegt werden kann, desto regelmässiger und besser ist der Brand in demselben zu leiten und desto gleichmässiger Gare kann der Kalk erhalten. Dieser Zweck ist am besten durch eine grössere Höhe des Ofens zu erreichen, wodurch der Zug verstärkt wird und ausserdem bei gleichem Durchmesser grössere Kalkmengen mit dem geringsten Kohlenaufwand gebrannt werden können. Wenn daher die Örtlichkeit eine grössere Höhe des Kalkofens zulässt, ist die völlige Ausnutzung zu empfehlen.

Die beste Form ist die eines halben Eies, des spitzen Endes desselben, von dem die stärkste Wölbung wegfällt und die grösste Weite nach oben gekehrt worden ist. Fig. 27—29 zeigen einen solchen Ofen. Hierbei ist der Neigungswinkel der inneren Wandfläche nach oben stärker und weiter, nach unten flacher.

Die Öffnungen zum Ausziehen des gar gebrannten Kalkes auf der Sohle des Ofens richten sich in der Anzahl und Breite nach der unteren Weite des Ofens. Bei ganz geringer Ofenweite reichen drei Zuglöcher in gleichgrossem Abstände voneinander, jedes zu 0,6 m Breite aus. Bei grösserer Weite sind dagegen vier Zuglöcher erforderlich und ist die Höhe gleich der Breite anzunehmen. Die Gewölbe, welche zu den Zuglöchern führen, müssen so hoch sein, dass ein ausgewachsener Arbeiter aufrecht darin stehen kann. Es

ist zweckmässig, diese Zugänge durch ein ringförmiges Gewölbe, wie in Fig. 27 und 28 angegeben, miteinander zu verbinden, nicht allein zur Verbindung mit den Zuglöchern, sondern auch zur Abhaltung der Erdfeuchtigkeit, welche sich an Abhängen mehr oder weniger ansammelt und bei mangelnder Absperrung nicht nur dem Ofen viel Wärme entzieht, sondern auch das Zerfallen des gebrannten Kalkes unten im Ofen befördert; ausserdem dient dieses ringförmige Gewölbe zum trocknen Lagern des gezogenen gebrannten Kalkes.

In den Fig. 25–29 bedeuten *a* feuerfestes Backsteinmauerwerk, *b* gewöhnliches Mauerwerk, *c* Erdschüttung, *d* Ausziehloch, *e* gewölbte Zugänge, *f* ringförmige Kalkscheune.

Zur Herstellung der inneren Wandfläche der Trichteralköfen sind ausser feuerfesten Backsteinen am geeignetsten tonige Sandsteine, welche einen möglichst hohen Grad von Feuerbeständigkeit besitzen und im Feuer bei langsamer Erwärmung nicht leicht zerspringen. Überhaupt sind hierzu mehr kieselige als tonige Sandsteine zu empfehlen, welche aber möglichst wenig Eisen und nicht soviel Kalk enthalten, dass er leicht sintert, oder nach dem Brennen an der Luft zerfällt. Jeder Bruchstein, der von den letzterwähnten Mängeln frei ist, liefert in der Regel ein haltbareres Ofenfutter als gewöhnliche Mauerziegel, indem diese leichter vom Feuer zerstört werden. Bei der Ausführung ist auf eine möglichst glatte Wandfläche des Futters zu sehen, da diese das gleichmässige Sinken des Materials im Ofen befördert.

Die Sohle des Trichteralkofens darf nicht ganz flach oder eben sein, weil sich auf dieser Fläche stets ein Aschenkegel bildet, der die Menge des zerfallenen Kalkes im Ofen vermehrt. Es ist daher zweckmässig, auf der Sohle einen Kegel, oder noch besser eine drei- oder vierseitige Pyramide

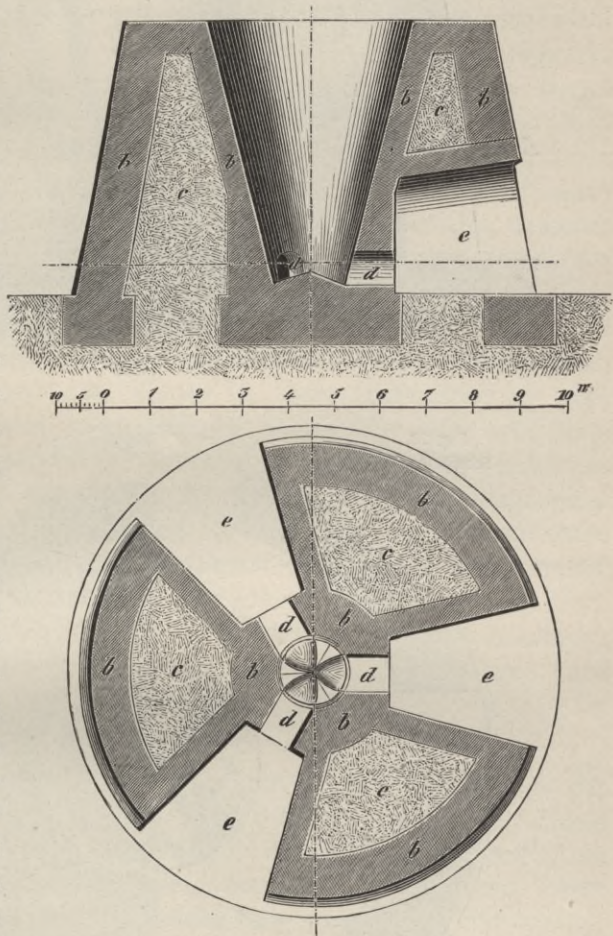


Fig. 25 u. 26.

mit stark geneigten Flächen (etwa 45°) anzulegen. Die beste Form ist jedoch, die Pyramide oben, wie Fig. 27—29 zeigen, in der Art zu schliessen, dass

Fig. 27.

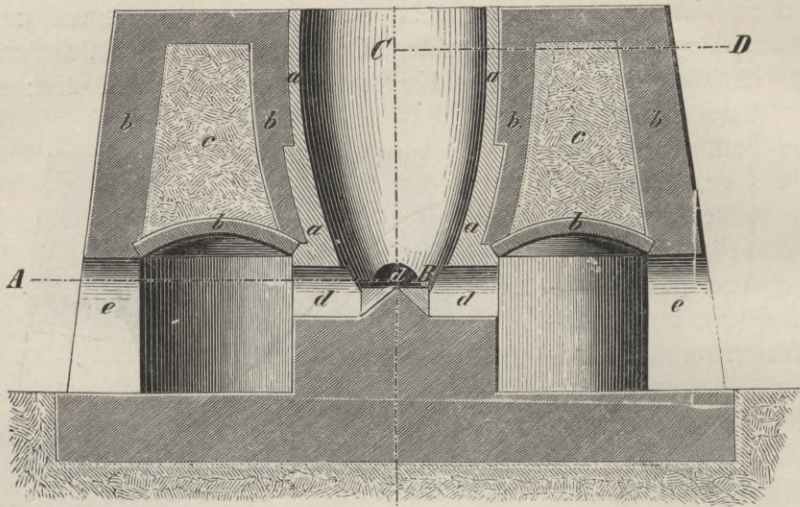
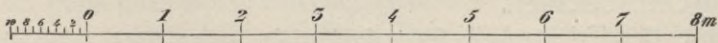
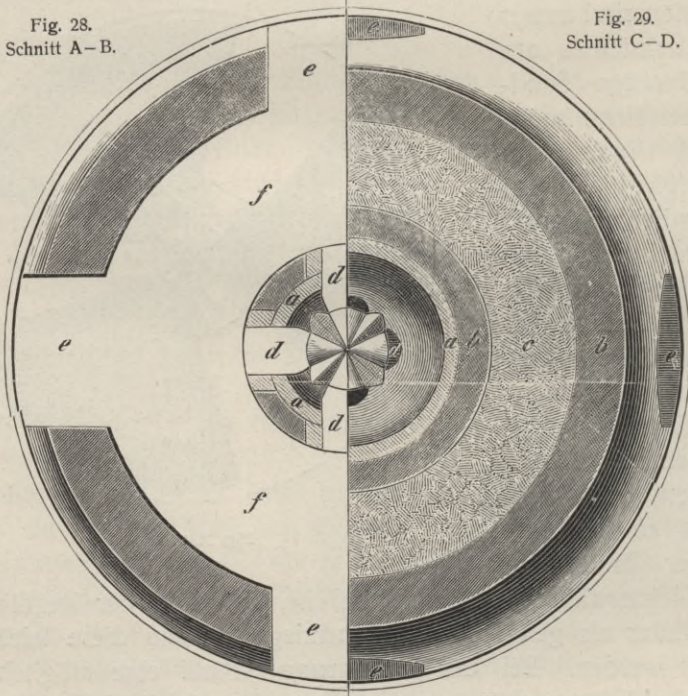


Fig. 28.
Schnitt A-B.

Fig. 29.
Schnitt C-D.



zwei Rippen, in Dachform gemauert, sich durchkreuzen und so den Raum zwischen zwei Zuglöchern ausfüllen. Auf diese Weise kann sich an keiner

Stelle Asche ansammeln und der gebrannte Kalk fällt durch sein eigenes Gewicht von allen Seiten nach den Zuglöchern zu, sobald die Arbeiter das Ziehen vornehmen. Um das Ausziehen zu erleichtern, empfiehlt es sich, die Sohle 0,30—1,0 m über der Flur der Zugänge anzulegen.

Zum Mantel oder äusseren Mauerwerk kann jede Sorte Mauersteine verwendet werden, welche sich überhaupt zu haltbarem Mauerwerk eignen; selbst gewöhnliche Kalksteine können dazu, namentlich im Innern der Mauer, benutzt werden; die lagerhaftesten werden zur äusseren Wandfläche ausgewählt und in möglichst gutem Verbande nicht ganz lotrecht, sondern etwas abschüssig geneigt aufgemauert. Eine solche nach oben geneigte äussere Wandfläche des Ofens bietet den Vorteil, dass bei der im Feuer unvermeidlichen Ausdehnung jedes Kalkofens mehr Festigkeit gewonnen wird. Zur Ersparung an Mauerwerk wird zwischen dem Kern- und Mantelmauerwerk gewöhnlich eine Erdfüllung angenommen, und beträgt dann die Dicke des äusseren Mauerwerks 0,75—1 m. Die obere Fläche zwischen dem inneren Rande des Ofens und der äusseren Mantelfläche muss 1,5—2 m betragen, um beim Füllen des Ofens sich frei bewegen zu können. Die äussere Form ist bei einem einzelnen Ofen am besten rund, weil hierbei an Mauerwerk gespart wird; wo aber darauf Rücksicht zu nehmen ist, dass später noch ein oder mehrere Ofen angebaut werden sollen, ist eine sechsseitige oder achtseitige Form zum Anschluss des Mauerwerks, namentlich zur Befestigung der Widerlager der Gewölbe, zwischen den Öfen passender.*) Sollte die Anlage einer Rampe für die Zufuhr der Kalksteine und Kohlen nicht leicht einzurichten sein, so kann auch eine Winde zum Aufziehen derselben benutzt werden, oder eine Rampe auf Böcken mit doppelten Gleisen, wobei mittelst einer Kette, welche über einen oben befestigten Windebock läuft, die beladenen Wagen aufgezogen, während auf dem leeren Gleise die leeren Wagen nach unten befördert werden.

§ 55.

Beim Betriebe der kontinuierlichen trichterförmigen Kalköfen ist das erste Anlegen von dem späteren regelmässigen Betriebe verschieden. Zuerst wird auf etwa einen Meter Höhe eine bestimmte Menge Holz der geringsten Sorte (Reiser, Stuken, Äste) aufgeschichtet, darauf wird eine mässig starke Lage grober Steinkohlen (Rostbrocken) gleichmässig ausgebreitet und darüber eine ungefähr 30 cm starke Lage Kalksteine gelegt. Hierauf wird das Feuer angezündet und sobald dasselbe gut durchgebrannt ist, wird eine zweite Schicht von ungefähr 8 cm Stärke mit wenig Rostbrocken und mehr Kohlengries und darüber eine Lage Kalksteine von ungefähr 30 cm Dicke eingebracht, oder wenn das Feuer ganz gleichmässig in Gang gekommen ist, wird auch wohl

*) In England sind vielfach derartige Kalköfen in Anwendung, welche einen sehr schmalen, kegelförmigen Schacht haben. Derselbe ist durch ein festes Mauerwerk gebildet und hat ein Schürloch mit Rost, welches gleichzeitig zum Ausziehen des gebrannten Kalkes dient. Der Kalk wird, nachdem die unterste Lage auf dem Roste entzündet ist, mit abwechselnden Lagen von Kohlen in den Schacht von oben aufgeschüttet. Die gusseisernen Roststäbe sind 5 cm im Geviert stark.

gleich eine weitere Kohlen- und Kalksteinschicht, bei welcher die Rostbrocken schon ganz entbehrt werden können, aufgesetzt. Die weiteren Kohlen- und Kalksteinschichten werden stets in Dicken von 5—8 cm bzw. von 30—50 cm angeordnet und vor dem Einbringen jeder neuen Doppelschicht wird der Ofen an den Zuglöchern etwas gezogen, damit er Luft bekommt. In der Folge können um so mehr Schichten zu gleicher Zeit aufgesetzt werden, je lebhafter das Feuer brennt und je höher die Füllung im Ofen nach der oberen Mündung fortrückt, bis der Ofen ganz gefüllt ist. Zu dieser Zeit ist schon eine solche Menge Kalkstein im Ofen gar gebrannt, dass der regelmässige Betrieb beginnen kann. Die ersten aus dem Ofen gezogenen Kalksteine sind gewöhnlich nicht ganz durchgebrannt; doch die folgenden müssen gar sein, widrigenfalls man die Kohlschichten etwas verstärken muss; auch ist dabei wesentlich, dass die Kalksteine ziemlich gleichmässig zerschlagen eingesetzt werden, sie sollen höchstens die Grösse einer Kegelkugel oder bei platten Steinen die eines Holzschuhes haben. Die Steine, welche zum ersten Male nicht gar gebrannt sind, können in den Ofen zurückgebracht und fertig gebrannt werden.

Bei einem regelmässigen Betriebe dieses Ofens bestehen die täglichen Arbeiten in folgenden Verrichtungen: Möglichst früh am Morgen wird mit dem Ziehen des gebrannten Kalkes begonnen, und zwar abwechselnd an allen Zuglöchern und an denen am stärksten, über welchen der Ofen am meisten der Luft bedarf, wie obenauf leicht zu erkennen ist, oder wo die Masse am Futtermauerwerke sich festgesetzt hat. Im Falle die Masse dennoch ungleich sinken sollte, so wird mit einer eisernen Stange, sogen. Lanze an der Futtermauer hinuntergestossen, um die angebrannten Stellen davon abzulösen. Man hört mit dem Ziehen auf, wenn der gebrannte Kalk nicht mehr kalt ist, oder sich brennende Teile zeigen. Wird zu stark gezogen, so hat dies zur Folge, dass beim Ziehen des folgenden Tages ungare Steine herauskommen. Ebenso nachteilig kann ein zu schwaches Ziehen werden, insbesondere an schwülen Sommertagen bei sehr feuchter Luft, weil alsdann der Kalk im Ofen zerfällt (und somit eine grosse Menge Asche liefert. Es gehört viel Übung und Aufmerksamkeit dazu, um das richtige Ziehen des Trichterofens vorzunehmen und einen stets gleichmässigen garen Kalk zu erhalten.

Das Ziehen muss von Zeit zu Zeit etwas unterbrochen werden, um das Feuer nicht zu sehr zu stören und zu tief nach unten zu führen; auch ist es gut, wenn während des Ziehens hin und wieder einige Schaufeln Rostgrieskohlen in angemessener Streuung nachgeschüttet werden, um das Feuer in lebhafterem Gange zu erhalten. Diese Zwischenzeit wird mit Zerschlagen der Kalksteine zweckmässig ausgefüllt.

Nach beendigter Ziehung wird die Masse oben im Ofen mit der eisernen Lanze ebengeschlichtet und dann in der oben angegebenen Weise neues Material aufgeschichtet. Erst kommt eine dünne Schicht etwas angefeuchteter Rostgrieskohlen und dann eine dicke Schicht Kalksteine, und so abwechselnd weiter bis der Ofen voll ist. Bei starkem Betriebe kann man auch noch

50 cm hoch über den oberen Rand des Ofens aufsetzen, wenn man die letzten Schichten nach aussen sphärisch abrundet. Bei schwächerem Bedarfe kann man den Ofen mehrere Tage ruhig stehen lassen, ohne an ihm zu arbeiten, nur muss man ihn sorgfältig mit sehr feinen Kalksteinstücken und Asche oder feuchter Erde bedecken, sowie die Ofenlöcher verschliessen. Auf diese Weise kann man den Ofen 8—10 Tage in Glut erhalten. Soll der Ofen wieder in Betrieb gesetzt werden, so wird die Decke auf der Gicht entfernt und die Ofenlöcher geöffnet.

§ 56.

Ein Ofen, der zwar überwiegend für die Zwecke der Zuckerfabrikation (zur Erzeugung hochprozentiger Saturationsgase) in Anwendung kommt, jedoch

auch stellenweise zur ausschliesslichen Erzeugung von gebranntem Kalk mit ebenso gutem Erfolge gebraucht wird, ist der Kalkofen nach System Khern, in ähnlicher Form als belgischer Ofen bekannt, dargestellt in Figur 30. Wie aus letzterer hervorgeht, besteht der Ofen aus einem hohen Schacht aus feuerfesten Steinen mit einer Ummantelung aus Eisenblech; der Schacht trägt an seiner oberen Mündung einen eisernen Einschütttrichter, auf den sich eine Glocke aufsetzt, welche sowohl von oben als auch von unten her hochgezogen werden kann, wodurch das im Trichter befindliche Material (Kalkstein und Koks-

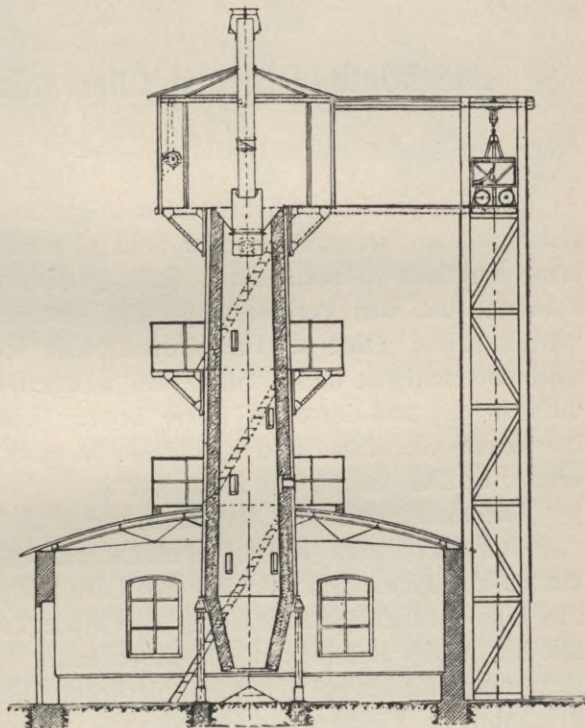


Fig. 30.

gemisch) in den Schacht abstürzt. An die Glocke schliesst sich der eiserne Schornstein an; er ist behufs Regulierung des Zuges mit einer Drosselklappe versehen. In der Zeichnung punktiert angedeutet ist der Stutzen zum Anschluss an die Kohlensäurepumpe, die wegfallen kann, wenn der Ofen ausschliesslich zur Erzeugung von gebranntem Kalk dient. Vorteilhafter ist es aber auch dann, diese Pumpe beizubehalten, weil sie eine vorzügliche Handhabe zur Regulierung des Ofenganges bildet.

Die Bedienung des Ofens ist einfach und bequem; der Arbeiter hat nur darauf zu achten, dass die Weissglutzone sich stets an der vorgeschriebenen

Stelle befindet. Danach regelt er die Beschickung bezw. den Abzug und den Schornsteinzug.

Der Koksverbrauch ist je nach der Natur des Brenngutes sehr verschieden, er schwankt zwischen 7 und 11% (auf das Kalksteingewicht bezogen). Am vorteilhaftesten bezüglich Brennmaterialverbrauchs und Qualität des Kalkes brennen sich Kalkstücke von 12—18 cm Grösse.

X.

Die kontinuierlichen Öfen mit grosser Flamme.

§ 57.

Bei den kontinuierlichen Öfen mit grosser Flamme liegt die Feuerung seitwärts vom Brennraume oder Schacht in dem Umfassungsmauerwerk, ist also von dem zu brennenden Kalke getrennt, so dass dieser nur von der Flamme und den Verbrennungsgasen bestrichen wird. Ihrer Form nach werden diese Öfen Cylinderöfen oder Rumfordsche Öfen genannt; man unterscheidet dabei solche, bei welchen Ofensohle und Feuerungsroste nicht in ein und derselben Höhe liegen (Rüdersdorfer Öfen), und solche, bei denen die Roste und Ziehlöcher in einer Ebene liegen (Hofmannsche Öfen); endlich solche mit Gasfeuerung.

Die kontinuierlichen Öfen bieten gegen die periodischen folgende Vorteile:

Das Mauerwerk ist bei ersteren während der ganzen Kampagne nur einmal zu heizen, während bei den Öfen mit unterbrochener Feuerung jedesmal eine vollständige Abkühlung des Mauerwerks eintreten muss, bevor man mit der neuen Beschickung beginnen kann. Ferner wird die Hitze des gar-gebrannten Kalkes bei den kontinuierlichen Öfen zur Erhitzung der neu hinzugekommenen Füllung nutzbar gemacht, während sie bei den periodischen Öfen verloren geht. Hieraus folgt, dass die ersteren Öfen eine grosse Ersparnis an Brennstoff und Arbeitszeit gewähren; sie empfehlen sich daher ganz besonders bei einem gleichmässigen Absatz des täglich erzielten gebrannten Kalkes, um den Betrieb ungestört fortführen zu können. Bei Anlagen, wo kein regelmässiger Absatz in Massen zu erwarten ist, oder wo der gebrannte Kalk nur einem vorübergehenden Bedürfnisse Rechnung tragen soll, sind periodische Öfen vorzuziehen, obwohl das Brennen in diesen Öfen, durch fortwährend erneutes Heizen von abgekühltem Mauerwerk bedeutend teurer ist. Ausserdem ist zu beachten, dass bei periodischen Öfen im Verhältnis ihres Rauminhaltes ein um so grösserer Brennstoffverbrauch stattfindet, je kleiner die Abmessungen des Ofens sind.

§ 58.

Bekannte derartige Ofen sind die sogen. Rüdersdorfer, welche hauptsächlich Berlin und die Umgegend mit gebranntem Kalk versehen. Ein solcher ist in den Fig. 31 und 32 dargestellt.

Fig. 31 ist ein senkrechter Durchschnitt durch die Achse des Ofens; Fig. 32 ein Grundriss, und zwar in der rechten Hälfte durch die Feuerungen, in der linken durch die Zuglöcher geschnitten. Dieser Ofen ist ungefähr 11,9 m von der Gicht bis zu den Feuerungen, und von dort bis zur Sohle

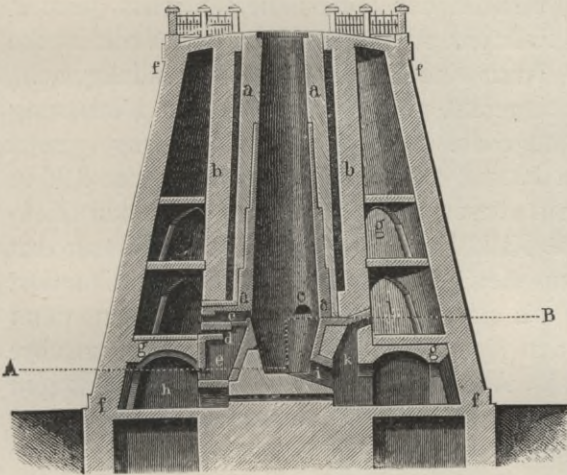


Fig. 31.

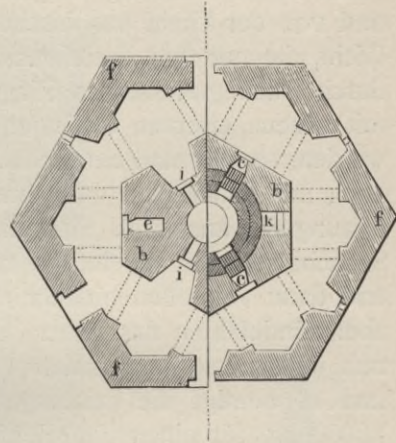


Fig. 42.

2,2 m, also im ganzen 14,1 m tief. Seine Weite beträgt bei der Gicht 1,9 m bis 2,10 m, ebensoviel an der Sohle und an der weitesten Stelle 2,5 m; bis auf 10 m Höhe ist er an der dem Feuer zugänglichen inneren Fläche mit feuerfesten Steinen von $1\frac{1}{2}$ Stein Stärke *aa* in Absätzen ausgemauert. Oberhalb nach der Gicht zu liegt die innere Mauer bloss, weil daselbst das Feuer weniger Wirkung ausübt. Diese innere Futtermauerung *aa* ist von einem Mantel *bb* umgeben, der zwischen den Mauern *ab* einen Zwischenraum von ungefähr 13 bis 15 cm lässt, welcher mit Asche lose ausgefüllt wird und teils das Zusammenhalten der Hitze, teils die Möglichkeit der Ausdehnung des Ofenschachtes *aa* zum Zweck hat. Die äussere Umfassungsmauer *ff* umschliesst die Gewölbe *gg*, welche in den unteren Stockwerken zum trocknen Aufbewahren des gebrannten Kalks, im dritten und vierten Stockwerke zu anderen Vorratsräumen und zu Schlafstellen für die fremden Arbeiter dienen. Auf den Seiten des sechseckigen Ofens liegen die drei Feuerungen *ccc*. Unter einem mit Chamottesteinen bekleideten Gewölbe liegt der Brennstoff auf zwei durchbrochenen Tonplatten, welche zusammen den Rost bilden und deren Stossfuge von einem kleinen Gurtbogen unterstützt wird. Die Feuerstellen sind durch eiserne Türen verschlossen. Die Luft zur Unterhaltung des Feuers tritt aus dem Kanal *d* unter die Rostplatten; *e* ist der Aschenfall, welcher ebenfalls durch die eiserne Türe verschlossen ist,

wenn er nicht in den Raum *h* entleert werden soll, von wo aus die Asche abgefahren wird. Die Öffnungen *ii* zum Ausziehen des Kalkes sind, um das Nachfallen zu erleichtern, nach aussen zu erweitert; zugleich ist die Sohle nach den Öffnungen zu geneigt. Sie sind durch eiserne Türen verschlossen, damit die durch diese Öffnungen eintretende Luft keine nachteilige Abkühlung des Ofens hervorbringe, und sie werden nur im Augenblick des Ziehens geöffnet. *k* ist ein Schlot, durch den die heisse Luft beim Ausziehen des Kalkes vom Arbeiter in den äusseren Raum *l* abzieht.

Während nun am Fusse des Ofens alle zwölf Stunden das Ziehen der garen Steine beständig fortgeht, wird in der Mitte ohne Unterlass gefeuert und von der Gicht aus frischer Kalkstein nachgefüllt. Zu dem Ende ist die Gicht, die mit dem Steinbruche durch eine Eisenbahn in Verbindung steht, durch einen gusseisernen Ring eingefasst und an der äusseren Umfassung mit einem eisernen Geländer umgeben. Soll der Ofen in Gang gesetzt werden, so füllt man den Schacht bis zur Höhe der Feuerstellen *c*, also 2,20 m hoch mit Kalksteinen und brennt diese, indem man Feuer in den Ziehöffnungen *i* anzündet. Sind diese Kalksteine gar gebrannt, so füllt man den Schacht vollends an, indem man die Steine anfangs in Eimern hinablässt und dann von oben hineinwirft, bis sie auf der Gicht gehäuft liegen; dann aber zündet man das Feuer in den eigentlichen Feuerstellen *cc* an, welches nun fortdauernd unterhalten wird. Alle zwölf Stunden wird Kalk gezogen und es beträgt die Leistung im Tag für einen vierschürigen Ofen etwa 11000 kg, für einen fünfschürigen etwa 13,000 kg Stückkalk.

§ 59.

Ein einfacher Ofen der Art, wie von dem Baumeister Paul Loeff in Berlin erbaut, wird durch die Fig. 33 im Schnitt nach *E—F*, Fig. 34 im Grundriss nach der Linie *A—B*, Fig. 35 im Grundriss nach der Linie *C—D* veranschaulicht. *a* ist ein Ziehloch für gebrannten Kalk, *b* Feuerung für Steinkohlen, *c* Luftkanal für die Feuerung, *d* Aschenfall, *e* Schürraum und Lager für Brennstoff, *f* Ziehraum und Lager für gebrannten Kalk, *g* Luftkanal für den gezogenen Kalk, *h* feuerfestes Mauerwerk, *i* Isolierschicht, *k* Mauerwerk von Rathenower Steinen (39 cm stark), *l* freier Raum zur Ausdehnung des Rauchmantels, *m* Backsteinmauerwerk, *n* Einbringeöffnung für Kalksteine, *o* Drahtgitter, *p* Torweg, um durch eine angelegte schiefe Ebene den Brennstoff anzufahren, *r* eiserne Reifen.

Ein solcher Ofen hat eine Höhe des inneren Schachtes von 14 m, wobei von der Feuerung bis zur Gicht 11,3 m, und von ersterer bis zur Sohle 2,9 m zu rechnen sind; mit Hinzurechnung des oberen Rauchmantels 18,8 m.

Seine Weite beträgt an der Gicht 2,2 m, ebensoviel an der Sohle. An der weitesten Stelle (in der Ebene des Feuerherdes) beträgt sie 2,9 m.

Der Ofenschacht ist mit feuerfesten Steinen bekleidet. Diese innere Futtermauerung (Kern) ist von einem Mantel umgeben, der zwischen den Mauern einen Raum von 13 cm lässt, welcher mit Asche ausgefüllt ist, um

teils das Zusammenhalten der Hitze, teils die Möglichkeit der Ausdehnung des Ofenschachtes zuzulassen. Die äussere Form des Ofens ist rund.

Fig. 33.

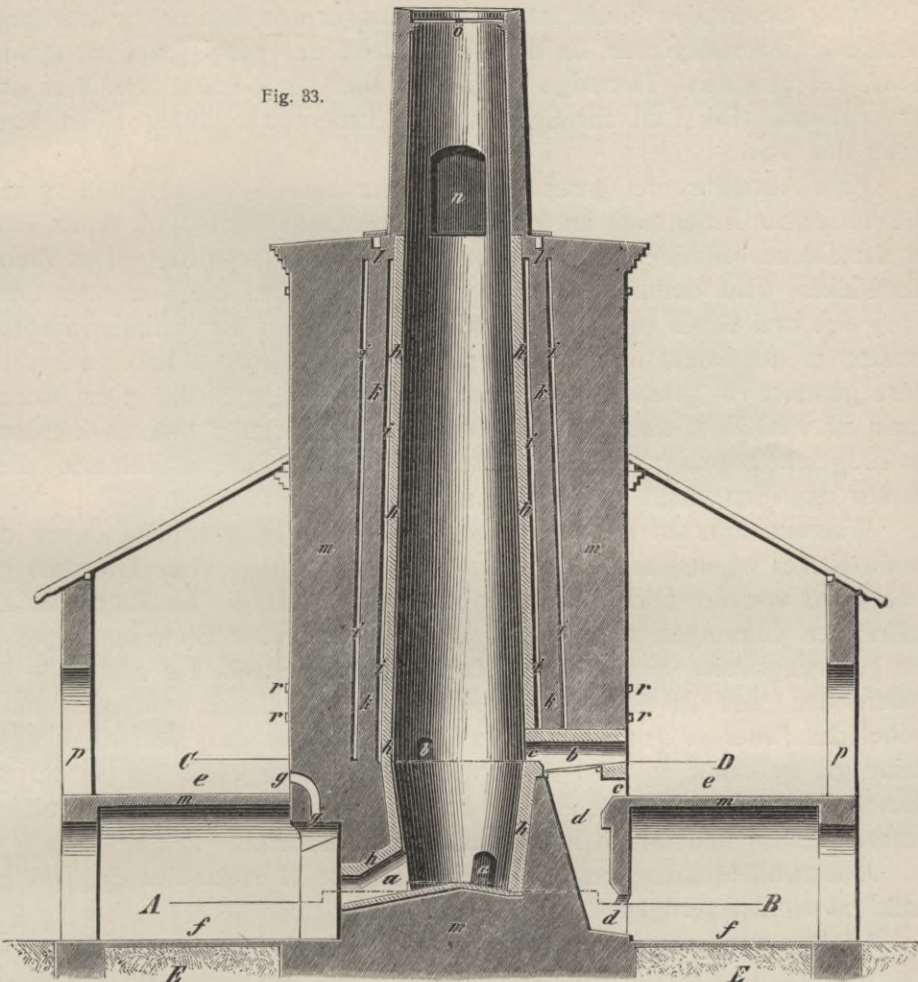
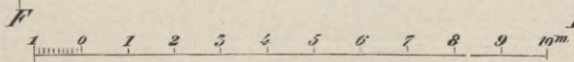
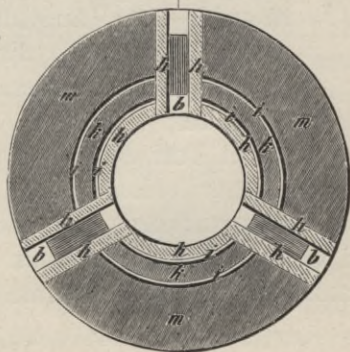
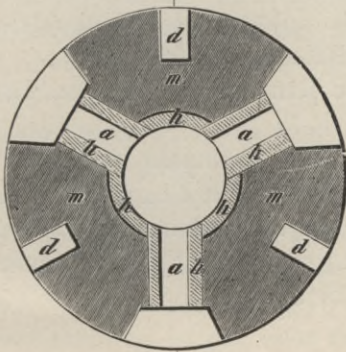


Fig. 34. Fig. 35.

Massstab
= $\frac{1}{100}$ der
nat. Grösse



Es sind drei Feuerungen im Kreise angeordnet, wovon jede mit einem Roste (für Steinkohlenfeuerung und einem darüber gespannten feuerfesten Gewölbe versehen ist. Bei der Verwendung von Holz und Torf zur Feuerung dieser Öfen bildet man zweckmässiger den Rost durch drei durchbrochene Chamotteplatten, da diese Brennstoffe den geringsten Luftzug unter dem Rost gestatten. Derartige Roste sind aber für jeden andern Brennstoff unvorteilhaft. Die Luft zur Speisung des Feuers tritt durch einen Kanal unter den Rost.

Zum Ausziehen des garen Kalkes dienen zwei Ziehlöcher, und es wird die bei dieser Arbeit sich im Ziehraum anhäufende heisse Luft durch einen in der Decke befindlichen Kanal von dem Arbeiter abgeleitet. Das Ziehen des Kalkes wird dadurch wesentlich erleichtert, dass die Sohle des Ofens nach den drei Seiten, wo die Ziehlöcher sich befinden, von einem erhöhten Punkte in der Mitte sich abdacht, so dass der gebrannte Kalk, wenn die Türe geöffnet ist, gewissermassen dem Arbeiter entgegenfällt. Der Aschenkanal ist vom Rost, also vom oberen Stockwerk bis zum unteren Ziehraum im Erdgeschoss geführt und hier durch eine eiserne Türe verschlossen; diese ist nur dann zu öffnen, wenn die Asche ausgeräumt werden soll.

Während nun am Fusse des Ofens alle zwölf Stunden das Ziehen des garen Kalkes regelmässig erfolgt, wird auf den Rosten ohne Unterlass ge feuert und von der Gicht aus roher Kalkstein durch die im Rauchrohr angebrachten Öffnungen nachgefüllt. Beim Eröffnen der Brennkampagne ist die Feuerungsweise eine andere. Zuerst ist der Schacht bis zur Höhe der Feuerstellen, also 2,8 m hoch mit Kalksteinen anzufüllen und zu brennen, wobei das Feuer in den Ziehöffnungen anzulegen ist. Sind diese Kalksteine gar gebrannt, so wird der Schacht vollends angefüllt, bis sie auf der Gicht gehäuft liegen, dann erst zündet man das Feuer in den eigentlichen Feuerstellen an und unterhält dasselbe nun fortdauernd.

Alle zwölf Stunden werden in diesem Ofen 77 Hektoliter (35 Tonnen) Kalk auf einmal gezogen.

An Brennstoff werden dabei durchschnittlich verbraucht:

- a) auf 3,5 Raumteile gebrannten Kalk höchstens 1 Raumteil Steinkohle;
- b) auf 1—1,5 Raumteile gebrannten Kalk 1 Raumteil Braunkohle;
- c) auf 1 Raumteil gebrannten Kalk 1,4 Raumteile Buchenholz;
- d) bei weichen Hölzern der 2—2,25 fache Rauminhalt des gebrannten Kalkes;
- e) bei Torf der 1,5—2 fache Rauminhalt des gebrannten Kalkes.

Bei Braunkohlenfeuerung oder Torffeuerung empfiehlt Loeff mit Steinkohlen überzuschüren, um hierdurch gleich eine lange Flamme zu bekommen, bei welcher Befuerung dann auf 2 Raumteile gebrannten Kalk 1 Raumteil Braunkohle und 0,08 Raumteile Steinkohle zu berechnen sind.

§ 60.

Ein anderer Ofen in Rüdersdorf hat die Gestalt eines an den Enden abgestumpften Ellipsoids und liefert ebenfalls sehr günstige Ergebnisse; die

Fig. 36 und 37 geben eine Darstellung. Dieser Ofen hat fünf Heizungen (Gassen oder Herde), in den Zeichnungen mit *a* bezeichnet. Die innere Ausfütterung *bb* des Ofens ist von feuerfesten (Chamotte-) Steinen, die Wände selbst sind von gewöhnlichen Backsteinen aufgeführt. Zwischen der inneren Bekleidung *b* und der Umfassungsmauer *dd* ist ein mit Asche ausgefüllter Zwischenraum *cc* angebracht, der wie bei den vorherbeschriebenen Öfen die Ausdehnung der inneren Ofenmauer ermöglicht und als Nichtleiter die

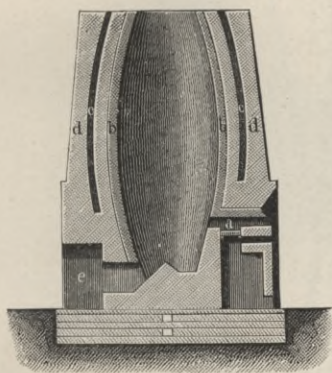


Fig. 36.

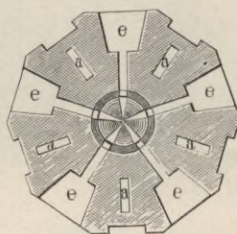


Fig. 37.

Wärme vom Übergange in die Masse des Mauerwerks abhält. *ee* sind die Öffnungen, durch welche der gebrannte Kalk gezogen wird; sie sind durch Türen geschlossen.

Als Brennstoff dient ein Gemenge von Holz und Torf, und zwar nimmt man einen Teil des ersteren auf vier Teile des letzteren. Der Preis des Torfs ist daselbst etwas niedriger, als die Hälfte des gleichen Rauminhaltes Holz.

§ 61.

Finks Kalkofen für kontinuierlichen Betrieb. Diese Art Öfen ist in der darmstädtischen Provinz Starkenburg vielfach ausgeführt und wird zur besseren Erhaltung des Mauerwerks wenn möglich ganz in die Erde an einen Abhang gebaut. Hierdurch wird es nötig, um den Ofen herum einen überwölbten Gang anzulegen, mittelst dessen man an die Schür- und Abzugslöcher gelangen kann.

Fig. 38 zeigt einen solchen Ofen im Querschnitt nach der Linie *E–F* und Fig. 39 im Grundriss durch die Schürlöcher. *aa* sind die drei Schürlöcher mit eisernen Rosten und zugehörigen Aschenfällen *b*; bei *cc* sind die Abzugsöffnungen des gebrannten Kalkes, *d* ist der innere Ofenraum und *f* die Einfuhröffnung in den Schornstein *e* für die rohen Kalksteine. Diese Öffnung ist mit einer Eisenblechtür verschliessbar. *i* ist die überwölbte Eingangsöffnung für den Umgang *h*; sie trennt den Ofen von dem davorliegenden Magazin für gebrannten Kalk; *g* ist ein Luftkanal, um die in dem Umgang *h* erwärmte Luft abzuführen. Solcher Luftzüge sind vier an den

in Fig. 39 mit *g* bezeichneten Stellen vorhanden; sie sind nötig, weil sich in dem Umgange *h* sonst eine für den Arbeiter unerträglich heisse Luft bilden und das Feuer in den hinteren Schüröffnungen träge brennen würde. Deshalb ist es auch zweckmässiger, den Gang breiter als in der Zeichnung und mindestens 1,5 m breit zu machen.

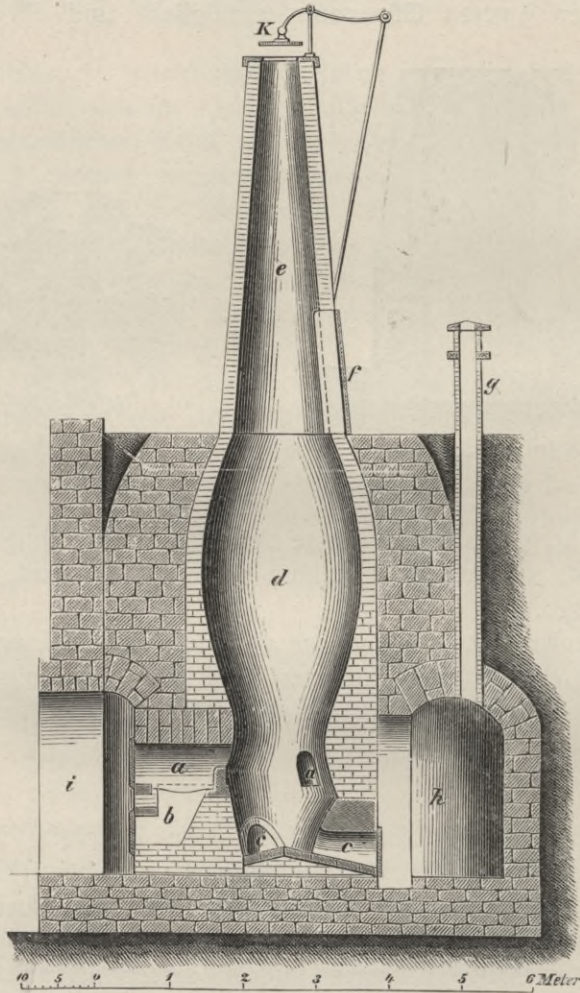


Fig. 38.

Dieser Ofen fasst 12 cbm. Täglich werden zweimal $1-1\frac{1}{2}$ cbm gebrannter Kalk abgezogen. Man feuert nur mit Holz, und zwar nur mit Reisig- oder Prügelholz, von welchem etwa 10 Ctr. für 1 cbm gebrannten Kalk gebraucht werden. Während der Feuerung ist die Schornsteinklappe *k* aufgehoben, die Abzugsöffnungen *cc* werden durch gusseiserne Türchen verschlossen gehalten und die verbleibenden Ritzen mit Lehm gut verschmiert. Wenn gebrannter Kalk abgezogen werden soll, müssen die Türen der Schür-

löcher *a a* sowie diejenigen der Aschenfalle gut verschlossen und die Schornsteinklappe *k* muss niedergelassen werden, um den Durchgang kalter Luft durch den Ofen und die hierdurch entstehende Abkühlung zu verhüten.

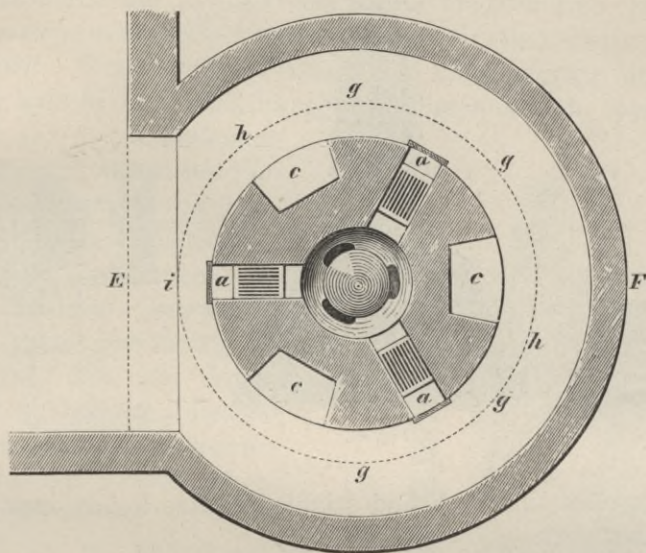


Fig. 39.

Ausser mit Holz kann der Finksche Ofen mit jedem anderen Brennstoff befeuert werden.

§ 62.

Ein in England sehr bekannter derartiger Kalkofen ist der von Rumford erbaute Ofen mit umgebogener Flamme; er ist in Fig. 40 im Durchschnitt nach *A—B*, Fig. 41 im Durchschnitt nach *C—D* und in Fig. 42 im Grundriss dargestellt, und zwar ist bei letzterem die eine Hälfte zur Rechten ein Schnitt über dem Kanale *f*, und die Hälfte links ein Schnitt durch den Schornstein *a*. Er besteht aus einem ziemlich hohen, oben etwas engeren runden Schornstein *a*, der von oben mit Kalksteinen angefüllt wird, sowie man unten von der Ladung fortnimmt. Der Herd liegt seitwärts, der Brennstoff liegt auf dem Rost *b*, die Luft tritt durch den oberen Teil ein und streicht mit der Flamme und dem Rauch in ein Gewölbe *e*, aus dem sodann die Hitze und Flamme durch die Öffnungen *d d* sich in das Innere des Ofens ausbreitet, um die Steine zu kalcinieren. Bei diesem Durchgange wird der Rauch, der in steter Berührung mit dem in der Luft übrigen Sauerstoff bleibt, verzehrt und steigert die entwickelte Wärme.

Die durch die Gicht des Ofens eingesetzten Kalksteine fallen in die beiden kreisförmig gebogenen Kanäle *f f* am Fusse des Ofens ab, um durch die Seitenmündungen *g g* ausgezogen zu werden, wenn sie gar gebrannt sind. Bei *ee* sind in dem Cylindermantel Öffnungen angebracht, mittelst

welcher man Luft zum Abkühlen der calcinierten Steine einlassen kann. Endlich sind zwischen dem inneren Futter- und äusseren Mantelmauerwerk bei *ii* Zwischenräume angebracht, die mit Sägespänen als einem schlechten

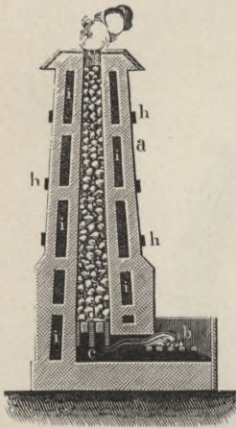


Fig. 40.

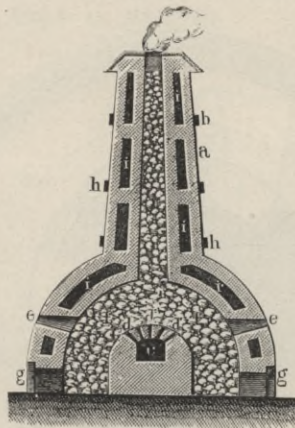


Fig. 41.

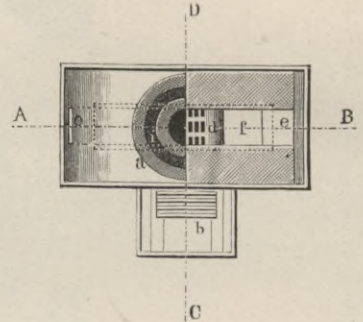


Fig. 42.

Wärmeleiter angefüllt sind; *h h* sind schmiedeeiserne Reifen zum Zusammenhalten der Ofenmauer.

Als Brennstoff wird zu diesem Ofen Steinkohle verwandt.

§ 63.

Der von Hofmann in Döbeln erbaute Ofen ist für Steinkohlenfeuerung eingerichtet, also namentlich für steinkohlenreiche Gegenden von grosser Wichtigkeit. Er unterscheidet sich nach Zwick (Kalk und Luftmörtel) von dem Rüdersdorfer Ofen namentlich in zweierlei: 1. dadurch, dass die Feuerungen und Ziehöffnungen, deren je vier angebracht sind, in einer Ebene liegen; 2. dadurch, dass die Gicht des Ofens überwölbt und auf die Überwölbung eine Esse gesetzt ist, welche den für Steinkohlenfeuerung notwendigen Zug bewirkt. Wenn die erste Abänderung auch den Vorteil hat, dass man den eigentlichen Schacht etwas verkürzen, also billiger herstellen kann, so entsteht doch der Nachteil des Ziehens glühend heisser Steine und des Verlorengehens grosser Wärmemengen sowie Belästigung des Arbeiters.

§ 64.

Eine Ofenkonstruktion, die sich schwer genau in eines der beiden Systeme kontinuierlicher Öfen mit kurzer oder langer Flamme einfügen lässt, vielmehr mit gleicher Berechtigung dem einen wie dem andern zugezählt werden muss, ist der von F. L. Smidth-Kopenhagen verbesserte Schöfer-Ofen, in der Cementindustrie als Aalborg-Ofen vorteilhaft bekannt und in dem Abschnitt dieses Buches, welcher von der Portland-Cement-Fabrikation handelt, beschrieben. Die Einrichtung desselben ist aus beistehender Abbildung Fig. 43 ersichtlich. Der Ofen ist innen mit Chamotte angekleidet, das

äussere Mauerwerk besteht aus Backsteinen oder Bruchsteinen. *B* ist die Öffnung, durch welche Kalkstein mit dem kleineren Teil des Brennmaterials zusammen aufgegeben wird, *A* ist die Auskarröffnung, *C* ist der Kühlraum und in *D* wird der Kalkstein vorgewärmt. Der grössere Teil des Brennmaterials wird durch die schrägen im Kreise angeordneten Heizlöcher *ff* eingebracht, welche oben (wie beim Ringofen) mit gusseisernen Glocken abgedeckt werden. Unmittelbar unterhalb der Einschnürung des Schachtes legen sich die Kalksteine im natürlichen Böschungswinkel hin, wodurch Raum für die Kohle und für die Entfaltung der Flamme entsteht, die in der Einschnürung das Brenngut von allen Seiten bespült und gleichmässig durchglüht. Die Verbrennungsluft wärmt sich an den gebrannten Massen vor, diese gleichzeitig so weit abkühlend, dass das fertige Produkt unten bequem herausgeschaufelt und abgefahren werden kann, während die Verbrennungsprodukte ihre Wärme an den rohen Kalkstein und die mit diesem aufgebene Kohle abführen. Die Ausnutzung der Wärme ist bei diesem Ofen eine weitgehende und der Aufwand an Brennmaterial aus diesem Grunde nur gering, wie F. L. Smidth angeben, um 33% niedriger als beim Ringofen. Sehr vorteilhaft ist es jedenfalls, dass der Kohlensäure hier die Möglichkeit gegeben ist, auf dem kürzesten Wege zu entweichen. — Der Ofen lässt sich für Tagesleistungen von 2–25 Tonnen gebrannten Kalkes anwenden.

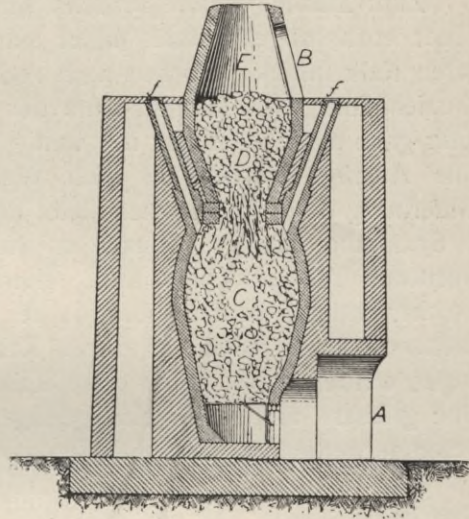


Fig. 43.

§ 65.

Die kontinuierlichen Öfen mit grosser Flamme sind im allgemeinen bei weitem vorteilhafter, als die vorher beschriebenen kontinuierlichen Öfen mit kleiner Flamme, worin die Kalksteine mit dem Brennstoffe gemischt eingesetzt werden. Jene bringen in der Tat durch die grosse Länge des Feuerherdes, die Flamme und den Rauch, die von dem Feuer aufsteigen, in beträchtlicher Fläche mit dem Kalkstein in Berührung und hindern die Hitze in die Aussenluft auszuströmen. Ausserdem bieten sie den Vorteil, dass die Berührung des Brennstoffes mit dem Kalksteine vermieden wird, wodurch dem Kalke die Reinheit und namentlich auch die weisse Farbe, die in vielen Fällen erfordert ist, erhalten bleibt.

Als Brennstoff für diese Öfen wird der am billigsten zu beschaffende gewählt, also Braunkohle, Holz und Torf, oder flammende Steinkohle, denn

stets muss ein Brennstoff angewendet werden, welcher eine lange Flamme gibt. Der verschiedene Brennstoff übt auf die Güte des gebrannten Kalkes keinen Unterschied aus, sobald eine gute Ofenanlage vorhanden und das Rohmaterial genau bekannt ist.

Falls beim Brennen mit Steinkohlen der Kalk verglast, so deutet dies an, dass ein weniger intensives Brennmaterial hierfür ausreicht und die Kohlen zweckmässig mit Torf vermischt werden können. Alle zwölf Stunden (morgens und abends) geschieht das Ziehen des gebrannten Kalkes und gleich darauf findet auch das Beschicken des Ofens statt.

Zum Ziehen werden zunächst sämtliche Feuertüren geöffnet, damit das Feuer etwas abgeht, dann öffnet man die untere Ziehöffnung, räumt den garen Kalk mittelst Krücken nach rechts und links hinter dem Eingange zur Ausziehöffnung fort, worauf dann der in der Höhe befindliche gar gebrannte Kalk ganz allein oder nur mit wenig Nachhülfe in einiger Zeit nachkommt. Alle Auszüge werden auf diese Weise nach und nach geräumt. Nach Entfernung des garen Kalkes bleibt der nicht gut gebrannte Kalk einige Zeit in Spannung hängen, wonach er durch Herabgehen den unteren leer gewordenen Teil des Ofens füllt. Hierbei fällt jedesmal Kalk auf die Roste, welcher entfernt werden muss, da der Rost möglichst rein zu halten ist, der Brenner erkennt jedoch an diesen Kalkstücken, ob viel oder wenig Kalk gezogen werden muss. Sind diese Kalkstücke durchgebrannt, dann ist unten eine grössere, andernfalls eine geringere Menge zu ziehen. Muss viel Kalk gezogen werden, so lässt man ihn zweimal herabgehen.

Das Herabgehen des Kalkes dauert bei grösseren Öfen durchschnittlich eine halbe Stunde. Ist viel gebrannter Kalk oberhalb der Schürlöcher, dann fällt er schwerer; zuweilen vergehen $1 - 1\frac{1}{2}$ Stunden, bevor die ganze Ladung herunterfällt.

Nach dem Anfüllen des unteren Raumes, des sogen. „Reservators“, welcher zum Abkühlen des gebrannten Kalkes dient, werden die Türen der Ziehöffnungen wieder geschlossen und verschmiert, sowie das Feuern in den Heizlöchern wieder fortgesetzt, und der oben im Ofen freigewordene Raum wird wiederum durch Einwerfen neuer Kalksteine ausgefüllt.

Durchschnittlich nach 72 Stunden wird oben aufgebener Kalkstein unten als garer Kalk gezogen. Diese Zeit ist begreiflicherweise von der Güte der Kalksteine, von der Güte der Brennstoffe und von der Ofeneinrichtung abhängig.

Wesentlich ist die Anbringung von Luftröhren in den Deckengewölben vor den Ziehöffnungen, um die heisse Luft von dem Kalke abzuführen, weil sonst die Arbeiter bei dem Ziehen des gebrannten Kalkes zu sehr von der grossen Hitze zu leiden haben. Gewöhnlich werden bei diesen Öfen drei Feuerungen angebracht, zuweilen aber auch vier und fünf, welche stets gleichmässig im Umfange des Ofengrundrisses zu verteilen sind.

XI.

Gaskalköfen.

§ 66.

Bei allen Heizungen geht das naturgemässe Streben dahin, das höchste Mass wirklicher Leistung mit dem geringsten Aufwand von Brennstoff und Arbeit zu erlangen. Man sucht dieses Ziel im allgemeinen dadurch zu erreichen, dass man den eigentlichen Verbrennungsvorgang so vollkommen wie möglich zu gestalten trachtet, ein Erfordernis, welches allerdings von höchster Wichtigkeit ist, aber doch noch lange nicht alles einschliesst, was das praktische Bedürfnis verlangt. Es sind die so sehr verschiedenartigen Heizzwecke, bei welchen nicht nur der erforderliche Temperaturgrad, sondern auch noch viele andere Bedingungen gleichwertige Berücksichtigung verlangen, z. B. die Frage, ob vorzugsweise die entwickelte Wärmemenge in Betracht kommt, wie bei der Heizung von Dampfkesseln, oder ob mehr die Intensität der Wärme (der erzielte Temperaturgrad) von Bedeutung ist, wie beim Stahlschmelzen in Tiegeln. Ferner die Frage der Wärmeverteilung, sowie die Grösse und die Form der für die besonderen Zwecke einzurichtenden Ofenkammern nebst vielen anderen Betriebsbedingungen, denen allen in gleicher Weise entsprochen werden muss, und die notwendig auf die zu wählende Form der Verbrennung oder die erforderliche Ofeneinrichtung verschieden einwirken müssen. Da nun die so verschiedenartig gestellten Bedingungen auch notwendigerweise den Verbrennungsvorgang ebenso verschiedenartig gestalten müssen, erscheint es wohl erklärlich, dass es nicht tunlich ist, die Verbrennung nach einer bestimmten Schablone einzurichten. In einfachster Weise und am vollkommensten, unter Berücksichtigung aller praktischen Erfordernisse, gelingt es, die Hauptbedingungen eines allgemein giltigen Verbrennungsverfahrens mit Hilfe der Gasfeuerung zu erfüllen.

Bei der Gasfeuerung wird in einem besonderen Ofen, dem Generator, durch unvollkommene Verbrennung eines Brennstoffes brennbares Gas erzeugt, dieses sodann mit Luft vermischt der Heizstelle zugeleitet, oder auch erst an dieser Stelle vermischt und hier zur Verbrennung gebracht. Der gasförmige Brennstoff wird durch die gegenseitige Einwirkung von Kohle und Luft bei einer mässigen Rotglut erhalten. In einer aus feuerfesten Steinen aufgeführten Kammer wird die eine Wand durch einen schrägliegenden Rost gebildet, durch dessen Spalten die äussere Luft an die unterste Brennmaterialschicht herantreten kann, welche daher in vollkommener Weise,*) also zu unverbrennbarer Kohlensäure (CO_2) verbrennen muss, während mit den mehr oben liegenden Kohlen der mindestens 1 m hohen Kohlschicht, welche aus Mangel an Luft nicht brennen, die verschiedensten Veränderungen vorgehen. Aus dem oberen und kälteren Teile des Brennstoffes entwickelt sich eine

*) Wie bekannt, entsteht bei der unvollkommenen Verbrennung des Kohlenstoffes (C), also bei mangelnder Luftzufuhr, brennbares Kohlenoxyd (CO) und durch Verbrennung des letzteren die unverbrennbare Kohlensäure.

grosse Menge von Kohlenwasserstoffen; die nicht in Gas verwandelten Reste (Koks) sinken nach und nach herab und nähern sich dem Roste, die demselben am nächsten liegenden verbrennen wie schon erwähnt zu Kohlensäure und die entwickelte Hitze bringt die darüber befindliche Schicht ins Glühen; die Kohlensäure steigt langsam durch die glühende Kohle empor, verwandelt sich infolge der reduzierenden Wirkung der letzteren ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$) in Kohlenoxyd und mischt sich in dem oberen Raum der Kammer, welche der Gaserzeuger heisst, mit den erwähnten Kohlenwasserstoffen. Dieses Gasgemenge bildet, zusammen mit dem Stickstoff, der durch die Rostspalten eintretenden äusseren Luft den Brennstoff, das Generatorgas, welches — nach Gewichtsprozenten — die Zusammensetzung hat: 34% CO + 0,1% H + 1,9% CO_2 + 64% N. 1 kg dieses Gases entwickelt beim Verbrennen 860 Wärmeeinheiten und eine Temperatur von etwa 800° C. Der pyrometrische Effekt ist, wie man sieht, für den vorliegenden Zweck — die vollkommene Austreibung der Kohlensäure aus dem Kalkstein — nicht hoch genug, er wird daher in der Praxis dadurch gesteigert, dass man die Verbrennungsluft durch die Ausziehöffnungen eintreten und sich an den gebrannten Massen hoch erhitzen lässt. Je höher das Generatorgas und die Verbrennungsluft vorgewärmt werden können, desto höher fällt die Verbrennungstemperatur aus.

§ 67.

Vorrichtungen zum Zwecke des Erhitzens der Verbrennungsgase und der Verbrennungsluft mittelst der Abhitze der Verbrennungsprodukte nennt man Regeneratoren. Die von Siemens zu hoher Vollkommenheit ausgebildete Regenerativfeuerung ist selbstverständlich nur da am Platze, wo ausserordentlich hohe Hitzegrade entwickelt werden müssen und so den Verbrennungsgasen selbst noch eine sehr hohe Temperatur — nahezu Verbrennungstemperatur — innewohnt, also z. B. beim Schmelzen von Eisen und Stahl, Glasmasse und dergl. Obwohl dieser Fall hier nicht zutrifft, so möge doch der Beschreibung einer Siemensschen Feuerung, wegen des grossen Interesses, das eine solche Anlage beanspruchen darf, im folgenden Raum gegeben werden.

Eine Siemenssche Anlage besteht in der Hauptsache aus drei Teilen: dem Gaserzeuger (Generator), den Regeneratoren und dem Verbrennungssofen.

Das im Generator gebildete Gas steigt in einem weiten, lotrechten Kanale von 4—5 m Höhe auf, strömt durch ein wagerechtes Rohr von einer äusseren Verhältnissen angepassten Länge, zieht sodann in den Wärmeregenerator nieder und tritt aus diesem erst in den Arbeitsraum des Ofens. Der Regenerator ist eine Kammer, in welcher feuerfeste Steine derart aufgestellt sind, dass zwischen ihnen hindurch das Gas oder Luft einen freien Weg finden kann. Solche Kammern sind vier unter einem Ofen angebracht. Das Gas steigt in einer dieser Kammern empor, während in der benachbarten Luft aufsteigt, beide, Luft und Gas, gelangen durch Ausgangskanäle in das eine Ende des Arbeitsraumes, wo sie sich mischen, brennen und Hitze er-

zeugen. Zum anderen Ende des Ofens vorwärts strömend, gelangen die Verbrennungserzeugnisse zu ähnlichen Abzugskanälen, ziehen in die anderen beiden Regeneratoren hernieder, erhitzen diese stark, besonders in den oberen Teilen und erreichen in abgekühltem Zustande den Schornstein. Nun sind aber die zwischen den vier Regeneratoren liegenden Gas- und Luftwege mit Klappen und Ventilen versehen, welche wie ein Vierweghahn wirken, so dass durch die Bewegung eines Hebels diejenigen Regeneratoren und Luftwege, durch welche die verbrauchten Gase abströmen, sofort als dem Ofen Luft und Gas zuführenden Kanäle benutzt werden können, und jene, durch welche kurz vorher Gas und Luft in den Ofen strömten, jetzt die Verbrennungserzeugnisse zum Schornsteine führen. Es ist zu bemerken, dass die heißen Verbrennungserzeugnisse, welche den Ofen verlassen um zum Schornsteine zu gelangen, immer abwärts durch die Regeneratoren ziehen, so dass in dem oberen Teile derselben, welcher die intensive Hitze zurückhält, der höchste Wärmegrad herrscht. Andererseits steigt das in den Ofen gelangende Gas und die Luft erst durch die Regeneratoren aufwärts, so dass beide eine der Weissgluthitze entsprechende Temperatur annehmen, bevor sie in den Ofen treten, wo sie eine durch die gesteigerte wechselseitige chemische Wirkung erhöhte Hitze erzeugen. Es darf angenommen werden, dass, wenn der Ofen in ordentlichem Gange ist, die Verbrennungstemperatur bis etwa 3000° C. event. noch höher gesteigert werden kann, eine Hitze, welche so intensiv ist, dass sie, wenn man sie nicht absichtlich mässigt, den Ofen und alles ihrer Wirkung Ausgesetzte zerstören würde.

Die Regeneratoren werden abwechselnd erhitzt und abgekühlt, und zwar durch die abziehende Flamme und durch Gas und Luft, welche zuströmen; die Zeit dieses Wechsels ist eine halbe bis eine ganze Stunde, je nach Erfordernis. Der Auftrieb des Gases zeigt sich durch einen geringen Drucküberschuss im Gaserzeuger, der das Eindringen und Mischen der Luft mit dem gasförmigen Brennstoffe vor dessen Verbrennung verhütet. Die Bewegung der Gase aus dem Arbeitsraum des Ofens nach den Regeneratoren hernieder wird hauptsächlich durch den Zug im Schornstein bewirkt.

Der Zufluss von Gas und Luft zum Ofen kann nicht nur durch Klappen in den Kanälen geregelt, sondern auch die Bildung des gasförmigen Brennstoffes selbst vermindert oder ganz und gar unterbrochen werden, dadurch, dass man den Zufluss der Luft zum Roste des Gaserzeugers hemmt; dies ist wichtig, da kein Gasometer vorhanden ist, um den gasförmigen Brennstoff aufzunehmen und aufzubewahren, welcher, eben gebildet, sofort nach dem Ofen strömt. Bei einigen Öfen findet die Verbrennung des gasförmigen Brennstoffes im Arbeitsraume selbst statt, wie bei Puddel- und Schmelzöfen; bei anderen ist der Arbeitsraum dem Brennstoffe verschlossen, wie bei Muffel- und Flintglasöfen.

Der Aktiengesellschaft für Glasindustrie, vorm. Fr. Siemens in Dresden, ist im Jahre 1889 unter Nr. 52207 ein ununterbrochen arbeitender Zwillingschachtofen mit Regenerativfeuerung und Friedrich Siemensscher freier Flammenentfaltung patentiert worden. Die Konstruktion ist sehr interessant,

doch haben wir nicht in Erfahrung bringen können, ob sie zum Kalkbrennen praktische Verwendung gefunden und wie sie sich bewährt hat, weshalb wir uns darauf beschränken, sie zu erwähnen und wegen der Einzelheiten auf die Patentschrift zu verweisen.

§ 68.

Unter den weiter unten beschriebenen Öfen befindet sich auch ein Kalkbrennofen mit Halbwassergasfeuerung (System Theurer & Hansen). Es erscheint daher nützlich, an dieser Stelle das Wissenswerte über den durch seine hohe Verbrennungstemperatur ausgezeichneten Brennstoff „Wassergas“ im allgemeinen zu sagen.

Leitet man Wasserdampf durch eine mindestens meterhohe Schicht von weissglühenden Kohlen (am besten von oben nach unten), so wird das Wasser in seine Bestandteile: Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, wovon der letztere mit der Kohle sich zu Kohlenoxyd verbindet ($C + H_2O = CO + 2H$). Das so entstandene Gasgemisch heisst Wassergas; es besteht aus 50 Volumprozenten H und ebensoviel CO oder in Gewichtsanteilen aus $93\frac{1}{3}\%$ CO und $6\frac{2}{3}\%$ H. Diese Verhältnisangaben beziehen sich jedoch auf chemisch reines Wassergas; praktisch besteht dasselbe aus: 50% H + 43% CO + 4% CO₂ + 3% N.

Im Verlaufe des Durchströmens von Dampf durch die glühende Kohlensäule wird letztere natürlich abgekühlt, der Gehalt an CO im Gase sinkt, während die Menge der CO₂ zunimmt. Wenn letztere das zulässige Maximum erreicht hat, wird die Dampfzuströmung unterbrochen und an Stelle dieser ein Luftstrom — von unten nach oben — durch die Kohlensäule geleitet, welcher dieselbe allmählich wieder zum Weissglühen bringt, worauf man die Luft abstellt und Dampf zuführt u. s. w. Das während des Durchströmens der Luft gebildete Gas ist gewöhnliches Generatoren gas, welches zweckmässig zur Überhitzung des Dampfes verwendet wird.

Aus 1 kg Kohle gewinnt man 1 cbm Wassergas.

Die vorhin geschilderte Anlage arbeitet, wie ersichtlich, absatzweise. Wird mehr auf kontinuierlichen Betrieb als auf Reinheit des Produktes Wert gelegt, so ist ersterer dadurch zu erzielen, dass man Dampf und Luft gleichzeitig durch die glühende Kohlensäule treibt. Das dann entstehende Gas — Dowson gas genannt — enthält natürlich ausser Wasserstoff und Kohlenoxyd noch den ganzen Stickstoff der zugeführten Luft, sowie entsprechend mehr CO₂.

§ 69.

Die Gasfeuerung wird jetzt bei den verschiedensten Industriezweigen zur Anwendung gebracht, so auch bei den Kalköfen. Anfang der sechziger Jahre war es besonders und zuerst der Ingenieur Ferd. Steinmann in Dresden, welcher sachgemässe Kalköfen für Gasfeuerung erdachte und für die Anwendung geeignet machte. Seinen Bemühungen ist es namentlich zu verdanken, dass zur Zeit in einer grossen Zahl von Fabriken, namentlich Zuckerfabriken, der Gaskalkofen zur Verwendung gelangt ist.

Wir geben im Nachstehenden eine Beschreibung des Kalkofens mit Gasfeuerung von F. Steinmann nach den eigenen Angaben des Erfinders.

Es ist dieser Kalkofen eine weit verbreitete Konstruktion, welche auch besonders bei der Zuckerfabrikation allgemeinere Aufnahme gefunden hat, woselbst man die entwickelte hochgradige Kohlensäure zur Saturation des Zuckersaftes gleichzeitig mit verwendet. Dieser Ofen, in Fig. 44 dargestellt, besteht aus drei Hauptkonstruktionsteilen: Dem Brennschachte, den Gaserzeugern und dem Kanalsystem zur Zuleitung der Schwelgase. Diese letzteren gelangen also aus den Generatoren *hh*, welche mit einem kombinierten Rostsystem, Treppenrost mit Planrost, ausgerüstet sind, durch den Ringkanal *mm* in den Brennschacht *aa*. Dieser wird durch einen Windfang *c* abgeschlossen; *h* ist der Einwurf. Mittelst der Düsen *ff* nun teilt sich hier der Gasstrom in zehn Teile und erreicht beiläufig als Flamme die Höhe des Schachtes von nahezu 12 m. Im übrigen bezeichnen die Buchstaben *b* die Rast, wo der bereits fertig gebrannte Kalk ansteht, *gg* die Schaubüchsen, *nn* die Gasregulierungsklappen, *ii* die Schlackbüchsen, *kk* die Verschlüsse zum Reinigen des Ringkanals, *ll* die Kommunikationen und *ee* die vier Kalkabzüge.

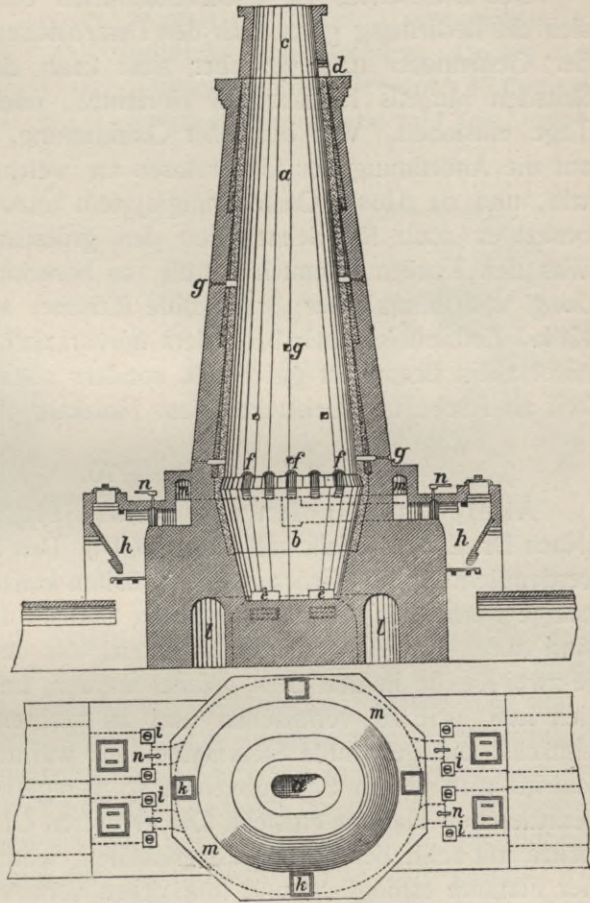


Fig. 44.

Die letzteren bestehen in starken, gusseisernen, durch Falltüren verschliessbaren Kästen, welche mit einer Anzahl Löchern behufs Durchlassung der atmosphärischen Verbrennungsluft versehen sind. Da nun der in der Rast *b* stehende fertige Kalk noch rotglühend ist, so erhellt, dass die denselben durchstreichende Luft, selbst auf eine hohe Temperatur gebracht, sich mit den den Düsen *ff* entströmenden Gasen energisch zur Flamme vereinigt. Die Verbrennungsluft erfüllt demnach, indem sie sich an dem fertigen Kalke erhitzt, gleichzeitig den Zweck der raschen Abkühlung des letzteren, so dass die Brenner solchen ohne jede Beschwerne sogleich aus dem Ofen zur Ver-

ladung bringen können. Dadurch aber, dass Gas und Luft vor ihrer Entweichung als Flamme eine ungeheure Berührungsfläche an dem in *aa* stehenden Kalk durchziehen müssen, ist eine innige Vereinigung, daher intensive Flammenbildung und vollkommene Rauchverzehrung gesichert.

Die erste Beschickung des Ofens erfolgt durch Schichtenwechsel, ebenso wie bei den Rumfordöfen; das Gas wird zugelassen, sobald die unteren Schaubüchsen dunkle Rotglut zeigen.

Der Ofenbetrieb ist selbstverständlich ein kontinuierlicher und richtet sich die Bedienung ganz nach den Dimensionen, d. h. das Kalkziehen, Laden der Generatoren u. s. w.; aber man kann den Betrieb ohne besonderen Schaden nur als Tagesbetrieb einrichten, oder solchen auch auf mehrere Tage einstellen. Wie bei jeder Gasfeuerung, so kommt es auch hier ganz auf die Anordnung der Generatoren an, welchen Brennstoff man verwenden will, und da dieses Gasfeuerungssystem unzweifelhaft das einfachste ist, so besitzt es auch für Schachtöfen den grössten Anspruch auf Verbreitung. Was den Kohlenverbrauch betrifft, so berechnet sich derselbe bei Verwendung von böhmischer Braunkohle (Lösche) auf 33–35 v. H. für fertigen Kalk. Endlich ist noch besonders hervorzuheben, dass dieser Gaskalk sich nicht allein besonders gut erhält, sondern auch wegen seiner völligen Reinheit an Asche und Schlacken dem Holzkalk gleich erachtet werden darf.

§ 70.

Ältere Gaskalköfen von Fahnehjelm*) und Rüdersdorfer Ofen. (Nach Dr. Zwick, „Kalk und Luftmörtel“.) Den älteren Fahnehjelmischen Ofen verdeutlicht Fig. 45. Grössere Öfen erhalten kreisrunde, kleinere dagegen rechteckige Form mit schwachgewölbten Seiten. Die gewöhnlichen Feuerherde sind durch eine Art Generatoren ersetzt, aus denen die erzeugten Gase durch je zwei Kanäle in den Ofen geleitet werden, um mit der von unten zutretenden Luft sich zu vermischen und zu verbrennen. Die Luft durchstreicht zunächst die gebrannte Steinmasse und wärmt sich an derselben vor; ihr Zutritt wird durch Schraubventile so geregelt, dass eine oxydierende oder reduzierende Flamme entsteht. Die grösseren Öfen haben vier bis sechs Feuerplätze mit acht, bezw. zwölf Feuerkanälen, wodurch gleichmässige Verteilung der Flamme ermöglicht und tote Ecken verhindert werden sollen. Die Öfen erhalten zum Schutze gegen Windwirkungen einen 6,3–9,5 m hohen Schornstein. Zur Ersparung der Kosten der teuren Chamottesteine stellt man den Schacht doppelt her und nur den inneren Teil von Chamotte, den oberen von gut gebrannten Mauersteinen.

Bei dem grössten älteren Fahnehjelmischen Ofen stellte sich die Erzeugung in 24 Stunden auf 15–20 cbm; der Bedarf an Brennstoff für je 10 cbm gebrannten Kalk betrug 9,37 cbm lose aufgestapeltes Holz. Ein ganz neuer Rüdersdorfer Ofen für Gasfeuerung kostete 10500 Mk.**)

*) Der neuere Fahnehjelmische Ofen ist Seite 73 beschrieben.

**) Baugewerksztg. 1876, S. 571.

In Rüdersdorf wurde durch Berginspektor Gerhardt 1875 ein Kalkbrennofen mit Gasfeuerung erbaut, welchen Hausding beschreibt,*) aus welcher Beschreibung deutlicher als aus dem Berichte über den älteren Fahnehjelmischen Ofen die Einrichtung hervorgeht. Nach Hausding werden bei diesem Ofen die Gase in fünf Generatoren, welche an Stelle der Roste des Rumfordschen Ofens liegen, erzeugt. Die zur Gaserzeugung verwendeten Kohlen bestehen aus einer Mischung von oberschlesischen Förderkohlen, böhmischen Mittelkohlen und erdigen (märkischen) Braunkohlen, und werden durch einen gemauerten, mit luftdicht schliessendem Deckel versehenen Hals auf eine unter 45 Grad geneigte Kohlenrutsche und anschliessenden

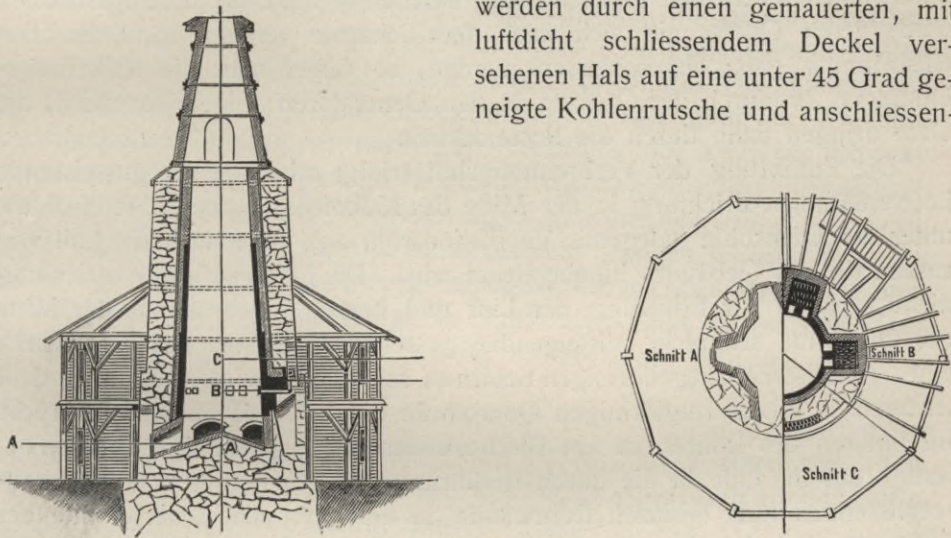


Fig. 45.

den Treppenrost von gleicher Neigung geschüttet. Die Generatoren werden mit Schlackenrost betrieben, d. h. es wird als Unterlage der auf den Treppen verbrennenden Kohlen eine Schlackenschicht erhalten, welche man nur in dem Grade lüftet und entfernt, dass stets eine regelmässige Verbrennung mit Hilfe der dadurch vorgewärmten und feinverteilten Luft erfolgt. Die Vorwärmung der Vergasungsluft wird ferner dadurch bewirkt, dass der Aschenfall mittelst Tür verschlossen ist und vor den Treppenrost eine doppelte Blechvorsatztür mit Öffnungen für die durchströmende Luft gestellt wird.

Jeder Generator ist von dem Innern des Schachtofens durch eine Feuerbrücke getrennt, welche der zerstörenden Einwirkung der Hitze von drei Seiten ausgesetzt ist und deshalb durch einen kalten Luftstrom gekühlt wird. Zu diesem Zwecke führen durch die beiden Seitenwände des Generators fünf und sechs Reihen Hohlziegel bis zu der in der Feuerbrücke liegenden eisernen Rinne, mittelst deren die kalte Luft aus dem unteren Stockwerk nach einem auf dem Generator stehenden Rohre angesaugt wird.

Die Rostfläche des Treppenrostes enthält nahezu 52 v. H. lichte Einströmungsöffnung, welche letztere sich zum grössten Schachthorizontalschnitt

*) Thonindustrietzg. 1877, Nr. 31.

wie 0,35:1 verhält und für je 1 Quadratmeter und Stunde 91 Kilo Kleinkohle verzehrt.

Die erzeugten Gase strömen aus jedem Generator durch einen Gaskanal, der hier zugleich die Düse bildet, in den Kalkbrennofen. Der Düsenquerschnitt beträgt nahezu $\frac{2}{5}$ von der lichten Lufterströmungsöffnung des Rostes oder 0,139 vom grössten Schachthorizontalschnitt. Es verbrennen deshalb für je 1 Quadratmeter Düse und Stunde etwa 230 Kilo Kohlen. Die Regelung der Gaseinströmung erfolgt teils durch Schliessen der Aschenfalltüren, teils durch einen feuerfesten geraden Stein, welcher in die Düse hineingeschoben wird, deren Querschnitt sich nach dem Schachte verengt. Soll die Gaseinströmung ganz abgeschlossen werden, so öffnet man die Kalkabzugsöffnungen, wodurch der Ofenzug in den Generatoren aufgehoben wird, die Gase dringen dann durch die Roste zurück.

Die Zuführung der Verbrennungsluft erfolgt mittelst einer gusseisernen Luftverteilungsvorrichtung in der Mitte des Kalkofens, in welchem durch ein unter der Ofensohle gelegenes Ventilationsrohr aus Eisenblech die Luft von ausserhalb des Gebäudes hineingeleitet wird. Die Luftverteilungsvorrichtung dient zugleich zur Erhitzung der Luft und besteht in einem aus der Mitte der Ofensohle senkrecht aufsteigenden gusseisernen Rohre, welches mittelst eines gusseisernen kegelförmigen Schirmes so bedeckt wird, dass unter dem letzteren in einem ringförmigen Querschnitt die Luft nach unten ausströmt. Im Inneren des Rohres ist ein Blechcylinder mit kegelförmigen Enden befestigt, um die Luft an die durch Berührung mit dem gar gebrannten, hellrotglühenden Kalk erhitzten Rohrwände zu drängen. Die Querschnitte der Luftwege sind so eingerichtet, dass die Luft von 0–300 Grad C. erhitzt werden kann, ohne von dem kalten Ventilationsrohre bis an die hellrotglühenden Schirmwände Spannungsverluste zu erleiden. Die Regelung der Verbrennungsluft erfolgt mittelst einer Drosselklappe, welche in das Ventilationsrohr eingeschaltet, und über welcher eine Explosionsklappe an der Luftverteilungsvorrichtung angebracht ist.

Der Schacht des Ofens ist so eingerichtet, dass der aus einer Düse dringende Gasstrom, seinem natürlichen Zuge nach oben entgegen, möglichst nach der Schachtmitte und nach den Seiten getrieben wird, um in jedem Horizontalschnitt des Schachtes möglichst gleichmässige Hitze zu erzeugen. Zu diesem Zwecke ist der Schacht in der Höhe der Düsen von 2,80 m auf 2,60 m Durchmesser treppenartig zusammengezogen. Die Düsen sind im Gewölbe herabgezogen und in der Sohle auf 25 cm Tiefe ausgekehlt, so dass eine Nase entsteht, welche die sich ausdehnenden Gase nach unten und nach beiden Seiten der Düse in den ausgekehrten, ringförmigen Schachtraum unter den Treppenabsatz drückt.

Der Fassungsraum des Schachtes beträgt über den Düsen 32,81 cbm, unter den Düsen 11,47 cbm.

Durch die angegebenen Einrichtungen werden Gas- und Luftstrom auf ihrem Wege durch den glühenden Kalk so vorgewärmt, dass sie beim Zusammentreffen in der Schachtmitte mit der höchsten Wärmewirkung ver-

brennen. Die Temperatur vermindert sich nach den Schachtwänden hin, was durch die Schaulöcher leicht beobachtet werden kann, und die Verbrennungserzeugnisse bilden sowohl vor als nach dem Ziehen des Kalkes weisse Dämpfe.

Der Gasofen gestattete eine um die Hälfte längere Kampagne als die Rumfordschen Öfen und war zuletzt ausschliesslich mit einer auf die Heizwirkung der böhmischen Braunkohlen mit 3400–3600 Kalorien oder 5,3- bis 5,6facher Verdampfung wirkliche Nutzleistung berechneten Mischung von 40 Mass oberschlesischen Backkohlen und 60 Mass märkischen, erdigen Braunkohlen im Betriebe, und zwar bei einer Kohlenersparnis gegen die mit böhmischen Braunkohlen betriebenen Rumfordschen Öfen von 10–12 Pfg. für 100 Kilo Stückkalk. Die Erzeugung des Gasofens von 10600 Kilo im Tag ist nach dem Verhältnis des kleineren Schachtraumes von 32,18 cbm gleich gross wie bei den anderen Öfen. Die Gleichmässigkeit des Brandes lässt ebenfalls nichts zu wünschen übrig.

Der gare Kalk wird nach je sechs bis acht Stunden in einer nach der Glut in den Schaulöchern erfahrungsmässig zu bemessenden Menge gezogen. Die Sicherheit, den besten, eben garen Kalk darzustellen, ist auch bei Gasheizung nach einiger Übung der Arbeiter unschwer zu erreichen.

§ 71.

Der (neuere) Fahnehjelsche Ofen ist in Fig. 46 abgebildet. Sein charakteristisches Merkmal ist die in dem Kühlraume eingebaute, runde Säule *a*, die den Zweck hat, den Strom des Brenngutes aus einem Vollkreisquerschnitt in einen Kreisringquerschnitt überzuleiten und dadurch den Flammen dünnere Materialschichten darzubieten, die naturgemäss leichter vollkommen gar zu brennen sind als die dicke Schicht des ungeteilten Kreisquerschnittes. Das ergibt die Möglichkeit, mit dem Durchmesser des Ofens bedeutend über dasjenige hinauszugehen, was als Höchstmass der gewöhnlichen Schachtöfen anderer Bauart angesehen werden muss, bei welchen, infolge des bekannten Bestrebens der Flammen, an den Wänden des Schachtes hochzugehen, stets die Gefahr des Nichtdurchbrennens der Ofenmitte bestehen bleibt.

Der Fahnehjelmofen wird mit Generatorgas befeuert, welches in entsprechend konstruierten Feuerungen erzeugt wird. Diese sehr einfachen

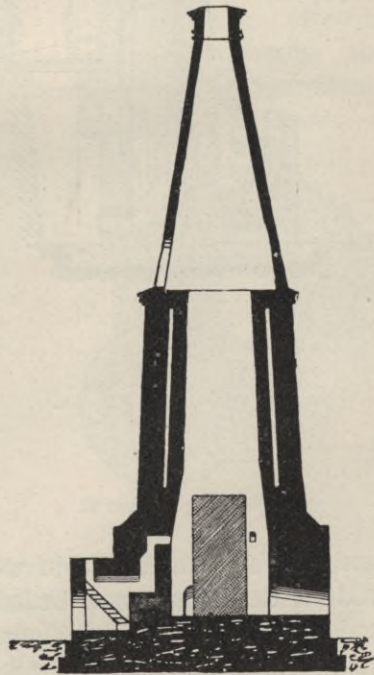


Fig. 46.

Feuerungen sind leicht zu bedienen und bieten den Vorteil, dass jedes beliebige, geringwertige Brennmaterial verwendet werden kann. Wie alle Öfen, die mit Gas befeuert werden, liefert auch dieser Ofen ein Produkt, das durch Asche nicht verunreinigt ist, er empfiehlt sich also überall da, wo unbedingt reine Ware verlangt wird.

Die zu brennenden Kalksteine werden mittelst einer Winde oder sonstwie auf Gichthöhe aufgezogen und durch die Türe im Schornsteinaufsatz eingebracht; das fertige Gut wird durch die Abzugsöffnungen in regelmässigen Zwischenräumen gezogen, und zwar alle zwei bis drei Stunden. Die Kürze der Intervalle bezw. die verhältnismässig kleine Menge, die auf einmal gezogen wird, ermöglichen es, dass selbst bei den grössten Öfen dieser Art die Bedienung von nur einem Arbeiter besorgt werden kann. Die Abzugsöffnungen sind mit Registerklappen versehen, durch welche die Verbrennungsluft eintritt, letztere erwärmt sich an dem fertig gebrannten Gut, indem sie dasselbe gleichzeitig abkühlt und mischt sich in hochehitztem Zustande mit dem in den Generatoren erzeugten Gas. Die Verbrennung des letzteren in der (feststehenden) Verbrennungszone ist eine vollkommene, die

heissen Abgase wärmen die frisch aufgegebenen Kalksteine in intensiver Weise vor.

Der Brennmaterialverbrauch wird von Ernst Hotop, Berlin, mit 20 bis 28 kg guter Steinkohle auf 100 kg fertig gebrannten Kalk angegeben, die Leistungsfähigkeit je nach den Abmessungen des Ofens von 10 000 bis 30 000 kg in 24 Stunden. Die Baukosten betragen, nach derselben Quelle für einen Fahnehjelmofen von 20 000 kg täglicher Leistung einschliesslich Umbau und Windengerüst 16 000—18 000 Mark, für einen Ofen von 30 000 kg gebrannten Kalk in 24 Stunden 20 000 bis 22 000 Mk.

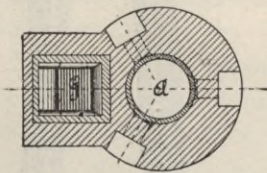
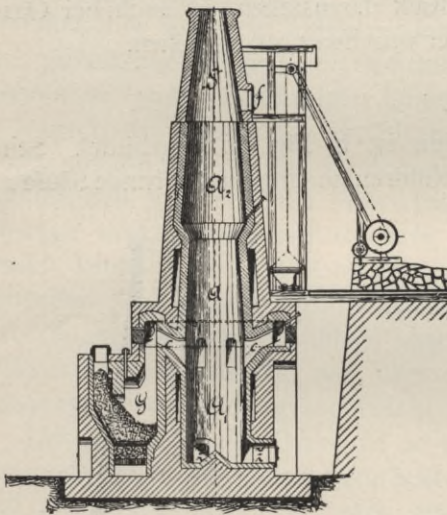


Fig. 47. und 48.

und 48 veranschaulicht, in welcher A den Brennraum, A_1 den Kühlraum und A_2 den Vorwärmer bedeutet. S bedeutet den Schornstein, f die Fülltür und Z sind die drei Ziehöffnungen. Das im Generator G erzeugte Gas wird durch einen Ringkanal C und radiale Verbindungskanäle c in den Schacht A geleitet, wo es mit der zu seiner Verbrennung erforderlichen Luft zusammen-

§ 72.

Eine gleichfalls wohlbewährte Einrichtung, der Schachtofen mit Generatorfeuerung von Ernst Schmatolla, Berlin, ist durch die Fig. 47

trifft, welche im wesentlichen durch die Ziehtüren bzw. den Kühlturm zuströmt, wobei sie das Brenngut kühlt und von diesem Wärme annimmt. Das Ziehen erfolgt alle vier Stunden, ebenso das Nachfüllen von Kalkstein.

Ist der Generator mit einem geräumigen Fülltrichter versehen, so braucht auch dieser nur in längeren Pausen, etwa 1–2 Stunden, gefüllt zu werden.

Die Baukosten werden von Schmatolla für einen Ofen seiner Konstruktion a) für eine tägliche Leistung von 100 Ctr. = 5000 kg mit 2885 Mk., b) für eine tägliche Leistung von 200 Ctr. = 10000 kg mit 4288 Mk. und c) für eine Leistung von 300 Ctr. = 14000 kg um 33 % höher als bei b) angegeben, was sehr niedrig erscheint. Der Aufwand an guten Steinkohlen beträgt 18–20 % vom Gewicht des gebrannten Kalkes.

§ 73.

Im folgenden Abschnitt dieses Buches über Portland-Cement-Fabrikation ist der Ofen mit Halbwassergasfeuerung von Theurer & Hansen, Wiener-Neustadt, ausführlich beschrieben. Nebenstehende

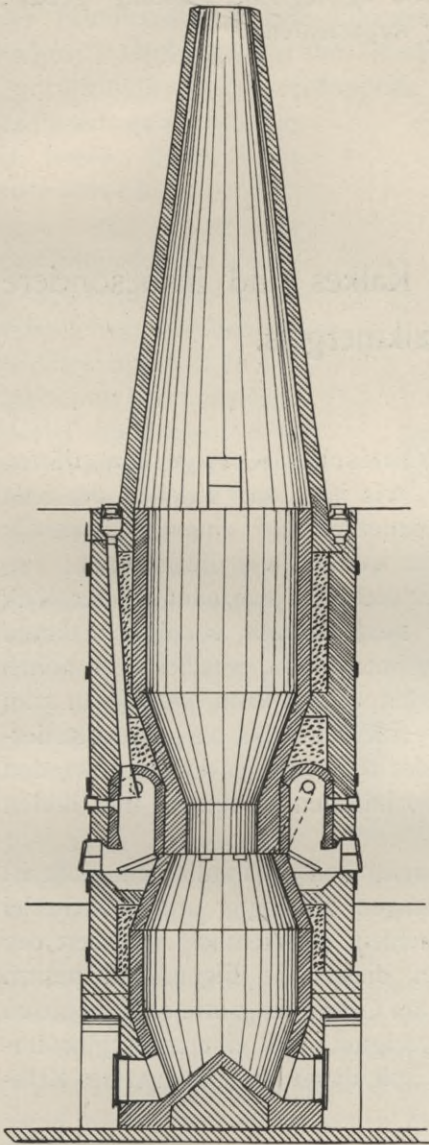


Fig. 49.

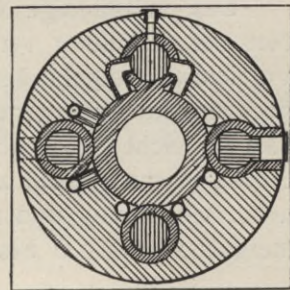


Fig. 50.

Abbildung veranschaulicht einen nach denselben Grundsätzen konstruierten Ofen mit den durch den anderen Zweck bedingten Abänderungen. Die Konstruktion scheint etwas kompliziert, bietet jedoch, nach Aussage des Erfinders, gegenüber anderen Bauarten gewichtige Vorteile, unter welchen der sparsame Kohlenverbrauch (man gibt 12–16 % an) am meisten hervor-

sticht. Recht erheblich ist auch der Umstand, dass der in diesem Ofen erzeugte Kalk viel langsamer zerfällt als der Ringofenkalk, und daher auf grosse Strecken transportfähig bleibt. — Der Ofen wird in drei verschiedenen Grössen für 6000, 12 000 und 25 000 kg tägliche Leistung gebaut, erfordert geringe Anlagekosten und wenig Reparaturen.

XII.

Das Brennen des hydraulischen Kalkes und insbesondere des weicheren Kalkmergels.

§ 74.

Die Steine, aus welchen man den hydraulischen Kalk gewinnt, dürfen nicht so rasch und stark gebrannt werden, wie jene, aus welchen der fette gemeine Kalk erzeugt wird, und der Kalkmergel darf einem so intensiv wirkenden Feuer nicht so schnell ausgesetzt werden, wie die ersteren.

Beim Brennen des hydraulischen Kalks verbindet sich nämlich der Kalk chemisch mit Kiesel- und Tonerde; es muss sonach vorzüglich darauf gesehen werden, dass die Steine nicht zusammensintern, was bei einer hohen Temperatur leicht erfolgt, was aber vermieden werden kann, wenn man zum Austreiben der Kohlensäure die Hitze nur allmählich bis auf den erforderlichen Grad steigert. Durch ein zu schnelles und heftiges Erhitzen werden die Steine totgebrannt, d. h. Kalk und Ton schmelzen zusammen und bilden einen glasierten Stein.

Das vollständige Gelingen des Brennens von hydraulischem Kalk ist von der Erfüllung verschiedener Bedingungen abhängig und mancherlei Vorsichtsmassregeln sind dabei zu beobachten. Namentlich erfordert das Brennen des Kalkmergels (besonders wenn dieser die Eigenschaft besitzt, dass er leicht zerdrückbar ist, somit seine am Gewinnungsorte ausgebeuteten Stücke in ihrer Form zu Einsätzen nicht geeignet sind) eine aussergewöhnliche Behandlung und Aufmerksamkeit, es soll daher das Brennen des Kalkmergels ausführlich beschrieben werden.

§ 75.

Am besten bedient man sich zu diesem Brennen eines periodischen Ofens, ähnlich dem in den Fig. 10 und 11 dargestellten, wobei die Feuerkanäle bereits mit feuerfesten Ziegeln überwölbt sind und das Einsetzen der Kalkmergelstücke keine besonderen Schwierigkeiten macht. Man kann jedoch auch den Mergel in dem in den Fig. 51 und 52 im Durchschnitt und Grundriss (= $\frac{1}{96}$ der natürlichen Grösse) dargestellten Ofen brennen, wobei die

Feuergewölbe durch besonders zugerichtete Mergelstücke hergestellt werden. *)

Bei diesem Ofen sind *aa* die Bankette für die Pfeiler zur Einwölbung der Feuerkanäle; *b* eine Einsatztür zum Einführen des zu brennenden Kalkes; *c* Öffnungen in der Ofenkuppel zum Einbringen des oberen Satzes; *dd* Heizlöcher durch verdoppelte, in Scharnieren hängende Blechtüren geschlossen; *ee* Aschenfälle, *ff* Roste, deren Stäbe man entweder aus Guss-eisen oder dauerhafter aus Schmiedeeisen macht; *g* feuerfestes und *h* gewöhnliches Mauerwerk; die Ofenkuppel ist 75 mm stark mit hydraulischem Mörtel überzogen; *k* ist ein Windregulator, bestehend aus einer Eisenblechplatte, welche sich um eine wagerechte Drehungsachse bewegen lässt und gegen den herrschenden Wind geneigt werden kann.

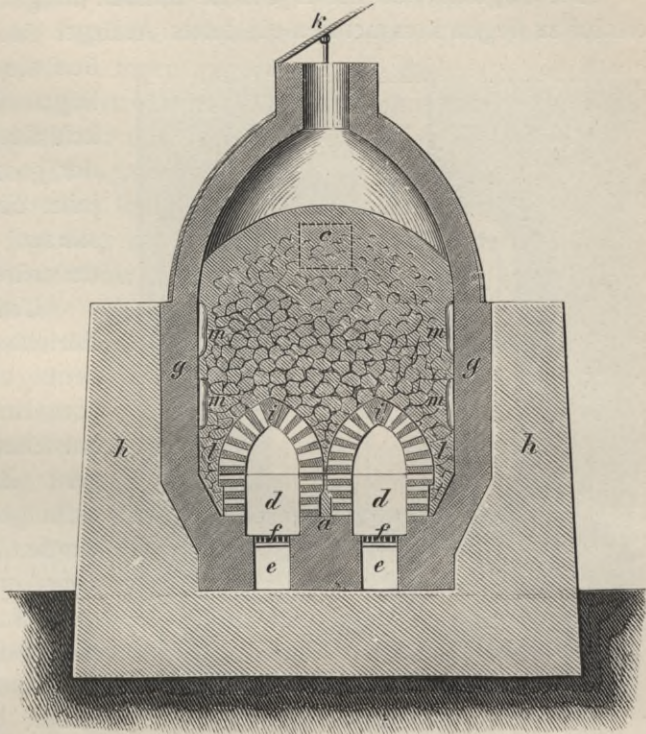


Fig. 51.

Vor den Schür-löchern wird durch ein leichtes Flugdach eine Brennstube hergestellt, worin zugleich das zum Brennen nötige Holz

untergebracht wird; ebenso wird auf der entgegengesetzten Seite des Ofens bei der Einsatztür *b* ein geschlossener Raum hergestellt, um das auszulassende Material gegen Regen schützen zu können. **)

Zum Zwecke der Herstellung des Feuergewölbes werden zunächst die grösseren Mergelstücke mittelst eines ungefähr 1 kg schweren Handbeils auf einem Klotze nach festgesetzten Massen behauen oder zugerichtet und dann Einsatzstücke genannt. Gewöhnlich nimmt man folgende Abmessungen an:

Nr. 1 bei 26 cm Länge, 13 cm Breite und 6,5 cm Höhe.

Nr. 2 bei 31–36 cm Länge, 15–18 cm Breite und 8 cm Höhe; diese Stücke werden für den Fuss der Feuerkanäle gebraucht.

*) Wird der hydraulische Kalk aus harten Steinen und Kalkmergelsteinen gebrannt, so werden die Feuerkanäle aus dem Gestein in der Weise wie zum Brennen des fetten (Luft-)Kalkes gebaut, und das Brennen überhaupt in den früher beschriebenen Öfen bewerkstelligt.

**) Nach Mihálik, praktische Anleitung zum Béton-Bau.

Nr. 3 bei 39—42 cm Länge, 21—24 cm Breite und auf der einen Seite 8—10 cm, auf der anderen Seite 13 cm Dicke, also keilförmig; diese dienen zur Einwölbung.

Ein Ofen, welcher 34,12 cbm Inhalt besitzt und mit zwei Feuerkanälen *ff* von je 3,80 m Länge versehen ist, braucht im ganzen gegen 700 solcher Einsatzstücke.

Die Lagerflächen dieser Stücke müssen möglichst eben sein, damit die darauf zu liegenden ein festes Auflager finden, da sonst, wenn nämlich die Stücke aufeinander hohl liegen (bei der geringen Festigkeit des rohen Mergels und bei der grossen Belastung) der Bruch jener Einsatzstücke und das Einstürzen des Kanals zu befürchten wäre.

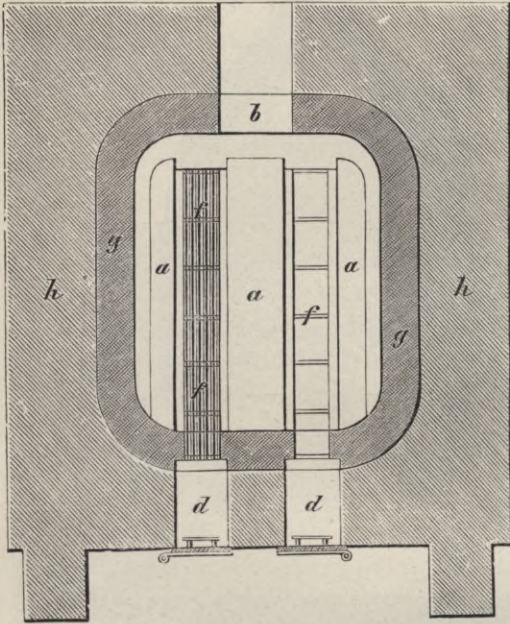


Fig. 52

Um die Abfälle, welche beim Zurichten der Einsatzstücke und beim Überführen des Mergels vom Bruche bis zum Brennofen entstehen, und die in pulverartigem Zustande zum Brennen nicht geeignet sind, zu benutzen, werden sie mit Wasser in einen Teig verwandelt und daraus mittelst Ziegelformen Formsteine (Kalksoden) in zweierlei Massen (Nr. 2 und 3) hergestellt. Es ist dabei besonders zu beobachten, dass der Mergel schnell

bei der Einsumpfung gut durchgearbeitet werde, damit darin keine allzu grossen Stücke un aufgelöst bleiben, wodurch die Formsteine ein lockeres Gefüge erhalten, infolgedessen sie dem Drucke im Ofen nicht zu widerstehen vermögen und zerbrechen, was ebenfalls den Einsturz des Kanals herbeiführen kann. Solche mangelhaften Formsteine erkennt man an ihrer äusseren Beschaffenheit; gewöhnlich sind sie verzogen und haben eine poröse Oberfläche. Zu den Feuerkanälen dürfen sie alsdann nicht verwendet, sondern müssen oberhalb derselben an geeigneten Stellen eingesetzt werden. Ferner sind unausgetrocknete oder mit Sprüngen behaftete Formsteine für die Kanäle gleichfalls unbrauchbar und unter die unregelmässigen Stücke im Ofen einzusetzen.

Abgesehen von dem Vorteile, dass auf diese Weise kein Abfall des wertvollen Materials nutzlos verloren geht, kommt auch die Erzeugung der für den Einsatz eines Ofens nötigen Kalksoden beinahe um die Hälfte billiger als die gleiche Anzahl zugerichteter Ersatzstücke zu stehen. Ausserdem geht der Bau der Feuerkanäle mit ersteren viel rascher vor sich, da diese

gleiche Breite und Dicke besitzen und daher nicht wie bei den zugehauenen Einsatzstücken ein zeitraubendes Sortieren und nachträgliches Zurichten derselben notwendig machen.

Bei dem Bau der Feuerkanäle wird zuerst der Rost *f* mit Brettern belegt, damit hinabfallende Mergelstücke denselben nicht verstopfen und diese Abfälle später durch das bloße Herausziehen der Bretter aus den Heizlöchern beseitigt werden können. Hierauf werden mit den Einsatzstücken oder Kalksoden Nr. 1 und 2 längs der Bankette *a* von den Seitenkanälen und längs der mittleren Bankette *a* doppelt zu legen angefangen, so dass zwischen den zuerst gelegten und den zunächst daneben zu liegen kommenden Stücken ein Zwischenraum von ungefähr 52 mm bleibt, was bei allen übrigen ebenfalls zu beobachten ist; diese Zwischenräume bilden ebenso viele Feuerzüge, durch welche das Feuer nach allen Richtungen hin zu spielen vermag. Wird dies nicht beobachtet und legt man die Stücke zu nahe aneinander, so steht zu befürchten, dass die Feuerkanäle verbrennen, während die höher und seitwärts liegenden Mergelstücke roh oder halbgebrannt bleiben.

Die Köpfe oder schmalen Seiten der Einsatzstücke müssen mit den lotrechten Seiten der Bankette genau in eine Flucht zu liegen kommen. Würden jene über die letzteren vorstehen, so könnten sie leicht bei dem Feuern durch das Hineinwerfen des Holzes beschädigt werden, was für die Standhaftigkeit des Kanals immer nachteilig ist und nicht selten den Einsturz eines Teiles davon, besonders bevor noch der Einsatz die Rotglühhitze erlangte, herbeiführt. Auf die erste Reihe zugerichteter Einsatzstücke oder Formsteine wird eine zweite in der Weise gelegt, dass jedes Stück derselben die offene Fuge der unteren Reihe überdeckt, wodurch neuerdings ähnliche Feuerzüge wie bei der ersten Reihe entstehen; nur muss man dazu solche Stücke nehmen, welche die untere Fuge wenigstens 26 mm überdecken, um ein sicheres Auflager zu erhalten.

Bei zugerichteten Einsatzstücken kommt es oft vor, dass die Lagerflächen nicht ganz eben, oder die Stücke ungleich dick sind, in welchem Falle man durch das Unterlegen eines, aus rohem staubartigen Mergel zubereiteten zähen Teiges nachhilft, damit jedes einzelne Stück fest aufliegt und jede Schicht eine möglichst wagerechte Ebene bildet; auch durch Unterlegen kleiner Mergelschiefer lässt sich dasselbe, aber nicht so vollkommen, erreichen. Die dritte und die folgenden Reihen werden in derselben Weise bis auf eine senkrechte Höhe von 78 cm gelegt, wo alsdann der Kanal zugewölbt wird.

Zu dem Ende werden mit Einsatzstücken oder Formsteinen Nr. 3 die übrigen Lagen hergestellt und wenn die Keilform der Stücke nicht ausreicht, durch Unterlegen von Mergelteig und Schiefer die Schichten gegen die Achse des Feuerkanals so geneigt, dass ein 40 cm hohes Gewölbe entsteht; endlich wird das spitz zulaufende Gewölbe mit keilförmig behauenen Mergelstücken *i i* geschlossen. Auch im Gewölbe werden wie in den unteren Schichten überall Feuerzüge offen gelassen.

Die Füllung des Ofens erfolgt schon nach Massgabe des Vorschreitens beim Baue des Kanals, indem man den leeren Raum *l* zwischen den Kanälen

und Seitenwänden des Ofens mit faustgrossen Mergelstücken ausfüllt, wobei man zugleich längs der Ofenwände in ungefähr 10 cm weiten Abständen gespaltene Holzscheite *m* senkrecht aufstellt, damit nach Verbrennung derselben bei nachmaligem Streckfeuer Feuerzüge entstehen, durch welche die Flamme besser hindurchstreichen kann.

Zur weiteren Füllung über dem Gewölbe wird, mit Ausnahme eines schmalen Streifens, rings um die Wände auf 1,60 m Höhe die erste Schicht Mergel (in Stücken bis zur Grösse eines Menschenkopfes) gelagert; an diese reihen sich seitwärts halb so grosse Stücke an und der übrige Raum bis zur Wand wird wie früher mit faustgrossen Stücken wagerecht aufgeschichtet. Alsdann folgt eine 30 cm hohe Lage kleinerer Mergelstücke und zum Schlusse wird der so hergestellte Einsatz mit den kleinsten nussgrossen Stücken 15 bis 20 cm hoch überschüttet.

Das Einsetzen geschieht anfangs durch die den Heizlöchern gegenüberliegende Tür *b*, welche nach Massgabe der vorgeschrittenen Höhe der Ofenladung mit gebrannten Ziegeln hergestellt wird. Nachdem die Ladung beinahe die Höhe dieser Tür erreicht hat, erfolgt die weitere Füllung des Ofens bis zu deren Beendigung durch die in der gemauerten Ofenkuppel angebrachten beiden Öffnungen *c*. Letztere werden auch mittelst Ziegeln zugestellt, wenn der Ofen vollends gefüllt ist, und beide ebenso wie die grosse Einsatztür *b* äusserlich mit Lehmörtel gut überworfen, um die Luft nicht zutreten zu lassen. Endlich werden noch die den Rost bedeckenden Bretter aus den Feuerkanälen gezogen, wonach die Feuerung beginnen kann.

Am besten werden zum anfänglichen schwachen Feuer grobe, schwer spaltbare Holzscheite genommen, bei deren Verbrennung sich wenig Flamme entwickelt. Die Dauer dieses sogenannten Schmauchfeuers hängt bloss von der Feuchtigkeit der zugerichteten Mergelstücke und Formsteine in den Feuerkanälen ab. Unter Umständen sind 24 Stunden zu ihrer allmählichen Austrocknung erforderlich, bevor man das Feuer zu verstärken (zu strecken) wagen darf.

Bald nach Beginn der schwachen Feuerung nehmen die Mergelstücke des Kanals eine schwärzliche Farbe an, die sich mit der fortschreitenden Austrocknung nach und nach verliert, bis der Mergel wieder seine anfängliche Weisse erhält. Dabei entweichen aus der Mündung des Kamins weisse Dämpfe, die anfangs stark sind, gegen Ende der Austrocknung immer schwächer werden, bis sie sich zuletzt ganz verlieren.

Sobald die Kanäle ziemlich ausgetrocknet sind, kann mit voller Beruhigung die Streckung des Feuers in der ganzen Länge derselben geschehen, wenn auch noch nicht der ganze Einsatz vollkommen ausgetrocknet sein und aus dem Kamine noch Dampf ausströmen sollte. Dieser ist im Gegenteil für die Calcination sehr förderlich, indem der Dampf die Entbindung der auszutreibenden Kohlensäure beschleunigt, was viel langsamer bei ganz trockenem Mergel vor sich geht.

Nachdem die Kanäle vollständig ausgetrocknet sind, lässt man das bis dahin reichlicher zugelegte grobe Scheitholz zu Kohle verbrennen, und hier-

auf schiebt man mittelst einer eisernen 3,75 m langen Krücke die in der ganzen Länge des Rostes gleichmässig ausgebreiteten Kohlen bis an das hintere Ende der Kanäle; alsdann wirft man, ebenfalls in der ganzen Länge derselben, dünneres Scheitholz in jeden Kanal, verlegt darauf einfach auf Scheitlänge die Öffnungen der Schürflöcher in ihrer ganzen Länge und Breite mit gröberem Holzspalten und schliesst endlich sowohl die eisernen Heztüren als auch die Eisenblechtüren an den Aschenfällen, damit die heftige Luftströmung unterbrochen wird.

Wenn nach kurzer Zeit aus der Mündung des Kamins ein schwarzer Rauch emporsteigt, so beginnt die Entbindung der Kohlensäure; nach zehn Minuten wird der anfangs stark entweichende Dampf schwächer, bis er nach einer Viertelstunde fast ganz aufhört. Nach etwa 30 Minuten ist erst das eingeworfene Holz völlig verbrannt; die Heztüren werden nun geöffnet und der zunächst derselben liegende Kohlenhaufen wird mit der eisernen Krücke nach rückwärts längs des Rostes *f* geschoben, wobei die Asche und kleineren Kohlenstücke zwischen den Rostöffnungen durchfallen. Hierauf wird wiederum leichtes Spaltholz in jeden Kanal nach seiner ganzen Länge geworfen, die Schürflöcher wie früher auf Scheitlänge mit Holz dicht verlegt und die eisernen Türen geschlossen. Fast jede halbe Stunde wird diese Verrichtung wiederholt und bevor der Mergel in die Rotglühhitze kommt, wird bei jedem Schüren die Menge des eingeworfenen Holzes nach und nach vermehrt, wobei das Feuer am hinteren Ende des Kanals stets lebhaft brennen muss. Nach jeder Feuerung muss nachgesehen werden, ob an den Einsatztüren *b* und *c* der Anwurf keine Sprünge erlitten, in welchem Falle dieselben mit Lehmörtel gut verstrichen werden müssen, um den Luftzutritt zu verhindern. Wird dieses versäumt, so erscheint der Mergel stets schlecht gebrannt, und eine spätere Nachhilfe ist sehr schwierig.

Im Verlaufe des Brennvorganges wird der anfänglich schwarze Rauch nach und nach braun und immer spärlicher, bis endlich, wenn der Mergel die Weissglühhitze erlangt, nur noch weisse Dämpfe aus dem Kamine steigen. Zu diesem Zeitpunkte ist die grösste Vorsicht nötig, um nicht durch unsinnige Feuerung einen grossen Teil des Einsatzes tot zu brennen. Dies ist der Zeitpunkt, wo die Menge des einzuwerfenden Holzes nach und nach vermindert werden muss und wo man sich überhaupt begnügt, nur so viel davon zuzuwerfen, als erforderlich ist, um den Mergel in der bereits erlangten Glühhitze zu erhalten.

Um ganz sicher zu gehen, dass das Feuer überall gleichmässig wirkt, kann man bei der oberen rückwärtigen Einsatztür *c*, welche man für kurze Zeit öffnet, nachsehen. Auch an dem aufsteigenden Rauche kann man erkennen, wo eine Nachhilfe etwa nötig ist, denn auf jener Seite, wo der Mergel noch nicht durchglüht ist, steigt brauner Rauch empor. Um ein gleichmässiges Schüren in beiden Feuerkanälen zu erreichen, ist es ratsam, dass die Brenner bei jedesmaligem Nachfeuern ihre Stelle wechseln, so dass derjenige, welcher zuletzt den rechten Kanal bediente, nun den linken zu besorgen hat.

Binnen 24 Stunden werden etwa 30 Schüren gemacht, dabei beträgt die Menge des verbrannten gespaltenen Holzes ungefähr 5,11 cbm.

Über die Regulierung des Feuers bei heftigen Winden oder bei einem vernachlässigten Einsatze, lassen sich nicht leicht solche genaue Andeutungen geben, welche in allen Fällen als Leitfaden dienen können. Dies muss durch Übung und Selbstbeobachtung der Ergebnisse erlangt werden.

Die Schornsteinklappe *h*, die Türchen der beiden Aschenfalle *e e*, die rückwärtige Einsatztür *b* sowie die beiden Kuppelöffnungen *c* dienen zur Regelung des Feuers. Mit Hilfe derselben und durch eine den Umständen angemessene Feuerung kann manchen Übelständen begegnet und ein durchaus gleichmässiger Brand erzielt werden. Sollten in den Kanälen die Mergelstücke Sprünge erhalten, so ist dies ein sicheres Zeichen, dass das Feuer zu stark ist und die Verglasung der Mergelstücke beginnt. In diesem Falle muss nach dem Abbrennen des eingeworfenen Holzes die Menge desselben bei dem nächstfolgenden Schüren vermindert werden und alle Öffnungen des Ofens müssen möglichst luftdicht verschlossen werden. Aus Probestücken, die etwa zwei Stunden nach jedem Schüren durch die hintere Kuppelöffnung *c* herausgenommen werden, wird auf den Grad des vorgeschrittenen Brennvorganges geschlossen.

Der Brand ist beendet, wenn diese Mergelproben nach ihrer in wenigen Minuten erfolgten Abkühlung, in kleine Teile zerschlagen, eine durchaus gleiche Farbe haben und beinahe um die Hälfte ihres früheren, vor dem Brande gehabten Gewichtes leichter sind. Das zuletzt eingeworfene Holz lässt man in diesem Falle abbrennen und hält den Ofen womöglich noch sechs Stunden lang geschlossen.

Nahezu ungebrannte Stücke sind von aussen und innen dem rohen Mergel ähnlich und haben an Gewicht beinahe nichts verloren. Schwachgebrannte Stücke haben, wenn man sie entzweibricht, im Innern eine andere Farbe als von aussen; die Gewichte bleiben fast unverändert.

Zu stark gebrannte Stücke, die zuweilen in den Feuerkanälen (jedoch nur infolge einer Nachlässigkeit) vorkommen, sind an der Aussenseite schwärzlich von Farbe mit verglaster, zerrissener Oberfläche, innerlich ziegelrot, dabei im Vergleich zu ihrem Umfange sehr schwer, gegenüber dem gut gebrannten Kalk.

Zur Ausfuhr der Ofenladung werden zunächst die Einsatztür *b* und die beiden Kuppelöffnungen *c* gelüftet, um die Abkühlung zu beschleunigen.

Alsdann werden die Roste mit Brettern belegt, um das Durchfallen des Mergels und Verunreinigen desselben mit Asche und Kohlen zu verhindern.

Die Ausfuhr wird durch die Einsatztür *b* bewirkt, indem man so viele von den Ziegeln (mittelst denen sie zugestellt war) wegnimmt, als notwendig ist, um den gebrannten Mergel bequem in Weidenkörbe füllen zu können. Die gefüllten Körbe werden, wenn der Kalk zur Versendung bestimmt ist, in mit Papier verklebte Fässer verpackt, oder, wenn man ihn an Ort und Stelle gleich ablöschen und verwenden kann, ebenso wenn er die Eigenschaft besitzt, sich nicht eher gehörig ablöschen zu lassen, als bis er zu feinem

Pulverstaub vermahlen ist, in Karren oder sonstige Transportgefäße verladen und zu einer möglichst in unmittelbarer Nähe befindlichen Kalkmühle gefahren, um den Kalk hier zu feinem Pulver zu vermahlen und zu sieben.

XIII.

Der Ringofen.

§ 76.

Der Hoffmannsche Ringofen hat, wie in der Ziegel- und Zementfabrikation so auch in der Kalkbrennerei weite Verbreitung gefunden und sich für diese Verwendungsart gleichfalls vorzüglich bewährt. Wenn er auch in erster Linie dort am Platze ist, wo es sich um die Fabrikation im grossen und grössten Stile handelt, so ist er doch andererseits auch für bescheidenere Verhältnisse mit Vorteil zu verwenden. Es gibt Ringöfen, welche täglich nur einen Doppelwagen fertiger Ware ausliefern, hinwiederum aber auch solche, die das enorme Tagesquantum von 4000 Ctr. bewältigen.

Wie in bezug auf die Produktionsgrösse, ist der Ringofen auch in bezug auf die Art des Brennstoffes, auf die Schwankungen im Absatz und auf die Qualität des Erzeugnisses von einer Anpassungsfähigkeit, die von keinem anderen in der Kalkbrennerei verwendeten Ofensystem erreicht wird. Im Ringofen lassen sich alle erdenklichen Brennstoffe verwenden: Steinkohle, Koks, Briketts, Braunkohle, Torf, Holz, Naphtharückstände und Gas. Man kann im Ringofen je nach Bedarf rasch oder langsam brennen, und kann einzelne Kammern mit fertig gebranntem Kalk ausschalten und unter Luftabschluss stehen lassen. Man kann im Ringofen mit Streuf Feuerung gewöhnlichen Kalk erzeugen, andererseits aber mit Sohlrostfeuerung Qualitätsware herstellen, die nicht durch die Rückstände des in Berührung mit dem Kalk verbrannten Heizmittels verunreinigt ist oder man kann auch beide Feuerungen kombinieren.

Auch in bezug auf die Anpassungsfähigkeit seiner Gestaltung an die örtlichen Verhältnisse ist der Ringofen allen Anforderungen gewachsen. Wir verweisen hier auf die im I. Teil dieses Werkes Seite 493 u. ff. enthaltene Beschreibung der von der Firma W. Eckardt in Köln a. Rh. zahlreich ausgeführten Öfen mit den verschiedenartigsten Grundrissformen, Drei- und Vierschenkelöfen mit gleich langen Schenkeln oder einem langen und zwei kurzen oder zwei kurzen und zwei langen Schenkeln u. s. w.

Die Konstruktion des Ringofens im allgemeinen ist in dem Abschnitt dieses Buches, der von der Cementfabrikation handelt, ausführlich erläutert desgleichen im I. Teil dieses Werkes, weshalb wir, um Wiederholungen zu vermeiden, von einer Beschreibung absehen wollen. Erwähnt muss jedoch werden, dass das Grundprinzip bei Kalk-, Ziegel- und Cement-Ringöfen wohl

dasselbe ist, dass die Konstruktion aber je nach dem Zwecke des Ofens und manchmal auch nach den jeweiligen örtlichen Verhältnissen entsprechenden Abänderungen unterliegt.

Die Baukosten des Ringofens stellen sich, nach E. Hotop — im Mittel — wie folgt:

Inhalt per Abteilung cbm	Tägliche Leistung kg	Baukosten — ungefähr — M.
15	10—12 500	12 000
20	14—18 000	14 000
25	16—20 000	17 000
30	18—25 000	20 000
40	25—35 000	25 000
50	30—40 000	30 000
60	40—50 000	35 000
75	55—75 000	45 000

Der Brennmaterialverbrauch beträgt je nach Qualität der Kohle und Beschaffenheit des Brenngutes 12—24% guter Steinkohle vom Gewicht des fertig gebrannten Kalks. Der Ringofen arbeitet also, mit vielen anderen Ofensystemen verglichen, sehr sparsam.

§ 77.

Über das Kalkbrennen im Ringofen bei unregelmässigem Betriebe schreibt der Besitzer des Kalkwerks Marienhütte bei Wesenberg in Ebstland, Herr R. Dittmar, in No. 2 des XIII. Jahrganges der Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung folgendes:

Die Brennzeit dauert im Ringofen bei regelmässigem Betriebe 2—2¹/₂ Tag (der Marienhütter Ofen fasst z. B. in jeder Abteilung 600 Ctr. gebrannten Kalk); da nun bei regelmässigem Betriebe im Tag eine Abteilung fertig gebrannt wird und beim Kalk nicht mehr als 2—2¹/₂ Abteilungen nötig sind, so bleibt der fertige Kalk, hier eine Menge von 600 Ctr., immer nur 2—2¹/₂ Tag im Ofen stehen und wird hierbei kein Ringofenbesitzer über Zerfallen zu klagen haben, selbst bei feuchter Witterung ist nichts davon zu bemerken. Die Zeit in anderen Öfen hiergegen betrachtet, so würden in periodischen Öfen mit kleiner Flamme (Meiler oder Schachtöfen, schichtenweise Kohlenfeuerung) sechs bis acht Tage vergehen (je nach der Einrichtung), ehe eine solche Menge fertig gebrannt wäre; in periodischen Öfen mit grosser Flamme (Rostfeuerung) würde eine derartige Menge eine Brennzeit bis zu vier Tagen und eine Abkühlungszeit von mindestens drei Tagen erfordern; die fertige Ware bleibt daher bedeutend länger als im Ringofen stehen, ein Teil davon sogar fünf bis sechs Tage, so dass es bei diesen Öfen bis 20 v. H. und oft noch mehr Staubkalk gibt, wenn sie einmal angebrochen und nicht schleunigst entleert werden. In den kontinuierlichen Öfen, Rüdersdorfer, Rumfordschen und andere mehr wird nun wohl alle zwölf Stunden eine Menge von 60—80 Ctr. gezogen, es vergehen aber vier bis fünf Tage, ehe die Tagesmenge, welche der Marienhütter Ringofen (600 Ctr.)

liefert, beschafft werden kann, und würde inzwischen der erstgezogene Kalk, ausserhalb des Ofens befindlich, vollständig zerfallen sein, wenn nicht von vornherein so viel derartige Öfen angelegt werden, als die Absatzmenge im Tag erfordert. Schon bei regelmässigem Betriebe liefern solche Öfen einen grösseren Prozentsatz an zerfallenem bzw. Staubkalk als der Ringofen (durch das Zerschlagen, Ziehen, das öftere Hin- und Herbewegen, das längere Liegen ausserhalb des Ofens); sobald aber der Absatz plötzlich stockt und die täglich gezogene Menge nicht versandt werden kann, ist bald eine grosse Menge Staubkalk vorhanden, denn einmal ausserhalb des Ofens hält sich kein Kalk länger als zwei bis drei Tage, oder wird dann in dieser Zeit so mürbe, dass er nicht mehr auf weitere Strecken als Stückkalk versandt werden kann.

Anders im Ringofen; hieselbst kann der Kalk nicht nur acht Tage, sondern 14 Tage und noch länger, ohne zu zerfallen, aufbewahrt werden. Man muss nur das Durchstreichen der vorzuwärmenden Luft verhüten. Das Feuer ist beispielsweise in Abteilung 9, Nr. 3–8 sind voll fertigen Kalk, stärkerer Absatz erst in 8–14 Tagen zu erwarten, so setzt man die Abteilungen 4, 5 und 6 zwischen zwei Schieber, Einkarrtüren und Heizdeckel werden dicht geschlossen; hierdurch sind diese drei Abteilungen vollständig von allem Luftzutritt abgeschlossen und der Kalk in denselben wird sich Wochen lang in gutem Zustande erhalten, wenn in dieser Zeit alles stets dicht gehalten wird. Der Kalk in Abteilung 3 wird für den augenblicklichen Absatz benutzt, ist diese aber leer und die zwischen den Schiebern stehenden Abteilungen 4–6 müssen in Angriff genommen werden, so macht man leichte hölzerne Türen, deren innere Seite mit Pappe beschlagen ist, die möglichst in die Einkarrtüren passen, und setzt diese nach dem Heraus-schaffen der im Tag nötigen Menge vor die Öffnungen und verschmiert die Ränder mit Lehm; hierdurch entgeht man dem fortwährenden Aufführen und Abbrechen von Steinwänden und die betreffenden Abteilungen bleiben in der übrigen Zeit von der Luft abgeschlossen. Die in dieser Zeit für das Feuer nötige Luft wird in der Abteilung 7 von oben durch die Heizdeckel eingelassen und nur langsam weiter gebrannt, bis die Abteilung 6 leer geworden, worauf man wieder zwei oder drei Abteilungen auf diese Weise abschneidet oder, wenn der Absatz regelmässiger bzw. die Störung beseitigt, in üblicher Weise regelmässig weiter brennt. Nach Angabe Dittmars hat derselbe in dem Berichtsjahre einen ganz besonders unregelmässigen Betrieb gehabt, von drei Waggon täglich bis zu drei Waggon wöchentlich; es wurde eine Abteilung in einem Tage, aber auch andererseits in fünf bis sechs Tagen nur eine Abteilung gebrannt; in diesem Falle liess derselbe nur eine Heizreihe in 24 Stunden weiter rücken oder das Feuer in der betreffenden Abteilung acht bis zehn Tage und darüber ganz stehen, und es wurde der fertig gebrannte Kalk auf die oben beschriebene Weise vollständig vor dem Zerfallen geschützt. Bei schwachem Betriebe hilft man sich auch häufig auf die Art, dass nur einige Abteilungen (6–8) vollgesetzt werden, welche dann wie beim Anfang des Betriebes von einer Schildwand befeuert werden. Die jedesmalige Anfeuerung bedingt aber einen grösseren Brennstoffverbrauch, weshalb Langsambrennen

oder Anhalten vorzuziehen ist. Es gibt nach Ansicht Dittmars keine andere Ofenanordnung, die so leicht wie der Ringofen, auch unter den misslichsten Verhältnissen, zu handhaben wäre. Schon durch das einfache Aufdecken einiger Heizdeckel in der 2. Abteilung hinter dem Feuer schützt man den weiter hinten befindlichen fertigen Kalk vor dem Durchstreichen der Luft. Ist das Feuer in unserem Beispiel bis in die Abteilung 11 vorgerückt, ehe die abgeschlossenen Abteilungen 4–6 vollständig entleert sind, so muss man die fertigen Abteilungen 7 und 8 wieder vor dem Zutritt der Luft schützen; am besten geschieht dies durch Setzen eines Schiebers zwischen 8 und 9, bei dem langsamen, schwachen Zuge ist aber auch der Inhalt des Ofens länger heiss und es wird nicht angehen, den Schieber dazwischen zu setzen, man schliesst in diesem Falle die bisher offenen Heizlöcher der Abteilung 7 und öffnet dafür die zu dem schwachen Zuge nötige Anzahl in Nr. 9; es ist hierfür eine Heizreihe genügend (oft nur zur Hälfte geöffnet); hierdurch werden auch 7 und 8 vom Luftzutritt abgeschlossen.

Bei diesem Verfahren, wobei natürlich die grösste Sorgfalt auf die Dichtigkeit sämtlicher Verschlüsse zu richten ist, wird selbst vier Wochen alter Kalk noch in verschickbarem, guten, stückreichen Zustand vorgefunden werden. Das Zerfallen ist also sehr leicht zu verhüten, ebenso ist das früher empfohlene Zerschlagen der Steine in 5–7zöllige Stücke zwecklos, da sich im Ringofen, entgegen jeder anderen Ofeneinrichtung, die grössten Stücke bis 2 Kubikfuss und darüber noch gar brennen.

Beim Langsamfeuern ist folgendes zu beachten: Es soll Abteilung 9 vier oder fünf Tage befeuert werden, d. h. das Feuer soll in 24 Stunden nur um eine Heizreihe weiter rücken, so ist vor allen Dingen nötig, dass die Abteilung vor Beginn dieser Ausführung nicht allzuweit von der Gare entfernt ist; nun wird die Glocke am Schieber bis auf einige Centimeter heruntergelassen, alle übrigen etwa noch offenen Glocken ganz geschlossen; der Zutritt der Luft in Nr. 7 bis auf ein geringes Mass beschränkt und nicht mehr wie vier Heizreihen befeuert, die erste Reihe (der Abkühlung am nächsten) stark, die übrigen nur alle halbe bis eine Stunde, bezw. nicht eher, bis der einmal aufgegebene Brennstoff ziemlich abgebrannt ist. Der Zug muss hierbei so geregelt werden, dass die erste Reihe auch nicht eher abkühlt als man dies haben will. Ist nun das Feuer bis in Abteilung 10 vorgegangen, bezw. dieselbe nach vier oder fünf Tagen ganz im Feuer, so ist es nötig, dieselbe zehn bis zwölf Stunden mit stärkerem Zuge stark zu befeuern, damit sie nahezu gar wird; dann erst wieder, wie vorher, langsam weiter heizen. Wenn inzwischen die Störung nicht beseitigt ist, so wiederholt man später dasselbe in Abteilung 11 und so fort bis wieder regelmässiges Heizen nötig geworden.

Beim gänzlichen Anhalten des Feuers muss die betreffende Abteilung, in der gehalten werden soll, vollständig gar und der Brennstoff abgebrannt sein, dann wird ebenfalls zwei oder drei Abteilungen hinter dem Feuer (so nahe als möglich) ein Schieber gesetzt, damit die rückwärts strömende Hitze beim Aus- und Einsetzen nicht stört und keine Luft zu der im Feuer

stehenden Abteilung gelangen kann, und sämtliche Türen, Deckel und Glocken dicht geschlossen. Auf diese Weise kann, ohne zu feuern, sechs bis acht Tage gehalten werden, ohne grosse Abnahme der Glut, merkt man aber nach dieser Zeit eine bedeutendere Abnahme der Glut so ist es gut, einige Stunden stark zu feuern, worauf, wenn es erforderlich ist, das Feuer weitere sechs bis acht Tage stehen bleiben kann. Eine oder zwei Reihen (die nächsten an der Abkühlung) werden beim Wiederbeginn nicht mehr gut zu befeuern sein, dies hat aber nichts zu sagen, wenn die Abteilung vor dem Anhalten richtig gar war.

Dittmar hat beide Beschickungsweisen angewendet und stets regelmässig gut gar gebrannte Ware erzielt, so dass derselbe diese Art und Weise bei unregelmässigem Betriebe nur empfehlen kann. Dittmar bemerkt noch, dass bei oblongen Öfen sich nur die geraden Abteilungen zum Langsambrennen oder Anhalten eignen, da die runden Abteilungen einen etwas stärkeren Zug erfordern.

Die Güte des zu brennenden Kalkes muss im Ringofen sehr viel gleichmässiger und besser werden als in jedem anderen, einmal, weil im Ringofen die Heizstellen in kurzen Zwischenräumen hintereinander liegen, folglich die Bedingungen für eine gleichmässige Einwirkung des Feuers auf die zu brennenden Waren sich ebenso oft wiederholen; dann auch, weil wohl selten eine Brennvorrichtung besteht, bei welcher der Zug, also auch die Intensität des Feuers mit grösserer Genauigkeit geregelt werden kann, als im Ringofen der Fall ist; endlich auch, weil die hohen Hitzegrade im Ringofen durch die Menge der Feuerstellen und durch die Speisung des Feuers mit der heissesten Luft immer leicht erzeugt und gleichmässig unterhalten werden können.

Mitunter wird geklagt, dass im Ringofen häufig eine erhebliche Menge ungenügend gebrannter Ware vorkomme. Dittmar bemerkt hierzu, dass dies nur bei ungenügender Aufmerksamkeit des Brenners vorkommen kann; jeder Ofen liefert unzureichende Ware, sobald er mit Nachlässigkeit und Unaufmerksamkeit betrieben wird. Dittmar hat als technischer Leiter grösserer Kalkwerke die verschiedensten Ofeneinrichtungen kennen gelernt, und sagt, dass er keine gefunden habe, in welcher leichter ein gleichmässiges Ergebnis zu erzielen sei als im Ringofen. Denn das Auge hat in keinem anderen Ofen so viel Anhaltspunkte zur Beurteilung der Gare als im Ringofen, und das Auge wird ja selbst durch das Feuer fortwährend dazu angehalten. Wenn die Heizer aber, wie dies leider oft geschieht, nicht mit Verständnis in den Ofen sehen, so muss dies der leitende Beamte oder Meister um so öfter tun, und tut er dies mit Aufmerksamkeit, so wird er auch stets guten Kalk erzielen. Denn er hat ja hier nicht, wie bei anderen Öfen, nur einen oder zwei Beobachtungspunkte, sondern in jeder Abteilung 12—15 und mehr Heizlöcher, in denen er den Stand der Glut beobachten kann, und wird der Kalk nur einige Stunden in vollständiger Weissglut erhalten, so ist er auch gar. Die Eigenschaft des Kalkes, im höchsten Hitzegrad lebhaft zu leuchten, tritt im Augenblick der Gare bei starkem Zuge ein; sieht man in den Heizlöchern

bläulich-weiße Glut, als ob man in die Sonne sähe, so ist der Kalk in der Gare, und wird diese Glut nur 2—3 Stunden erhalten, so ist sicher nur garer Kalk das Ergebnis. Die Intensität der Glut bei der Gare ist bei den verschiedenen Kalkarten natürlich auch verschieden und braucht nicht immer diesen hohen Weissglutgrad zu haben und muss bei jeder Sorte ausprobiert werden; oft kann auch sofort nach Erlangung dieser Glut mit Feuern aufgehört werden; im allgemeinen gilt, dass, je reiner der Kalk ist, desto stärker und anhaltender die Weissglut sein muss, um auch aus dem inneren Kern die Kohlensäure auszutreiben. Ausser diesem Augenmerk hat aber der Brenner noch ein ausgezeichnetes kleines Werkzeug, um die Gare des Kalkes beurteilen zu können, es ist dies „eine eiserne Stange“, die an einem Ende so viel umgebogen ist, dass dieselbe noch in ein Heizloch hineingeht. Der Kalk setzt sich beim Brennen mehr oder weniger; das Mass des Setzens einer bestimmten Masse, hier einer Abteilung, muss bei jeder Kalkart die Erfahrung lehren. Der Marienhütter Kalk z. B. muss sich 40—50 cm gesetzt haben, wenn die Abteilung gar sein soll; ob dies geschehen, ist wieder nicht nur an einer Stelle, sondern an 12—15 Stellen zu erforschen und durch diese Stange mit Leichtigkeit zu erfahren. Wer Auge und Stange genügend gebraucht, wird immer im Ringofen gleichmässiges Ergebnis erzielen, denn zeigt sich dem Auge nicht die richtige Glut, der Stange nicht das genügende Setzen an, so wird in den betreffenden Heizlöchern oder Heizreihen noch stärker und länger gefeuert, bis die notwendige Gleichmässigkeit eingetreten ist. Wenn man diejenigen Heizlöcher, welche sich hinter den Unregelmässigkeit zeigenden befinden, auch stark mit heizt, wird bald Besserung der Glut erlangt. Ist aber durch Nachlässigkeit oder irgend eine Störung in einer ganzen Kammer die Glut zu viel heruntergegangen, so ist sie nur durch verstärkten Zug und starkes, schnell hintereinander folgendes Aufgeben von Heizstoff wieder herauf zu bringen.

Bei leichtem Brennstoff, Holz oder Torf (auf der Marienhütte wird mit Torf geheizt) und starkem Betriebe, ist es am besten, eine ganze Abteilung auf einmal zu befeuern, namentlich im letzten Stadium, es wird dann die notwendige Weissglut schnell erzielt. Hierbei ist aber der noch vielfach gebräuchliche Fehler „zu starker Zug und Luftüberschuss“ zu vermeiden; beides hat nur Brennstoffverschwendung zur Folge; auch die dortigen Heizer waren nur sehr schwer davon abzubringen und erst als sie merkten, dass sie weniger Arbeit hatten (es wurde über $\frac{1}{3}$ weniger Brennstoff täglich verbraucht) und doch kein ungarer Kalk mehr vorkam, gaben sie sich zufrieden.

Die Durchsicht des Artikels „Wirkungsart der Verbrennungsgase beim Ringofen“ von W. Olschewsky in Nr. 14—28, Jahrg. 78 derselben Zeitung ist auch für die Kalkbrenner sehr zu empfehlen; aus der Zusammenstellung in Nr. 19 ist ersichtlich, dass z. B. doppelte Luftmenge nur die Hälfte an pyrometrischer Wirkung erzielt, als bei gerade genügender Luftmenge.

Schliesslich bemerkt Dittmar noch, dass die Marienhütte im Berichtsjahre schon Anfang Oktober geschlossen wurde, der Ofen aber voll fertigen Kalkes für den Winterbedarf stehen blieb; auch hier hat er die oben beschriebene

Trennung von drei zu drei Abteilungen angewendet und bisher stets gut erhaltenen Kalk vorgefunden. Erst kürzlich, $\frac{1}{4}$ Jahr nach Schluss, hat Dittmar eine frische Dreiteilung geöffnet und der Inhalt war in bestem Zustande, es kann daher diese Methode auch zur Anwendung beim Schluss des Ofens bestens empfohlen werden.

§ 78.

In Fällen, wo die Anlagekosten selbst des kleinsten noch gebräuchlichen Ringofens für den Kalkbrenner zu hoch erscheinen, dieser aber auf die Vorteile des Ringofensystems zur Gänze nicht verzichten möchte, empfiehlt E. Hotop den Partialofen, welcher den Übergang von den periodischen Öfen zum Ringofen bildet und aus dem Bestreben entstanden ist, den letzteren gewissermassen „ratenweise“ anzulegen. Doch kann dieses System auch unabhängig von der Rücksicht auf einen etwaigen späteren Umbau zum kompletten Ringofen für gewisse Verhältnisse sehr am Platze sein und erweist sich namentlich vorteilhaft für ganz kleine Betriebe, also Produktionen von 100—150 Doppelwagen im Jahr.

Je länger der Brennkanal dieses Ofens ist (dem Hotop lieber den Namen Kanalofen beigelegt wissen möchte), desto mehr nähert sich der Betrieb desselben demjenigen des Ringofens, desto vorteilhafter arbeitet er in bezug auf Kohlenverbrauch. Im Durchschnitt kann dieser letztere mit 25—33 kg auf 100 kg gebrannten Kalk angenommen werden, er ist aber entschieden niedriger als jener aller periodischen Öfen. Da nun auch die Anlagekosten dieses Systems im Verhältnis zur Leistung erheblich billiger sind als bei irgend einem periodischen Ofen, so glaubt Hotop in bestimmten Fällen die Anlage eines Partial- oder Kanalofens mit voller Überzeugung empfehlen zu dürfen.

XIV.

Das Aufbewahren und Befördern des gebrannten Kalkes.

§ 79.

Auf jeder gut eingerichteten Kalkbrennerei sollte ein dicht verschlossenes, trocken gelegenes Kalklager vorhanden sein, wohin der gebrannte Kalk, welcher nicht gleich abgesetzt werden kann, gebracht wird und worin er längere Zeit, ohne dass er an seiner Güte verliert, aufbewahrt werden kann. Diese Lagerräume müssen einen gedielten Fussboden haben, die Wände und Decken dürfen keine Sprünge enthalten und der einzige Zugang (die Tür) muss vollkommen dicht schliessen und mit Nut und Federn aus Doppelbrettern zusammengefügt sein. Bei feuchtem Wetter und Gewitterluft muss man es möglichst vermeiden, die Türen der Magazine zu öffnen, indem diese Luft auf das Zerfallen des Kalkes am meisten Einfluss hat.

§ 80.

Vicat beschreibt ein anderes Verfahren zur Aufbewahrung des Kalkes, besonders des hydraulischen. Auf einer Tenne, die frei von Wasserzutritt und Feuchtigkeit ist, breitet man zuerst eine Lage zerfallenen Kalk von 15—20 cm Dicke aus. Auf diese Lage schichtet man den lebendigen Kalk auf, indem man ihn mit einem hölzernen Klotz zusammenrammt, um die Zwischenräume möglichst zu vermindern. Diesen Haufen schliesst man flach abgebösch und überschüttet ihn mit einer letzten Lage eines Kalkes, der eben in Staubkalk zerfallen will. Dieser Staubkalk füllt die Zwischenräume des lebendigen Steinkalks aus und umhüllt ihn so gut, dass er gegen die Einwirkung der atmosphärischen Luft und aller Feuchtigkeit verwahrt ist. Man hat auf diese Weise etwa 60 cbm lebendigen Kalk während eines anhaltend nassen Winter's aufbewahrt und nach fünf Monaten erhitzte er sich und zerging noch ebenso gut wie frisch gebrannter Kalk. Je grösser der aufzubewahrende Vorrat ist, desto mehr bewährt sich dieses Verfahren.

§ 81.

Man kann auch den gebrannten Kalk sofort nach dem Brennen in Fässer schlagen und an einem trockenen Orte aufbewahren. Am vorteilhaftesten ist es, wenn er gleich oder sehr bald nach dem Brennen verwendet werden kann. Denn die undichten Fässer lassen teils in den Magazinen, teils auf dem Transporte feuchte Luft zu dem Kalke, infolgedessen verschluckt er Wasser und Kohlensäure, verschlechtert sich dadurch, gibt beim Löschen keinen sehr zarten Kalkbrei und gedeiht auch nicht in dem Masse, wie frisch gebrannter Kalk. Bei dem Füllen der Fässer werden die nicht vollständig und totgebrannten Stücke, die man leicht an ihrer Schwere erkennt, ausgeschieden.

Den pulverisierten und gesiebten hydraulischen Kalk verwahrt man in Fässern, deren Fugen mittelst eines aus abgelöschtem hydraulischen Kalk erzeugten zähen Teiges gehörig verschmiert und dann erst noch von Innen mit Papier gut verklebt wurden. Ausserdem ist bei dem Verpacken dieses Materials darauf zu sehen, dass die Fässer vollständig gefüllt und leere Räume in denselben vermieden werden. Der Deckel muss dicht auf dem Material aufliegen, zu welchem Zwecke man das Kalkmehl beiläufig um 12 mm höher als die Nut des oberen Fassbodens aufrägt und hierauf den Deckel mit einiger Gewalt hineinpresst, was mit keinen Schwierigkeiten verbunden ist.

§ 82.

Bei dem Versand des gebrannten ungelöschten Kalkes muss er, wenn es bloss auf kürzere Strecken geschehen soll, in wohlbedeckten Wagen gegen Feuchtigkeit und Regen geschützt werden; auf weitere Entfernungen muss er in geschlossenen Gefässen (Fässern) verpackt werden, um ihn gegen den Zutritt der atmosphärischen Luft zu schützen.

Der Kalk setzt sich immer beträchtlich, wenn er auf der Achse von dem Brennofen nach dem Bau- oder Lagerplatze geschafft wird. Dieses

Setzen hängt nicht allein von der Natur des Kalkes, sondern auch von den Beförderungsmitteln, der Entfernung und selbst von dem Zustande des Weges ab.

Bei dem hydraulischen Kalke von Paris beträgt das Setzen nach einem Transporte von 5 km auf einer gepflasterten Strasse ein Sechstel, d. h. 1 cbm gebrannter Kalk aus dem Ofen gemessen gab nur 0,834 cbm auf der Abladestelle. Es ist deshalb nicht gleichgiltig, ob man den Kalk aus dem Ofen eingemessen oder beim Abladen nachgemessen verkauft.

XV.

Das Löschen und Aufbewahren des gelöschten Kalkes.

§ 83.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass von der Art und Weise, den Kalk zu löschen, dessen Güte mit abhängig ist. Das Löschen des Kalkes kann auf dreierlei Art geschehen; entweder giesst man hinreichend Wasser auf denselben und arbeitet mit Hacken oder Krücken die Masse durch, um sie zu einem dünnen Brei zu verwandeln; oder man bringt den Kalk in einen Korb, den man wenige Sekunden in Wasser taucht, während welcher Zeit der Kalk Wasser genug aufsaugt, um nachher in ein trockenes Pulver zu zerfallen; dadurch wird eine grössere Hitze entbunden, der Kalk aber nicht so fein aufgeschlossen und fühlt sich wie Sand an. Die dritte Art zu löschen ist mittelst einer Sanddecke. Man zerschlägt die Kalksteine in nussgrosse Stücke, bringt sie in kleine Haufen, welche man mit Sand bedeckt, begiesst ihn mit Wasser und achtet wohl darauf, dass der Kalk an keiner Stelle ohne Sand mit der Luft in Berührung komme. (Trocken gelöschter Kalk.)

Das Löschen der ersteren Art durch Aufgiessen von Wasser oder Schwemmen wird bei fettem Kalk für das Beste gehalten. Die Wassermenge, welche hierbei aufgenommen wird, richtet sich nach der Beschaffenheit des Kalkes; recht gut und gar gebrannter frischer Kalk verlangt durchschnittlich auf drei Raumteile vier Raumteile Wasser, auf 1 kg Kalk 2,66 kg Wasser und fetter Kalk vermehrt sich hierbei um das Doppelte bis $3\frac{1}{2}$ fache. Älterer gebrannter Kalk, der schon aus der Luft Feuchtigkeit aufgesogen hat, nimmt weniger Wasser beim Ablöschen auf. Zu wenig Wasser macht, dass beim Löschen der Kalk nicht gehörig aufgeschlossen wird; man nennt es Verbrennen des Kalkes, dabei steigt die Hitze bedeutend, wodurch die Kalkteile zusammenbacken; zu viel Wasser macht den Kalkbrei zu dünn, der Kalk wird ersäuft. Durch das Ersäufen entfernen sich die Kalkteile zu sehr durch das dazwischen getretene Wasser. Der Kalk kann erst nach langsamer Verdunstung des überschüssigen Wassers, währenddem seine Masse

nach Verhältnis schwindend aufreißt, kristallisierend zu erhärten anfangen, wenn nicht etwa inzwischen die Bedingungen der Erhärtung ganz aufgehoben worden sind, oder in Wasser und Feuchtigkeit die Ausdünstung gar nicht, sondern gänzliche Auflösung der Masse erfolgt. Die richtige Wassermenge, wodurch der Kalk gesättigt wird, ist die, wodurch der Ätzkalk vollständig in Kalkhydrat verwandelt und ausserdem mit so viel freiem Wasser zu einem so steifen Teig verwandelt wird, dass hierdurch die Teile der Kristallisation durch eingehende gegenseitige hinlänglich nahe Berührung beweglich werden, was beim trockenen Kalkhydrate nicht möglich ist, höchstens in ganz unmerklich kleinen Teilen; beim zu wässerigen (ersäuften) Kalkbrei aber ebenso wenig, weil hierbei die Stoffteilchen zu entfernt und zertrennt liegen. Es ist zu bemerken, dass magerer (oft gut hydraulischer) Kalk sich nur sehr langsam löschen kann, in den kleineren Teilen wohl erst länger nach dem Löschen selbst. Man sagt, die Teile schlossen sich erst später auf. In diesem Falle ist dem Kalke der zum ferneren Aufschliessen nötige Wasserbedarf zuzusetzen und er ist dann vor der Anwendung noch einmal tüchtig durchzuarbeiten. Ein solcher magerer Kalk wird nach und nach in der Grube speckiger und fetter, wenn er nicht durch (staubkleinen, im Wasser unauflöslichen) Cementgehalt darin zu früh erhärtet.

§ 84.

Es ist schwierig, die richtige Menge des Löschwassers nach dem Gewichte oder Raummasse für die anzuwendenden Kalksorten auszumitteln, indem, wenn der Kalk nicht frisch gelöscht wird, er sogleich anfängt, immer mehr Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen und Hydrat zu bilden; auch hängt die Verdunstung vom Hitzegrad und der Zeit der Löschung ab, der Hitzegrad aber vom Wärmegrad des Löschwassers, von dessen Masseverhältnis in bezug auf die Kalkmasse, von der auf einmal zu löschenden Kalkmassengrösse an sich u. s. w., wodurch diese Ausmittlung immer schwierig und noch schwankender wird, wenn der Kalk in seiner Natur (seinen zufälligen Beimengungen) sehr veränderlich vorkommt. Um älteren gebrannten Kalk leichter und vollkommen zu löschen, nimmt man heisses Wasser; ebenso auch im Winter.

Die Beschaffenheit des Wassers ist beim Löschen des Kalkes nicht gleichgiltig; weiches Wasser, möglichst frei von Salzen, ist besser als Brunnenwasser; man zieht Regenwasser dem Flusswasser und dieses dem Quellwasser vor. Von jeher hat man die Anwendung von Meerwasser bei der Bereitung des Mörtels verworfen; doch ist dieser Grundsatz kein unbedingt feststehender. Ausgemacht ist, dass der mit diesem Wasser angemachte Mörtel viel langsamer austrocknet und auf der Mauerfläche eine ziemliche Zeit lang salzige Auswitterungen erzeugt, weshalb man es in keinem Falle bei Mörteln anwenden darf, die zu dem Bau von Wohnhäusern gebraucht werden. Dieser Übelstand kommt jedoch nicht in Betracht bei Uferbekleidungen oder Futtermauern, und man kann, wenn das Meerwasser, wie von einigen behauptet wird, dem Mörtel mehr Festigkeit gewährte, dasselbe in diesem Falle vorzugsweise anwenden.

§ 85.

Das Ablöschen geschieht gewöhnlich in offenen sogenannten Sumpfen — runden Büten — Löschbüten — Kalkkästen — Kalklöschern — Speisepfannen. Letztere sind meist rechteckige, oben offene Kästen aus 30—40 mm starken guten Brettern, etwa 1,25—2 m lang, 0,70—1 m breit, 0,40—0,50 m hoch. Die Querseitenbretter sind in die Längenseitenbretter verzapft und verkeilt. Letztere erhalten an den vier Vorkragungen *ee* (Fig. 53) Löcher zum bequemen Tragen. Der Boden bekommt unten Leisten zum Hohlstellen. An einer der schmalen Seiten bekommt der Löschkasten zum Auslassen der Kalkmilch in die Kalkgrube in ganzer Höhe eine Öffnung mit einem senkrechten Schieber *a*, ausserhalb daselbst ein kurzes Abschlussbrett mit Rändern *bb*. Damit gröbere verunreinigende Teile, ungebrannte

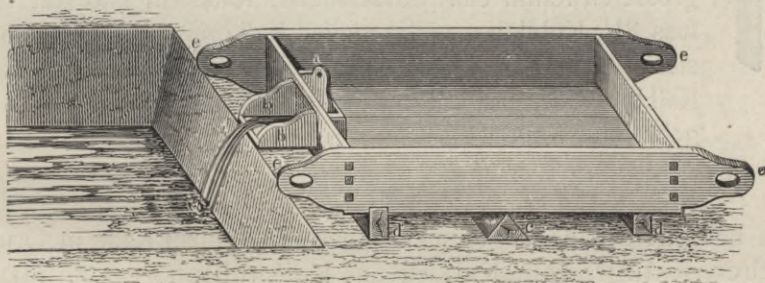


Fig. 53.

oder langsamer löschende Kalkteile zurückgehalten werden, kann die Öffnung mit einem Draht- oder Holzgitter versehen werden. Der in Fig. 53 dargestellte Löschkasten ist in seiner Mitte auf der Kante der Unterlagleiste *c* beweglich. Die Bewegung ist durch die keilförmige Unterlage *d* leicht so möglich, dass der Kasten aus der wagrechten Stellung in eine gegen die Grube abschüssige Lage gebracht werden kann. Wird der Schieber *a* herausgenommen, so fließt der gelöschte Kalk durch das Gitter in der Türöffnung zwischen *bb*, das die groben Teile zurückhält.

Man legt die Kalksteine flach im Kasten auseinander, besprengt sie anfangs mit soviel Wasser, dass sie knisternd zerbersten und aufschwellend zu Pulver zerfallen. Dann giesst man schnell hintereinander das erforderliche Wasser zu und zerstösst und rührt die Masse mit einer Schüppe, Kalkhacke oder Löschrücke (Fig. 54), bis sie zum gleichförmigen Brei ohne Klümpchen und Klösse sich aufgelöst hat.

§ 86.

Ein etwas abweichendes Verfahren dieser Art zu löschen ist folgendes: Man füllt das zum Löschen bestimmte Gefäß zuerst bis auf die Hälfte oder $\frac{1}{3}$ mit Wasser und gibt nun so viel gebrannten Kalk hinzu, als das Wasser zu bedecken im stande ist; es ist besser, etwas mehr Wasser zu geben als zu wenig, indem man sich durch Ablassen des überflüssigen helfen kann. In

dem Wasser lässt man den Kalk sich ruhig zersetzen, ohne ihn umzurühren; man durchsticht die Kalkmasse bloss mit einem Stocke, um das Wasser auf die trockenen Stellen zu bringen. Nachdem der Kalk das Wasser ganz aufgesogen und das Brausen, welches übrigens bei sehr wasserfesten Kalken kaum bemerkbar ist, aufgehört hat, wird die Masse so lange umgerührt, bis ein gleichförmiger Brei erzielt ist. Bei dieser Art des Kalklöschens hat man überdies den Vorteil, dass sich die nicht ganz gleichgiltige Menge des zuzusetzenden Wassers von selbst ergibt.

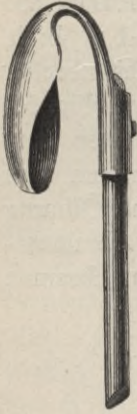


Fig. 54.

Nach dem Löschen nimmt der Kalk als steifer Brei einen grösseren Raum ein als in gebranntem Zustande. Diesen Raumzuwachs nennt man sein Aufgehen, Wachsen oder Gedeihen. Der reine fette Kalk nimmt so einen 3,2–3,6mal grösseren Raum ein. Rüdersdorfer Kalkstein gab von 1 Kubikfuss $3\frac{1}{2}$ Kubikfuss völlig steifen Kalkbrei oder $160\frac{3}{4}$ Pfd. Kalkstein, $83\frac{1}{2}$ Pfd. gebrannten Kalk und dieser 281 Pfd. steifen Kalkbrei oder fast $3\frac{1}{2}$ mal dem Gewichte nach mehr, als der gebrannte Kalk wog.

§ 87.

Man bewahrt den so abgelöschten (geschwemmten) Kalk in Gruben — Kalklöcher, Kalkgruben, Kalkkuten, Kalkkuhlen — auf. Man nennt dies das Einsumpfen. In den Gruben können beim Löschen unaufgeschlossene Teile sich später auflösen, grieslicher Kalk also mit der Zeit fetter und speckiger werden. Nach dem Einsumpfen lässt man den gelöschten Kalk vier bis fünf Tage in der Grube offen stehen, während überschüssiges Löschwasser in die Höhe tritt und abgelassen werden kann. Darauf setzt sich der Kalkbrei immer dichter zusammen und schwindet und reisst dann in der Folge, wenn er zu Mörtel verwendet wird, im Verhältnisse weniger auf, wodurch er also an Güte zunimmt, wenn er nur vor dem Zutritte der Kohlensäure der Atmosphäre gehörig geschützt ist. Es geschieht dies am besten, indem man die ebene Oberfläche des Sumpfkalkes 0,30—0,60 m hoch mit Sand bedeckt. Man kann zuvor Bretter auflegen, auch für längere Aufbewahrung oben auf die Sanddecke Erde aufschütten, die aber beim Aufbrechen der Grube sorgfältig beseitigt werden muss. Wo das Bedecken des Kalkes im Winter unterlassen wird, da wird die Bindekraft desselben durch den Frost zerstört.

Die Kalkgruben müssen wasserdicht und vor Überschwemmung gesichert sein, nötigenfalls werden sie mit Brettern an den Seiten und im Boden ausgekleidet und dahinter mit Letten ausgestampft. Auf längere Zeit kann man sie ausmauern und, wenn es nötig, noch mit Letten ausdämmen. Unter allen Umständen ist es gut, wenn solche Gruben feste und dichte Wände und einen gepflasterten Boden haben, wodurch das zu schnelle Eindringen des Wassers in das Erdreich verhindert und der Kalkmilch das zur vollständigen Verdichtung zu Kalkbrei erforderliche Wasser nicht entzogen wird.

Ein zu langsames Schwinden des Kalkwassers in offenen Kalkgruben schadet dagegen dem Kalke, indem der in demselben aufgelöste Kalk allmählich Kohlensäure aus der Luft anzieht, als kohlenaurer oder lebendiger Kalk niedersinkt und den übrigen gelöschten Kalk verunreinigt; in diesem Falle muss daher das überflüssige Wasser abgeschöpft werden. Auf diese Weise verdichtet sich die anfangs dünne Kalkmilch zu einem dicken und zähen Brei, welcher sich nur wenig in der Grube setzt; ein sicherer Beweis, dass sich viele Kalkteilchen erst später vollständig auflösen. In diesem eingesumpften Zustande kann der Kalk, in Gruben mit Sand und Erde bedeckt, eine lange Reihe von Jahren in einem teigigen Zustande aufbewahrt werden. Ohne Bedeckung saugt er Kohlensäure auf, trocknet sehr rasch aus und verringert dabei seinen Rauminhalt so bedeutend, dass er 50–75 mm weite Risse und Sprünge bekommt. Damit die der Luft und ihrer Kohlensäure ausgesetzte Oberfläche der Kalkmasse möglichst klein werde, muss man die Gruben mehr tief machen, so lang als breit, auch wohl rund, wenn die Erde steht oder sie ausgemauert wird. Beim Verbräuche muss der Kalk wägerecht abgenommen — ausgestochen — werden, wenn die Oberfläche des Restes wieder mit Sand überschüttet werden soll. Jeder bedeutende Bau erfordert wenigstens zwei Kalkgruben, um immer eine zum Ausstechen bereit zu halten.

Die zweite Art, den Kalk zu löschen, ist die, welche die alten Römer allgemein zu ihrem festen, noch jetzt unsere Bewunderung verdienenden Mörtel zum Mauern anwendeten. Das Verfahren dabei ist folgendes: Frisch gebrannten Kalk (von harten Steinen), den man während des Transportes zudecken lässt, damit weder die Feuchtigkeit der Luft noch Regen auf ihn eindringen kann, lässt man auf einen gereinigten Boden in einem trockenen und bedeckten Raume abladen, wo man zugleich trockene Fässer oder Kästen und einen Zuber stellen kann, der bis dreiviertel mit Fluss- oder einem anderen Wasser angefüllt ist, das weder hart noch mineralisch ist.

Zwei Arbeiter sind zu diesem Geschäft hinreichend; der eine zerklopft die gebrannten Kalksteine mit einem Mauerhammer bis zu der beiläufigen Grösse eines Eies; der andere fasst diesen zerstossenen Kalk mit einer Schaufel, tut ihn in einen flachen und weit geflochtenen Korb, wie die Maurer gewöhnlich zum Durchsieben des Gipses haben, und füllt ihn nun bis an den Rand. Er versenkt diesen Korb ins Wasser und erhält ihn darin, bis die ganze Oberfläche des Wassers zu sprudeln anfängt; alsdann zieht er den Korb heraus, lässt ihn einen Augenblick abtropfen und schüttet diesen eingetauchten Kalk in ein Fass oder einen Kasten. Er wiederholt dieses Geschäft so lange, bis aller Kalk eingetaucht gewesen und in die Fässer geschüttet ist, die er auf zwei bis drei Finger breit unter dem Rande anfüllt. Dieser Kalk wird sich dann bedeutend erhitzen und den grössten Teil des Wassers, womit er getränkt worden ist, als Rauch verdunsten, seine Poren öffnen, zu Staub zerfallen und endlich seine Wärme verlieren. In diesen Fässern wird er mit Matten bedeckt zur späteren Mörtelbereitung aufbewahrt. Dies ist der Kalk, den Vitruv *Calix extincta* nennt.

Wegen der Schärfe dieses Rauches muss dieses Geschäft an einem Orte geschehen, wo der Luftzug frei ist, damit die Arbeiter sich so stellen können, dass sie nicht dadurch belästigt werden. Sobald der Kalk zu rauchen aufgehört, bedeckt man die Fässer oder Kasten mit groben Tüchern, Strohmatten oder Sand, um die Hitze zusammenzuhalten. Lässt man ihn an der Luft liegen, so erfriert der Kalk und zerfällt in einen groben Gries, welcher beim Hinzukommen von mehr Wasser einige Zeit braucht, um durchaus abzulöschen.

§ 88.

Statt des Eintauchens kann man auch den Kalk mit Wasser begiessen, welches etwas bequemer, aber nicht ganz so gut ist. Die Steine werden dann mit ungefähr einem Viertel ihres Gewichtes Wasser durch eine Giesskannenbrause begossen, wobei man den Stücken, welche am langsamsten auszulöschen scheinen, das meiste Wasser zuführt. Scheint der Vorgang beendet, so bedeckt man den Kalk sorgfältig mit Sand und lässt ihn einen bis zwei Tage vor dem Gebrauche stehen.

Die Zeit, wie lange vorher der Kalk gebrannt worden ist, lässt sich nach der grösseren oder geringeren Geschwindigkeit beurteilen, die er braucht, bis er sich erhitzt und zu Staub zerfällt; wenn er schon lange vorher oder wenn er im Ofen nicht gar gebrannt worden ist, so wird er sich nur langsam erhitzen und sich sehr schlecht aufschliessen.

Bei der Methode durch Eintauchen oder Begiessen mit Wasser ist das Gedeihen desselben Kalks geringer als bei der ersten Löschart; auch lässt er sich schwieriger auf längere Zeit aufbewahren, indem er für die Einwirkung der Luft sehr empfänglich ist, mithin bald wieder kohlen-sauer wird.

§ 89.

Magere und hydraulische Kalkarten, welche weniger kohlen-sauren Kalk, dagegen mehr Kiesel- und Tonerde enthalten, müssen nach der zweiten und dritten Methode gelöscht, d. h. anfänglich nur mit Wasser besprengt oder benetzt werden; überhaupt darf denselben nicht soviel Wasser zugesetzt werden, wie anderen mehr Kohlensäure enthaltenden Kalkarten. Übrigens erlangen auch diese abgelöschten, stark mit Tonerde vermischten Kalkarten in der Grube und auch mit Sand und Erde bedeckt in kurzer Zeit einen sehr bedeutenden Grad von Härte.

Eine andere Art des trockenen Löschens erfolgt durch schichtenweise Ausbreitung des Ätzkalkes und Bedeckung mit Mauersand mehrfach übereinander und Benetzung mit Wasser, worauf die Masse durchgearbeitet und gleich als Mörtel verbraucht wird; es darf hierbei jedoch an keiner Stelle der Kalk ohne Sand mit der Luft in Berührung kommen.

§ 90.

Zwischen der nassen (mit Wasser geschwemmten) und trockenen (mit Wasser besprengten) Löschweise des Kalkes ist ein auffallender Unterschied, indem dieser einen viel grösseren und gröbereren Bodensatz gibt als jener,

dessen Teile überhaupt viel länger im Wasser schwebend bleiben. Der durch Eintauchen gelöschte Kalk fühlt sich auch gewöhnlich zum Teil wie Sand an; die Teile des anderen dagegen sind beinahe nicht fühlbar. Die Ursache hiervon liegt ohne Zweifel darin, dass bei der zweiten Lösungsart, sowie überhaupt, wenn zum Löschen des Kalkes zu wenig Wasser angewendet wird, die Temperatur viel höher steigt, als wenn eine grössere Wassermenge vorhanden ist. Dadurch backen die Teile des Kalkhydrats auf vielen Punkten zusammen oder, wie die Maurer sich ausdrücken, der Kalk verbrennt.

Frisch gelöschter Kalk kann zu Mörtel für gewöhnliches Mauerwerk gleich verwendet werden, muss dagegen für den Verputz von Wänden und Mauern mehrere Wochen oder besser Monate in den Gruben gestanden haben, weil einzelne ungelöschte Kalkteilchen sich sonst erst an den Wänden auflösen und im Verputz Blasen geben.

XVI.

Von dem Mörtel.

§ 91.

Unter Mörtel, Mauerspeise, Speiss versteht man eine aus Kalk und verschiedenen anderen Mineralsubstanzen auf nassem Wege bereitete Steinmasse, welche teils zur Verbindung der Bausteine, teils zum Abputz und dergl. dient. Man unterscheidet Luftmörtel oder gemeinen Kalkmörtel und Wassermörtel oder hydraulischen Mörtel; ersterer erstarrt nur unter Luftzutritt, aber nicht wie letzterer, unter Wasser, und wird dann mit der Zeit fester.

Der Luftmörtel kann nur da angewendet werden, wo Bauwerke aufgeführt werden sollen, welche bloss der Wirkung der Luft, nicht aber der beständigen Einwirkung des Wassers ausgesetzt sind, denn wenn letzteres der Fall, so wird der Kalk aufgelöst und der Zuschlag losgeweicht. Gelöschter Kalk an sich allein verliert allmählich Wasser, zieht Kohlensäure an, erhärtet an der Luft, zerklüftet sich aber sehr; es würde auch, wollte man denselben allein anwenden, zu viel darauf gehen. Man vermengt ihn deshalb mit irgend einem brauchbaren Zuschlag, welcher meistens in Sand besteht, und zwar Quarz-, Feldspat-, Glimmer-, Kalksand, Trieb-, Gruben-, Fluss- und Steinsand von Steinmetzen, Steinkohlenasche, gepulverte Schmiede- und Hochofenschlacken von verschiedener Grösse des Kornes. Bauleute unterscheiden den Sand nach der Grösse der Körner. Grand oder Grus, groben und feinen Sand. Quarzsand, dessen Körner durch ein Sieb gehen, das 3 mm weite Maschen hat und in einem Siebe mit 1,5 mm weiten Maschen zurückbleiben, heisst Grand; der Sand, welcher durch ein Sieb mit 1,5 mm weiten

Öffnungen, aber nicht durch Maschen von 1 mm fällt, heisst grober, und endlich der durch ein Sieb von 1 mm weiten Maschen geht, heisst feiner Sand.

§ 92.

Der Sand muss rein, d. h. nicht mit Ton und Humusteilen vermischt sein. Die gewöhnliche Maurerprobe des Sandes besteht darin, dass man etwas davon in der Hand zusammendrückt und reibt; beschmutzt der Sand die Finger nicht, fühlt er sich scharf an, knirscht er, zwischen den Fingern gerieben, ohne anzuhafte und lässt er beim Wegwerfen keinen Staub zurück, so wird er für gut gehalten. Der gegrabene Sand ist selten ganz frei von Ton, Erde und vegetabilischen Teilen; kommen diese Beimengungen in grösseren Mengen vor, so wird der Mörtel weich und schlecht. Erdiger Sand sollte daher vor dem Gebrauche gereinigt (geschlämmt), d. h. in flachen Trögen gewaschen werden, aus welchen man das trübe Wasser mit dem darin schwebenden Ton, Erde und anderen Unreinigkeiten ablaufen lässt. Das Schlämmen wird oft durch besonders eingerichtete Maschinen bewirkt, unter denen die Waschmaschine von Gresly Rouge und die „Excelsior“-Waschmaschine von Karl Martini & Co. hervorzuheben sind. Letztere ist in einem folgenden Kapitel (s. „Anwendung des Portland-Cementes“) beschrieben und abgebildet.

Kieseliger Sand von quarzigen Felsen ist der häufigste und wird gewöhnlich vorgezogen. Kalkiger Sand ist seltener, bildet aber, von hartem Kalkstein kommend, einen guten Mörtel. Einige tonige Sande haben die Eigenschaften geringerer Puzzolanen, und sind deshalb wertvoll, da sie mit gewöhnlichem Kalk hydraulischen Mörtel geben.

Gegrabener Sand hat gewöhnlich ein rauheres, eckigeres Korn als Fluss- und Seesand, und wird deshalb zu Mörtel für Backstein- und Bruchsteinmauer vorgezogen; es ist nämlich der erstere infolge der Erdrevolutionen eher abgesetzt worden, bevor ihn das Abschleifen der Kanten und Ecken durch das Rollen in den Gewässern hat treffen können. Der Flusssand besteht auch mehr aus gemischten Sandarten, wie sie von verschiedenen Felsarten durch das Wasser losgerissen, mit fortgeführt und endlich an seichten Stellen abgelagert werden. Der Sand soll weder aus ganz feinen noch aus zu groben Körnern bestehen, sondern es ist am besten, wenn die Grösse des Kornes verschieden, der Sand aber mehr feinkörnig als grobkörnig ist. Damit die Sandkörner nicht grösser als die Fugen im Mauerwerke sind, lässt man den Sand nötigenfalls durch entsprechende Siebe von 3—6 mm Maschenweite werfen. Scharfkantiger Sand soll knistern und rauschen. Fluss- und Seesand ist zuweilen weiss und von feinerem und gleichmässigerem Korn, was ihn zum Bewurfe sehr tauglich macht; der Sand von der Seeküste ist salzig, das Salz wird bei feuchter Luft feucht und der Sand kann daher nur, nachdem er in süssem Wasser sorgfältig gewaschen wurde, gebraucht werden.

§ 93.

Je fetter der Kalk ist, desto mehr Zuschlag verträgt er; Mergel- und Muschelkalk erfordern eine weit geringere Menge Sand; Kalk aus Kreide ge-

brannt erfordert dagegen gerade mehr Zuschlag als Steinkalk. Auf 3,1 cbm Mörtel nimmt man 0,9 cbm Kalk und 2,6 cbm Sand, oder auf einen Teil fetten Kalk 5—6 Teile Sand dem Gewichte nach. 1 cbm frischer Kalkmörtel wiegt 1800 kg. Zu wenig Sand giebt einen schlechteren Mörtel, der Überschuss an Kalk verschlechtert denselben. Der Mörtel darf nicht zu dünn, d. h. nur mit so viel Wasser angerührt werden, als während des Erhärtens des Mörtels verdunsten und von den vermauerten Steinen aufgesaugt werden kann; er muss demnach eine solche Konsistenz haben, dass er nicht stückweise, sondern in einem Klumpen von der Mauerkelle abfällt. Nächst diesem ist die vollkommene Durcheinandermengung der Bestandteile des Mörtels ein Haupterfordernis, beim Durchschneiden des Mörtels mit der Kalkhacke dürfen daher keine Kalkballen und Sand- oder Kalkstreifen zu bemerken sein. Eine zweckmässige Art der Mörtelbereitung ist die, dass man den Sand schaufelweise auf Wurfweite über den ausgebreiteten flüssigen Kalkbrei wirft; jedes Sandkorn sinkt dann anfangs vermöge seiner grösseren Schwere durch den Kalkbrei auf den Boden, und erhält eine feine Umhüllung von Kalkbrei, mithin wird die Mengung sehr vollkommen und leicht bewirkt; nach und nach wird von neuem Sand auf dieselbe Weise darüber gestreut und darunter gemengt, bis der Mörtel die erforderliche Konsistenz erhalten hat. Niemals muss mehr Mörtel bereitet werden, als in einem Tage verarbeitet werden kann; muss ausnahmsweise eine Menge desselben für den nächsten Tag aufbewahrt werden, so ist er mit Sand oder Matten und Decken gegen die Kohlensäure der Luft zu schützen, weil das Erhärten des feuchten Kalkbreies an der Luft durch das Verdunsten des überflüssigen Wassers und durch Anziehen von Kohlensäure und Bildung von kohlenurem Kalk geschieht. Die anfangs weiche Masse nimmt auf diese Weise im Laufe der Zeit die ursprüngliche Härte des Kalksteins an. Beim Antragen müssen die zu verbindenden Steinflächen hinlänglich mit Wasser benetzt werden, damit die porösen Steine den Kalkmörtel nicht zu rasch austrocknen und dadurch den Vorgang der Erhärtung stören.

§ 94.

Es gilt als Regel: Bei Luftmörtel nur die Sandzwischenräume, aber vollständig mit Kalkbrei auszufüllen; denn bei mehr Kalkbreiüberfüllung der Zwischenräume schwindet, also reisst die Mörtelmasse im ganzen; bei weniger Kalk jedoch findet keine vollständige Zusammenkittung der Sandkörner statt, der Mörtel erhält somit geringere Festigkeit und gestattet das Eindringen von Feuchtigkeit in die leeren Räume, welche, im Froste sich ausdehnend, denselben zerstört; daher liegt bei der Zusammensetzung von Mörtel viel daran, das Verhältnis der Zwischenräume zu dem des massigen Sandes zu kennen. Man erfährt dieses (wie auch bei unregelmässigen Steinen), wenn man ein tariertes Gefäss mit Sand gestrichen füllt, dann allmählich so viel genau abgemessenes Wasser zugiesst, bis es dem Rande des Gefässes gleich steht. Der Rauminhalt des zugegossenen Wassers ist gleich den Zwischenräumen des Sandes, und ist hiernach leicht das richtige Ver-

hältnis des Zusatzes von Kalkbrei zu einem bestimmten Sande zu ermitteln. Vorteilhaft wird es sein, die Zwischenräume eines gröberen Sandes durch einen feineren auszufüllen; denn dadurch erreicht man: a) Ersparung an Kalkbrei, der meist teurer als Sand ist, b) Verkleinerung der Kalkmassen (Verringerung der Dicke der Umhüllung), dadurch Minderung der feinsten Risschen innerhalb der Zwischenräume, also Mehrung der Festigkeit, c) Mehrung der Anhangsflächen und Abkürzung der Entfernungen dazwischen.*) In allen Fällen, wo man es mit einem mageren Sande zu tun hat, der das Wasser leicht verschluckt, ist es gut, ihn vor dem Mergen zum Kalk etwas anzufeuchten, welches denselben Erfolg hat, wie das Annässen der Steine beim Mauern. Zum Mauern kann man sich auch weniger guten Sandes bedienen; dagegen ist es nötig, zu allen Putzarbeiten nur die besten Sandarten zu nehmen. Mit Kalkteilen vermischter Sand gibt selbst mit dem besten und fettesten Kalke vermengt immer nur einen schlechten Mörtel.

§ 95.

Man behauptet oft, dass unsere Vorfahren einen besseren Mörtel zu bereiten verstanden als wir. In dieser Behauptung liegt eine Übertreibung, mindestens eine Vernachlässigung der Tatsache, dass die Bildung des kiesel-sauren Kalks in dem erhärteten Mörtel auch im Laufe der Zeit noch fort-dauert. Daher musste der Mörtel alter Gebäude im Laufe von Jahrhunderten in ein festes porphyrähnliches Gestein verwandelt werden. Wird der alte Luft-mörtel der fortdauernden Einwirkung des Wassers ausgesetzt, so wird er ebenfalls zerstört, weil sein Kalkhydrat dadurch aufgelöst wird, wodurch der innere Zusammenhang des Mörtels verloren geht, seine Haltbarkeit also auf-hört. Diejenigen Bauwerke aus dem Altertum mussten sich daher besser halten, die in heissen und trockenen Klimaten sich befanden, als die in kalten und feuchten, die der wechselnden Zerstörung des Wassers ausgesetzt sind.

§ 96.

Die bindende Kraft des Luftmörtels erklärt man also: Vermöge der Adhäsionskraft, welche der Sand gegen den Kalk, und so auch die Oberflächen der Mauersteine gegen jene ausüben, haftet derselbe an ihnen, und beim allmählichen Zusammentrocknen des Kalkhydrats unter dem Drucke des Mauerwerks bildet sich ein fest werdendes Konglomerat, indem zugleich Kohlensäure allmählich aufgenommen wird und kohlen-saurer Kalk aus dem Kalkhydrat sich bildet. Schnelles Austrocknen ist dem Mörtel nachteilig, ebenso auch heftiger, schnell eintretender Frost. Das Entweichen des Wassers und Eindringen der Kohlensäure geht nur langsam von statten, woher es kommt, dass im Innern dicker Mauern selbst nach Jahrhunderten der Mörtel breiartig und der Kalk ätzend gefunden worden ist. Unter Umständen kann auch wohl fast alles Wasser entweichen und durch Kohlensäure ersetzt werden. Der dichte Cohäsionszustand der Kieselsäure im Quarzsande ist der chemi-

*) Siehe Wolframs Lehrbuch der gesamten Baukunst. 1. Bd. 2. Abtlg. Seite 101.

schen Einwirkung des Kalks nicht günstig; anders verhält es sich mit dem Kieselerdehydrat, welches mit Kalkbrei ein im Wasser erhärtendes Produkt gibt. Nichtsdestoweniger findet man in älterem Luftmörtel, dass sich ein Teil der Kieselsäure des Sandes mit Kalk chemisch verbunden hat.

Man nennt auch wohl einen Luftmörtel fett, wenn er zuviel Kalk, mager, wenn er davon zu wenig enthält. Er darf aber weder fett, noch mager, sondern muss kräftig, stark sein.

XVII.

Maschinen zur Bereitung des Mörtels.

§ 97.

Bei grösseren Bauten würde die Bereitung des Mörtels mit der Hand nicht zweckmässig sein und zu viele Kosten verursachen; man bedient sich hier weit besser entweder einer dem gewöhnlichen Tonschneider ähnlichen Maschine, oder einer Göpelmühle mit Wagenrädern, die in einem kreisrunden ausgemauerten Trog laufen, oder einer neueren liegenden Mörtelmaschine. Über letztere folgen nachstehend einige Angaben, während wir die ersteren als allgemein bekannt annehmen dürfen.

Fig. 55 zeigt eine Mörtelmaschine der Maschinenfabrik von C. Schlickeysen in Rixdorf bei Berlin für Hand-, Göpel- und Dampftrieb (Modell Nr. 1). Ein Mann am Schwungrad liefert in einer Stunde 1 cbm

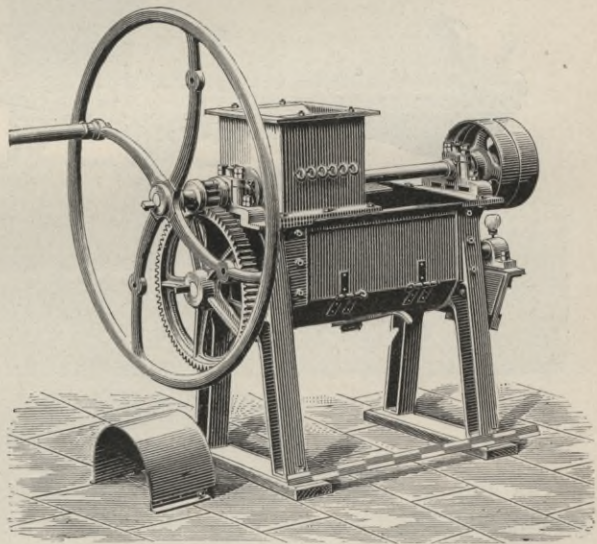


Fig. 55.

gut gemischten Mörtel, trocken oder nass. Mit einpferdigem Göpel betrieben, liefert der Apparat stündlich 3 cbm. Gewicht ungefähr 400 kg.

Fig. 56 stellt eine Schlickeysensche Mörtelmaschine Nr. 2 für Göpel- und Dampftrieb dar, mit ein bis drei Pferdekraften in einer Stunde bis 5 cbm gut gemischten nassen Mörtel gebend. Gewicht ungefähr 700 kg.

Fig. 57 zeigt eine Dampfmörtelmaschine Nr. 3 und 4. Mit drei bis fünf Pferdekräften bis 8 cbm in der Stunde liefernd. Gewicht ca. 1200 kg.

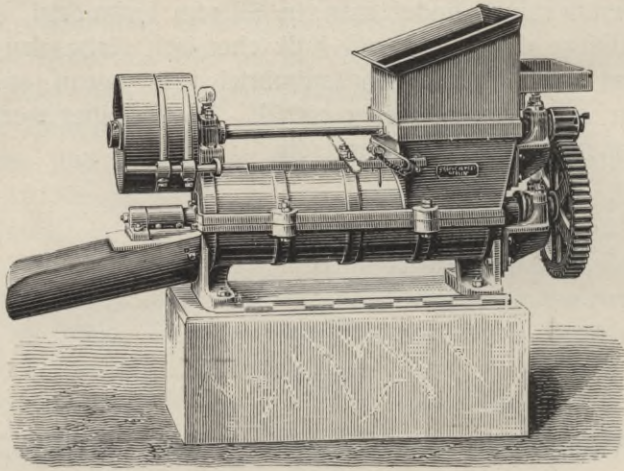


Fig. 56.

Modell Nr. 4 mit sechs bis acht Pferdekräften 12–15 cbm in einer Stunde liefernd. Gewicht der Maschine ca. 2000 kg.

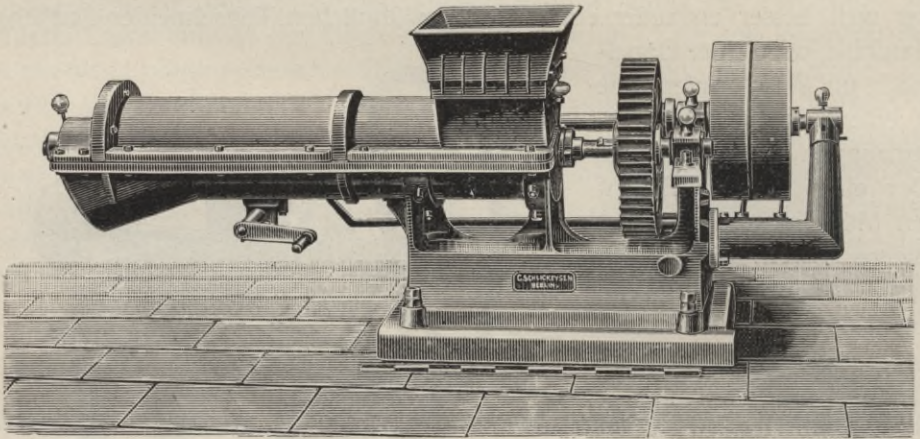


Fig. 57.

§ 98.

In Fig. 58 ist eine trichterförmige Mörtelmaschine der Maschinenfabrik Rhein & Lahn, Gauhe, Gockel & Cie. in Oberlahnstein, dargestellt, welche für Hand- oder maschinellen Betrieb fest oder fahrbar gebaut wird. Die Leistung der Maschine beträgt bei Handbetrieb $1\frac{1}{2}$ –2 cbm, bei maschinellen Betrieb 4–6 cbm pro Stunde, also so viel als 2–3 Einwerfer aufgeben können. Die Mischflügel sind bei diesem Apparat beweglich angeordnet, so dass Brüche durch Festklemmen von Kieselsteinen und dergl. vermieden werden. Der geschlossene Lagerkasten für den Antrieb und die Räder dient gleichzeitig als Wasserbehälter.



Fig. 58.

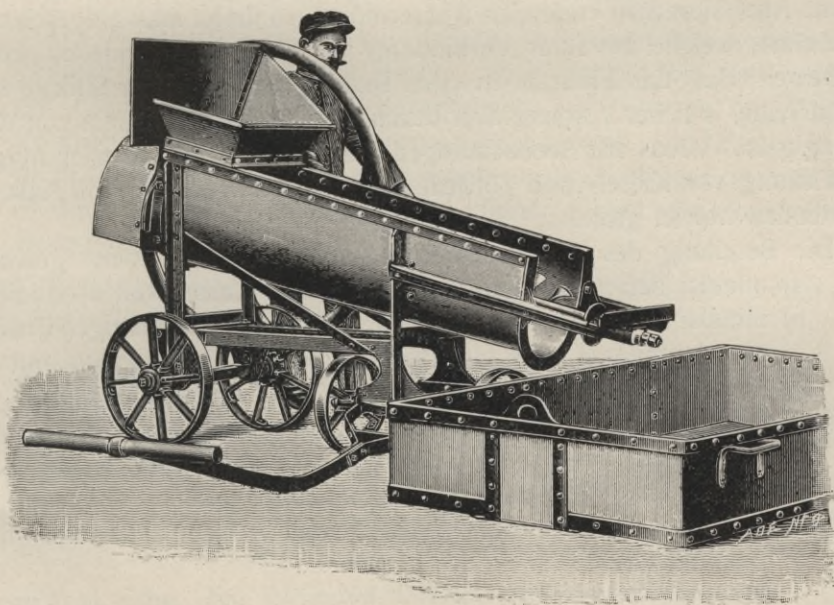


Fig. 59.

Eine Mörtelmaschine mit schrägliegendem Trog (derselben Firma) ist durch Fig. 59 veranschaulicht. Auch diese wird für Hand- oder maschinellen Antrieb, fest oder fahrbar, gebaut. Ihre Leistungsfähigkeit beträgt bei Handbetrieb bis 2 cbm, bei maschinellem Betrieb bis 6 cbm pro Stunde, entsprechend der Leistung von drei Einwerfern. Die Maschine ist vornehmlich geeignet zur Bereitung von Kalkmörteln bei Verwendung schwereren Sandes oder von trockenerem Kalkmörtel bei geringem Wasserzusatz oder für Schlacken- und Bimssandmörtel zur Herstellung von Schlacken-, Bimssand- oder ähnlichen Steinen. — Der Trog kann nach Bedarf mehr oder weniger schräg gestellt werden. Die Spindel ist vorne und hinten gelagert und lässt sich zwecks Reinigung des Troges leicht herausnehmen.

XVIII.

Der hydraulische Mörtel (Wassermörtel) aus natürlichem hydraulischen Kalk.

§ 99.

Der Wassermörtel, im Gegensatz zum Luftmörtel, wird in Berührung mit Wasser, statt erweicht und ausgewaschen, immer fester und härter; es entsteht in ihm eine chemische Verbindung der Kieselsäure mit Kalk und Tonerde, es bilden sich mehrfache Silikate, welche eine steinharte Masse liefern. Analysiert man erhärteten Wassermörtel, so findet man aufgeschlossene Kieselsäure, welche aus ihrer Verbindung mit Basen ausgeschieden worden; ein Beweis, dass das Erhärten in einer Bildung verschiedener Silikate seinen Grund hatte, welcher Vorgang aber durchaus vom Vorhandensein von Wasser abhängig ist. Vicat hat Beobachtungen bekannt gemacht, wonach Magnesia die Wirkung von Kiesel- und Tonerde übernehmen kann und mit Kalk einen erhärtenden Mörtel gibt.

Die Bereitung des Wassermörtels kann auf dreierlei Weise geschehen:

- a) mittelst der natürlich-hydraulischen Kalke (Romancemente),
- b) mittelst fetten Kalkes und eines Cements (tonhaltigen Zuschlags aus gebrannten oder vulkanischen Stoffen, Puzzolanen), und
- c) durch künstlich-hydraulische Kalke (Portlandemente).

Am einfachsten wird ein solcher Mörtel mit natürlichem hydraulischen Kalk bereitet, welcher bereits ein Cement in sich hat, indem er kieselsauren Kalk, kieselsaure Tonerde, Magnesia (Eisenoxydul) enthält. Die natürlichen hydraulischen Kalke sind immer mager,*) wohl manchmal ziemlich mager,

*) Es giebt auch magere Kalke, die nicht hydraulisch sind, mithin im Wasser auch nicht erhärten.

aber nie fett. Von ihrer Farbe kann man nicht immer auf die Eigenschaften, welche sie besitzen, schliessen, denn eine geringere Menge Eisen reicht hin, um ihnen statt der gewöhnlichen Weisse des Kalks eine fahle, gelblich-grüne oder rötliche Farbe zu geben, es kann daher sowohl ein weisser als ein gefärbter Kalk hydraulisch oder fett sein.

§ 100.

Das Rohmaterial, aus welchem die hydraulischen Kalke gewonnen werden, wird Mergel genannt; er enthält in Säuren lösliche und unlösliche Bestandteile. Letztere bezeichnet man mit dem Namen „Ton“, was nicht ganz richtig ist, weil dieser Tonrest nicht nur aus Ton, sondern noch aus Kieselsäure, Eisenoxyd und Alkalien besteht, ja aus der ersteren sogar öfter in überwiegender Masse, wie z. B. der bekannte Chaux du Theil, dessen Analyse wir weiter unten folgen lassen. Vicat klassifizierte die hydraulischen Kalke folgendermassen:*)

1. Schwach hydraulische Kalke, welche in verdünnter Säure etwa bis 15 Prozent tonigen Rückstand lassen, gebrannt mit Wasser noch ziemlich stark gedeihen, erst nach längerer Zeit (einigen Wochen) fest werden und dem Wasser erst nach ziemlich langer Zeit zu widerstehen vermögen.
2. Gewöhnliche hydraulische Kalke, welche bis 25 Prozent tonigen Rückstand lassen, nach dem Brennen mit Wasser nur noch wenig ihr Volumen vermehren, nach einigen Tagen fest werden und innerhalb Jahresfrist, meist aber weit früher, vollkommen erhärtet sind und dann vom Wasser kaum mehr angegriffen werden.
3. Stark hydraulische Kalke, welche 30 Prozent (die besten) und darüber tonigen Rückstand geben, nach kurzer Zeit fest werden, gar nicht oder nur höchst unbedeutend ihr Volumen mit Wasser verändern, nach Monatsfrist schon sehr hart und dem Wasser kaum mehr zugänglich sind und im Laufe weniger Monate in Luft und Wasser Steinhärte erlangen. Zu diesen zählen die sogenannten Romancementse.

Prof. Tetmajer gibt in den von ihm redigierten Schweizer „Normen“ folgende Definitionen:

- a) Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von Kalkmergeln oder Kieselkalken gewonnen werden und, mit Wasser benetzt, sich ohne erhebliche Volumenveränderung ganz oder teilweise zu Pulver löschen. Spezifisches Gewicht meist unter 2,9.
- b) Romancementse sind Erzeugnisse, welche aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden

*) Dr. Michaëlis, Die hydraulischen Mörtel.

und bei Netzung mit Wasser sich nicht löschen, daher durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müssen. Spezifisches Gewicht ausnahmsweise bis 3,0.

Nach Schoch*) sind die hydraulischen Kalke um so vorzüglicher, je weniger freie Kieselsäure vorwaltet, je mehr dieselbe also an andere Bestandteile im Ton gebunden und naturgemäss je weniger quarzige Kieselsäure in ihnen enthalten ist. Letztere, mittelfeiner bis grober Sand, wirkt nur als Ballast, da sie sich beim Brennen nicht aufschliesst, also durchaus nicht in Wirksamkeit treten kann.

Die Mergel werden, wenn sie hart und fest sind, in kontinuierlichen Schachtföfen gebrannt, sind sie aber locker und leicht zerdrückbar, so bedient man sich des in einem vorhergehenden Kapitel (s. Seite 76) ausführlich beschriebenen Mergelofens oder des Ringofens; des letzteren namentlich dann, wenn in grossen Massen produziert werden soll.

Zum Pulverisieren des hydraulischen Kalkes, welcher sich nicht gänzlich mit Wasser ablöscht sowie des Romancementes, welcher sich, wie wir wissen, überhaupt nicht löscht, werden Mahlgänge, Kollergänge, Kugel- oder Pendelmühlen verwendet. Ausführliche Beschreibungen dieser Maschinen sind im Abschnitt über Portland-Cement-Fabrikation zu finden und mögen dort nachgelesen werden.

§ 101.

Nachstehend folgen die Analysen je eines mageren, eines mittelmässigen und zweier starker hydraulischer Kalke im ungebrannten und im gebrannten Zustande.

a) Ungebrannt, zum Teil auf den wasserfreien Zustand umgerechnet.

Analytiker		I Pasch	II Rivot	III Feichtinger	IV Rivot
In Salzsäure löslich	Kohlensaurer Kalk	88,00	84,48	55,87	83,04
	„ Magnesia	—	—	0,60	—
	„ Eisenoxydul	1,89	—	—	—
	Eisenoxyd	—	—	5,03	—
	Tonerde	—	—	1,16	—
In Salzsäure unlöslich	Eisenoxyd	0,90	1,03	2,04	0,80
	Tonerde	3,26	3,91	2,60	0,70
	Kieselsäure	3,82	10,57	29,19	14,30
	Kalk	—	—	0,70	—
	Magnesia	—	—	—	—
	Kali	—	—	0,35	—
Natron	—	—	0,50	—	
Wasser		—	—	1,04	1,16

*) Die moderne Aufbereitung der Mörtel-Materialien.

b) Gebrannt.

Analytiker	I	II	III	IV
	Pasch	Rivot	Feichtinger	Rivot
Kalk	84,16	74,83	43,73	74,64
Magnesia	—	—	0,40	—
Tonerde	5,56	6,34	5,14	1,12
Eisenoxyd	3,74	1,67	9,66	1,28
Kali	—	—	0,48	—
Natron	—	—	0,68	—
Kieselsäure	6,52	17,14	39,90	22,95

I. Ombergs Kalk. II. Kalk von Fécamp. III. Bayrischer Mergel. IV. Kalk von Theil (Carrière Havin Lafarge), Mittel aus neun Analysen.

§ 102.

Hydraulische Kalke sind für Luft- und Wasserbauten verwendbar, zu letzteren namentlich dann, wenn der Mörtel schon längere Zeit an der Luft erhärtet war, bevor man ihn der Einwirkung des Wassers aussetzt. Die Anfangsfestigkeit ist gering, das Abbinden geht sehr langsam vor sich und ist vielfach erst in 24 Stunden beendet. Mit drei Teilen Sand zeigt der Mörtel folgende Festigkeiten (Dr. Schoch):

	nach 7 Tagen	4 Wochen	1 Jahr	(3 Tage in feuchter Luft, dann im Wasser)
Zug:	4 $\frac{1}{2}$	7	21 kg	
Druck:	25	48	135 "	

Romancement bindet rasch ab, beiläufig in 15 Minuten oder früher, weshalb keine grössere Mörtelmenge angemacht werden darf als innerhalb dieser Zeit aufzuarbeiten ist. Der gemahlene Romancement lässt sich schlecht längere Zeit lagern, da er durch den Einfluss der Atmosphärien rasch verändert und zersetzt wird. Am besten verarbeitet man ihn ganz frisch. Wo keine grossen Festigkeiten verlangt werden und zu Zwecken rascher Formgebung, zum Trockenlegen, Dichten und dergl. ist der Romancement sehr gut zu gebrauchen.

Die Mörtelfestigkeit (3 Sand) des Romancementes beträgt nach Dr. Schoch:

	nach 7 Tagen	4 Wochen	1 Jahr
Zug:	12	16	30 kg
Druck:	93	129	318 "

Die Prüfung auf Volumenbeständigkeit wird beim hydraulischen Kalk sowol als auch beim Romancement in gleicher Weise an Probekuchen vorgenommen, welche man einem 6–8stündigen Dampf- oder Wasserbad von 50 bzw. 75 °C. aussetzt und die nach dieser Zeit keine Kantenrisse oder Verkrümmungen zeigen dürfen.

§ 103.

Dolomitische Cemente werden aus magnesiahaltigem Kalkstein (Dolomit) erbrannt, wobei man darauf achten muss, möglichst nur die Kohlensäure der Magnesia auszutreiben und die Bildung von Ätzkalk zu vermeiden.

Enthält das Dolomitgestein auch Ton, so kann mit dem Brennen über 400° hinausgegangen werden, da der Ätzkalk mit den Silikaten dann hydraulische Verbindungen eingeht, die sich im Wasser nicht merklich dehnen. (Michaëlis).

XIX.

**Wassermörtel aus fettem Kalk und hydraulischen Zuschlägen
(Puzzolanen).**

§ 104.

Wir kommen nun zu der zweiten Art der Bereitung des hydraulischen Mörtels, welche darin besteht, dass man dem fetten Kalk verschiedene Zuschläge zusetzt, welche demselben ebenfalls die Eigenschaft erteilen, im Wasser zu erhärten; man nennt diese Zuschläge Puzzolanen. Dieselben enthalten kieselsaure Verbindungen, welche häufig in der Natur anzutreffen und so beschaffen sind, dass sie in fein gepulvertem Zustande für sich allein im Wasser nicht erhärten, aber, dem fetten Kalk beigemischt, auf diesen chemisch einwirken und ein im Wasser erhärtendes Gemisch geben. Statt dieser Naturprodukte kann man auch verschiedene Kunsterzeugnisse anwenden, welche Silikate enthalten. Die natürlichen Puzzolanen werden überall gefunden, wo vulkanische Ablagerungen sich befinden: sie brauchen nicht gebrannt zu werden, da sie bereits von der Natur dem Feuer genügend ausgesetzt waren.

Zu den natürlichen Puzzolanen gehören:

§ 105.

a) Der Trass- oder Duckstein, eine schmutzig-gelbe, ins Graue, Braune und Bläuliche ziehende, poröse, auch mehr oder minder dichte Masse; er findet sich in Bänken von einigen Fuss Mächtigkeit abgeteilt, enthält eingemischt Bimssteinrollstücke, weniger häufig Basalt-Trachytbrocken, Schlackenrümmer, Baumstämme, Holzkohlen, Pflanzenteile. Der Duckstein ist ein vulkanisches, aufgeschwemmtes Gemenge, füllt Täler aus, Lager von 3–7 m Stärke bildend. Man findet denselben in den Schiefergebilden des Rheinufer eingelagert, grössere und kleinere Spalten desselben ausfüllend, besonders im Brohl-Nettertale, in der Gegend von Andernach, bei Pleit, Rheinbrohl, Tönesstein, in der Eifel; in Bayern, im Ries bei Monheim, am Habichtswald (preuss. Provinz Hessen); im Norden von Irland. Er wird gepocht oder kurz vor dem Gebrauch gemahlen und heisst dann Trass. Der Andernacher Trass kommt in zweierlei Formen vor; einmal als fester Stein, den man echten Trass nennt, und sodann als Sand, der wilder Trass genannt wird. Nur ersterer wird zur Mörtelbereitung verwendet. Der Trassstein ist oft in seinen oberen Schichten ungefähr 1 m hoch verwittert, erdig und unbrauchbar,

ebenso wie der an der Luft zerfallene Stein. Geglüht gewinnt er eine braunrote Farbe, mit Säuren braust er nicht auf; sein innerer Gehalt wird um so höher geschätzt, je fester und je schwerer er zu vermahlen ist, da weiche Steine gewöhnlich unreiner und erdiger sind.

Will man die Güte des Trasses nach seinen äusseren Kennzeichen beurteilen, so kann dieses nur mit einiger Sicherheit geschehen, wenn er noch nicht pulverisiert ist. Er muss fest und hart sein, so dass die scharfen Ecken sich nicht abbrechen lassen. Besonders muss der Trass sich scharf anfühlen und möglichst frei sein von fremden Beimengungen. Wenn der Trass pulverisiert ist, so pflegt man seine Güte nach dem Niederschlage zu beurteilen, der sich bildet, sobald man ihn in ein Glas Wasser geschüttet und dieses umgerührt hat. Am besten ist der Trass, wenn der Niederschlag vollständig erfolgt und keine verschiedenen Schichten sich darin zu erkennen geben. Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses besteht darin, dass man durch unmittelbare Versuche sich von seiner Bindekraft überzeugt.

Der echte Trass wird in Stücken von etwa 10 kg Gewicht gebrochen und nachdem er etwas getrocknet ist, vermahlen. Er verliert beim Erhitzen Wasser und ist in konzentrierter Salzsäure zum grössten Teil löslich. Nachstehend folgen die Analysen von 7 verschiedenen Trassvorkommen (Feichtinger).

	1	2	3	4	5	6	7	
In Salzsäure löslich	Kieselsäure . . .	11,50	5,15	29,5	31,0	14,5	10,6	8,2
	Tonerde . . .	17,70	16,02	5,1	10,5	8,3	6,1	5,2
	Eisenoxyd . . .	11,77	3,33	3,9	6,1	4,8	3,6	4,3
	Kalk . . .	3,15	1,25	6,5	3,0	3,5	3,6	2,2
	Magnesia . . .	2,14	0,81	7,1	0,7	0,9	0,9	0,9
	Kali . . .	0,29	3,52	} 6,4	10,0	1,8	1,2	1,3
	Natron . . .	2,43	2,17			0,6	1,5	1,5
Wasser . . .	7,65	12,65	12,6	7,7	2,8	5,5	6,1	
In Salzsäure unlöslich	Kieselsäure . . .	37,43	47,93	28,0	23,0	42,3	48,7	44,0
	Tonerde . . .	1,25	2,26	5,0	6,0	8,3	6,1	10,0
	Eisenoxyd . . .	0,57	0,48	—	—	4,6	4,9	7,1
	Kalk . . .	2,25	—	1,2	1,0	4,8	2,6	4,5
	Magnesia . . .	0,27	0,50	—	—	1,3	1,0	1,6
	Kali . . .	0,07	0,65	—	—	0,3	2,3	2,8
	Natron . . .	1,11	1,27	—	—	0,5	1,8	1,1

1. Geringer Trass. 2. Blauer, bester aus dem Brohltal. 3. 4. Holländischer T. 5. Gelber, 6. Grauer, 7. Blauer Tuffstein aus den Herfeldtschen Gruben.

Ohne Zusatz von Wasser mit Kalkbrei im Verhältnis von 2 Raumteilen Trass zu 1 Raumteil Kalkteil innig gemengt, woraus 2 Raumteile Mörtel entstehen, und nass unter Netzung der Steine verarbeitet, gibt der Trass einen vorzüglichen Wassermörtel. 1 Raumteil dieses Trassmörtels mit 2 Raumteilen klein geschlagener Ziegel- oder Sandsteinbrocken gemengt, gibt den bei Fundierungen im Wasser fast unersetzlichen Beton, wovon weiter unten ausführlich die Rede sein wird. Zu Mauerwerk über der Erde angewendet, muss man sich des verlängerten Trassmörtels, aus 1 Raumteil Trassmehl,

1 Raumteil Kalkteig und 1 Raumteil Mauersand bedienen, da der fette Trassmörtel im Trocknen nicht hält, sondern Risse bekommt und zerfällt. Zu empfehlen ist auch eine Mischung von 4 Teilen hydraulischem Kalk, 5 Teilen Trass und 5 Teilen Sand. Andere Vorschriften zu Trassmörtel sind: 1 Teil Kalk, 1 Teil Trass und 4 Teile Sand; ferner 2 Teile gelöschter Kalk, 1 Teil Trass und 6 Teile Sand. Dieser Mörtel ist nicht in stark reissendem Wasser zu verwenden, ist aber zum Eindecken der Dächer vorzüglich.

§ 106.

b) Die Puzzolanerde, vulkanischer Tuff, hat ihren Namen nach der Stadt Puzzuoli, von der sie durch die Römer zuerst bezogen sein soll; sie ist eine lockere, weiche, leicht zerreibliche, aschgraue oder gelblich-braune bis schwarze, glanzlose Masse, im Bruche teils feinkörnig, eben, teils erdig bald ziemlich frei von Einmengungen, bald verschiedene Fossilien und Felsarten einschliessend, von deutlicher Schichtung. Die Masse ist ein eisenhaltiger Ton, der durch das Feuer der Vulkane einem hohen Hitzeegrad ausgesetzt war; sie rührt von Stücken poröser Lava her, die, vom Wasser fortgeschwemmt, an entfernten Orten abgelagert wurden. Die Puzzolanerde bildet zusammenhängende Hügel von ziemlicher Ausdehnung an der südwestlichen Seite der Appeninenkette, in der Gegend von Rom bis gegen die Pontinischen Sümpfe und Viterbo, Bolsena und Puzzuoli bei Neapel; am besten ist die in alten Lavaströmen gefundene Puzzolanerde. Auch findet sich vulkanischer Tuff in der Auvergne, Vivarais, auf Martinique.

Die Puzzolanerde enthält jederzeit kleine Feldspatkristalle, weisse Leucitflocken und eine Menge schwarzer, kohlenähnlicher Bimssteinstücke von allen Formen. Die Höhlungen der letzteren sind mit einer pechartigen Haut überzogen. Sie besteht aus:

Kieselerde	60—55 %
Tonerde	19—20 „
Kalk	6—5 „
Eisenoxyd	15—20 „

Die Bereitung des Puzzolanmörtels geschieht in Italien in folgender Weise: Man nimmt soviel frisch gebrannten Kalk, als man ohne Unterbrechung zu verarbeiten gedenkt, breitet ihn in runder Fläche aus und umgibt ihn mit einem kreisförmigen Bord von Puzzolanerde zur Fassung des Löschwassers. Auf den Kalk giesst man ganz allmählich so viel Wasser, dass er zu Pulver zerfällt, worauf man ihn durch weiteren Zusatz von Wasser in breiartige Konsistenz verwandelt. Jetzt vermengt man die Puzzolanerde damit, wobei einige Arbeiter, einmal ums andere, Puzzolanerde und groben Sand auf den Haufen streuen, während die Masse von den übrigen sorgfältig durchgearbeitet wird. Das Verhältnis dabei ist: 2 Teile Kalk (als Pulver gemessen), 1 Teil Puzzolanerde und 1 Teil Sand. Man nimmt auch 2 Teile Kalk, den man durch Ein-auchen gelöscht und in Pulverform gemessen hat, und 3 Teile Puzzolanerde ohne Sandzusatz.

§ 107.

c) Die Santorinerde (sonst auch Aspe genannt). Dieselbe kommt von der Insel Santorino, einer der südlichsten Inseln Griechenlands, die durch geognostische Untersuchungen sich als der grössere Teil eines noch nicht ausgebrannten Vulkans erwiesen hat. Diese Insel ist fast auf ihrer ganzen Oberfläche mit einer mächtigen, hellgrau gelblichen oder hellgrau rötlichen, weichen, leicht zerreiblichen, erdigen Masse bedeckt. Diese Erdschicht gibt die sogen. Santorinerde und besitzt vorzügliche hydraulische Eigenschaften. Sie ist im Anfühlen sehr scharf und trocken und enthält eine Menge kleinerer und grösserer poröser, leicht zerreiblicher Körner, die aus Bimsstein, trachytischen Breccien, Tuff bestehen und auf dem Wasser schwimmen; spez. Gewicht 1,55. Sie besteht aus: 68,50 Kieselerde, 13,31 Tonerde, 5,50 Eisenoxyd, 4,71 Natron, 3,13 Kali, 2,36 Kalk, 0,73 Magnesia, 0,31 Kochsalz, 1,05 Wasser.

Es scheint, dass die alten Griechen und Römer sich der Santorinerde bedient haben, wie aus der Menge von Höhlen geschlossen werden darf, welche durch sie in jene Insel gegraben wurden. Viele Jahrhunderte nach ihnen wurde kein Gebrauch davon gemacht, und es blieb den Ingenieuren Griechenlands der neueren Zeit (namentlich dem Geniehauptmann v. Weiler ums Jahr 1841) vorbehalten, die Eigenschaften und Vorteile dieser Erdart für das Baufach wieder ans Licht zu ziehen.

In neuerer Zeit wird die Santorinerde in Griechenland zu allen Baulichkeiten sowol in als ausser dem Wasser ohne Ausnahme verwendet. Auch bei den grossen Seebauten in Algier hat man die Santorinerde mit Erfolg in Anwendung gebracht. In Syra, Triest und Venedig sind seit dem Jahre 1843 viele Wasserbauten mit Santorinmörtel ausgeführt worden.

Das Santorinstampfmauerwerk, welches stets unter Wasser bleibt, wird zusammengesetzt aus: 7 Teilen Santorinerde, 2 Teilen gelöschtem fetten Kalk, 7–9 Teilen zerschlagenen Steinen.

Für Mauerwerk, welches zeitweise über den Wasserspiegel zu stehen kommt, nahm man: 6 Teile Santorinerde, 2 Teile fetten Kalk, 6–7 Teile Steine.

§ 108.

d) Bimsstein ist schwammig, blasig, löcherig, von unregelmässiger Gestalt, meist verworren, faserig, weiss ins Perlgrau und Gelbe; Strich weiss; Glasglanz bis Seidenglanz; durchscheinend, seltener durchsichtig; im Bruche kleinmuschelrig und erdig; spröde; fühlt sich rau und scharf an. Nach Klaproth besteht der liparische Bimsstein aus: 17,5 Tonerde, 3,0 Kali und Natron, 77,5 Kieselerde, 1,75 Eisen- und Manganoxyd. Der Bimsstein ist in Säuren unlöslich und schmilzt vor dem Lötrohr zu blasigem Glase. Er findet sich in der Nähe älterer und neuerer Vulkane und wird von letzteren noch ausgeworfen; man findet ihn daher auf den liparischen Inseln, bei Rom, auf Island, Teneriffa, Kamtschatka, am Laachersee bei Coblenz, in Ungarn u. a. O. Gepulvert gibt der Bimsstein, mit gelöschtem gewöhnlichem Kalke gemengt, einen guten Wassermörtel.

§ 109.

Zu den künstlichen Puzzolanen gehören Aschen von Stein- und Braunkohlen, Wasserglas, gebrannter Ton, Ziegelmehl, Ockererde, gebrannter Alaunschiefer, Rohkupferschlacken und Hochofenschlacken. Nur das letztgenannte Material kommt praktisch in Frage, während alle übrigen wegen ihrer wechselnden Zusammensetzung ungleichmässige Resultate ergeben und daher selten verwendet werden. Indessen eignen sich auch nicht alle Hochofenschlacken für den in Rede stehenden Zweck, sondern nur solche von ganz bestimmter chemischer Zusammensetzung, die man also vorher festzustellen hat. Nach Feichtinger stehen solche mit 50–60 % Kieselsäure und 15–20 % Tonerde den besten natürlichen Puzzolanen nicht nach, obwohl auch Schlacken mit 40 % Kieselsäure und 15 % Tonerde noch als Zuschläge zu Kalkmörtel in Anwendung kommen können. Nachstehend folgen die Analysen einiger Schlacken, die sich als Zuschläge zu Kalk bewährt haben.

Analytiker	Elsner		Berthier		Bodemann	Drouat
	I	II	III	IV	V	VI
Kieselsäure	40,12	40,44	50,00	55,20	59,42	49,00
Tonerde	15,37	15,38	18,60	19,20	14,94	21,80
Kalk	36,02	33,10	26,40	19,20	19,79	24,00
Magnesia	—	—	2,00	1,40	0,11	Spuren
Manganoxydul	5,80	4,40	—	1,40	Spuren	0,60
Eisenoxydul	1,25	1,63	2,40	3,40	6,03	2,10
Kali	2,25	2,07	—	—	—	—
Schwefel	0,70	0,76	—	—	—	—
	101,51	97,78	99,40	99,80	100,29	97,50

I. II. Von der Gleiwitzer Hütte. III. IV. Französischen Ursprungs. V. Oberharz. VI. Frankreich.

XX.

Über die Anlage von Kalkwerken im allgemeinen.

(Von Ernst Hotop, Berlin.)

§ 110.

Die Anlage eines Kalkwerkes ist heute nicht mehr so einfach, wie das früher der Fall war, wo man sich eigentlich nur mit dem Platze des Kalkofens zu beschäftigen hatte. Die technischen Fortschritte und die wirtschaftlichen Ansprüche sind im Laufe der Zeit ganz erheblich gewachsen und machen es zur Bedingung, dass ein Kalkwerk rationell angelegt, also in erster

Linie richtig disponiert sein muss. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, dass in jedem Arbeitszweige vorteilhaft und sparsam gearbeitet wird.

Zunächst kommt die Gewinnung des Kalksteins, die Anwendung von Bohrmaschinen und Sprengmitteln, in Betracht. Darüber lässt sich allgemein nicht viel sagen, aus dem einfachen Grunde, weil die lokalen Verhältnisse und vor allen Dingen die Kalksteinablagerungen ganz verschieden sind. Indessen ist es doch nötig, darauf aufmerksam zu machen, dass auch hierauf bei der Anlage eines Kalkwerks das Augenmerk zu richten ist.

Es haben nun viele Kalkwerke, die besonders harten, kristallinen Kalkstein haben, über grosse Schottermengen zu klagen. An vielen Stellen findet man Schotterhalden, die seit Jahrzehnten angewachsen sind und sich schlecht verwerten lassen. Eine Verwertung hat neuerdings an verschiedenen Stellen stattgefunden, dadurch, dass man das gesamte Material, besonders aber das frisch gewonnene, weiter zerkleinert und dann für die Eisenbahnen als Schotter für den Oberbau verkauft. Es haben sich da allerdings Konkurrenzfabriken, die Basalt und anderes hartes Gestein liefern, aufgetan, aber in vielen Fällen ist doch auch der Kalksteinschotter verwendet worden. Man hat ganze Anlagen mit Steinbrechern, Siebeinrichtungen u. s. w. gemacht, um das Material so vorzubereiten, wie es die Eisenbahnverwaltungen verlangen. In manchen Fällen hat auch eine Verwendung zum Strassenbau stattgefunden.

Wenn auch im allgemeinen der Kalkstein für den Strassenbau zu weich ist, so ist man doch damit zufrieden, weil man an vielen Stellen nichts besseres hat.

Die Verwendung des Schotters zu den angegebenen Zwecken müsste noch weit mehr angestrebt werden. Die Anlagen zur Herstellung der in möglichst gleichmässiger Form und Grösse verlangten Stücke sind gar nicht sehr teuer.

Das Brennen des Schotters macht immer noch die grössten Schwierigkeiten. In gewöhnlichen Öfen ist es nicht möglich, weil der Zug der Öfen gehemmt wird, und deshalb verzichten sehr viele Kalkwerksbesitzer überhaupt auf das Brennen des Schotters. Auf diese Frage wird übrigens nachher bei Besprechung der Öfen noch zurückzukommen sein.

Beim Fördern und Transportieren des gebrochenen Steines nach den Öfen sind vielfach elektrische Förderbahnen eingeführt worden, die sich sehr gut bewähren. Auch Benzin- und Dampflokomotiven sind stellenweise im Gebrauch. Bei den Transporteinrichtungen muss selbstverständlich darauf geachtet werden, dass möglichst jeder Handgriff vermieden wird, also automatisches Laden und Entladen durch Rutschen, Kippwagen etc. Besonders sind auch Kreuzungen der Transportwege zu vermeiden und unbedingt muss vermieden werden, dass man dem Ofen die Kalksteine in einer bestimmten Richtung zuführt und dann dieser entgegen den gebrannten Kalk abführt, so dass die Transporte sich begegnen oder sich beständig kreuzen. Das lässt sich alles vermeiden durch eine gesunde Disposition, wie eingangs schon betont wurde.

§ 111.

Die Öfen sind — wie bekannt — als die Hauptapparate in den Kalkwerksbetrieben anzusehen, und wiederum bleibt für die Massenfabrikation der Ringöfen der einzige in Frage kommende Brennapparat. Ein Ringofen passt eigentlich für alles. Man kann ihn auch schon für recht kleine Leistungen mit Vorteil anwenden; für die Massenleistung ist er allen anderen Öfen überlegen. Bei dem Ringofen braucht man nicht zu ängstlich zu sein bezüglich der Grösse der zu verwendenden Steine, man kann die grössten Steine hineinpacken und die Zwischenräume mit kleinen Brocken ausfüllen und auf die Weise eine ganze Menge des Schotters mitbrennen. Die Erfahrungen, die mit der Einführung der Druckluft in den Ringöfen gemacht sind, sind durchaus gute, und zwar nicht bloss in Ziegeleien, sondern auch speziell bei Kalkringöfen.

Die Einführung von Druckluft bei den Ringöfen erscheint ja im ersten Augenblick etwas frappant; denn die Türen des Ringofens stehen offen, da wo gearbeitet wird. Also die Druckluft, die in den Ringöfen eingeführt wird, kann naturgemäss leicht auch durch die Tür entweichen. Trotzdem hat sich die Sache sehr gut bewährt, wie sich auch leicht erklären lässt.

Die Einführung von Druckluft unterstützt unter allen Umständen den Schornstein, und wenn man sich klar macht, dass zwischen der Feuerstelle im Ringofen und dem Schornstein ein langer Weg ist, den das Feuer zu durchwandern hat, und dass auf diesem langen Wege eine ganze Menge von Aussenluft durch das poröse Mauerwerk eindringen kann, so wird der Schornstein mit diesen unnützen, nachträglich eingedrungenen Luftmengen belastet, wird in seiner Zugwirkung beeinträchtigt. Diesen beiden Übelständen arbeitet die Druckluft entgegen. Die Druckluft verhindert einmal, dass die Aussenluft durch das poröse Mauerwerk eingesogen wird und sie verhindert ferner, dass der Schornstein mit dieser unnützen, eingesogenen Luft belastet wird. Die Druckluft nimmt ihren Weg durch das Feuer und schiebt sozusagen die Verbrennungsprodukte dem Schornstein zu. Das Feuer geht besser vorwärts und, was die Hauptsache ist, man kann auf diese Weise eine viel grössere Schottermenge in den Ofen hineinbringen. Allerdings muss man auch da vorsichtig sein, zu weit darf das nicht gehen. Die Druckluft darf man sich nicht etwa so vorstellen wie bei einem Schmiedeventilator, der einen Druck von 150 mm Wassersäule erzeugt, sondern diese Druckluft ist eine solche von ganz wesentlich geringerem Druck, und deshalb darf man sich auch in bezug auf die zu verwendenden Schottermengen nicht allzuviel davon versprechen. Man darf nicht zu sehr die Gänge für die Verbrennungsluft in den Öfen verlegen, sonst kommt man wieder in Verlegenheit.

Aber einen ganz bedeutenden Vorteil, der sich durch schnelleres Brennen und durch Verwertung von mehr Schotter bemerkbar macht, bringt die Druckluft auf jeden Fall. So hat z. B. die bekannte Firma „Saxonia“, Portlandcement- und Kalkwerk, die besten Erfahrungen mit der seit kurzem eingeführten Einrichtung gemacht.

§ 112.

Neben den Ringöfen sind dann die Schachtöfen verschiedener Konstruktion die Apparate, mit denen der Kalkbrenner zu tun hat. Schachtöfen gibt es in verschiedenen Systemen. Der älteste Schachtofen ist der in Fig. 60 gezeichnete. Es ist der sogenannte Rumfordofen. Da, wo die Kohle so ausserordentlich billig ist, wie z. B. an den Produktionsorten in Oberschlesien,

benutzt man den Ofen sogar mit Vorteil. Im grossen und ganzen ist er aber nicht zu empfehlen, und es sind auch selbst in Oberschlesien eine Menge von Öfen kaltgestellt worden. Die Erfahrungen bei diesen Öfen gehen dahin, dass in und über dem Brennraum die Kohle zu früh vergast wird, ohne dass die Gase, namentlich die leicht flüchtigen Gase, irgendwie zur Geltung kommen. Sie werden einfach oben hinausgetrieben; für die eigentliche Verbrennung, die Wirkung auf das Brenngut, bleibt nur der Coks übrig, der nur lokal wirkt. Jede

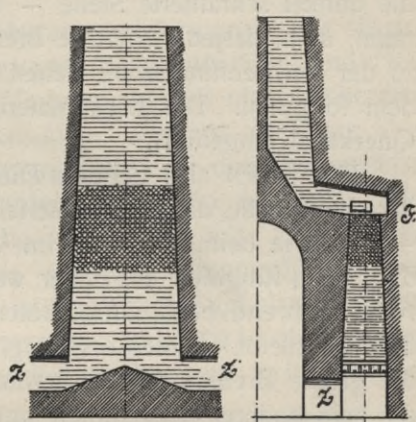


Fig. 60.

Fig. 61.

Flammenbildung ist ausgeschlossen, da schichtenweise Steine und Kohle eingeführt werden und kein Platz für Flammenbildung da ist. Dies sind die Gründe, weshalb diese Öfen bei teureren Kohlenpreisen überhaupt nicht in Betracht kommen.

Ein Schachtofen, der in bezug auf Kohlenverbrauch dem Ringofen gleicht, ist der Ofen, der in Fig. 61 dargestellt ist. Ehe auf diesen Ofen eingegangen werden kann, muss aber kurz das Ringofenprinzip besprochen werden.

Fig. 62 ist der Längsschnitt eines Ringofens. Eine dunkel schraffierte Stelle in der Mitte soll das Vollfeuer darstellen. Links davon ist der Teil

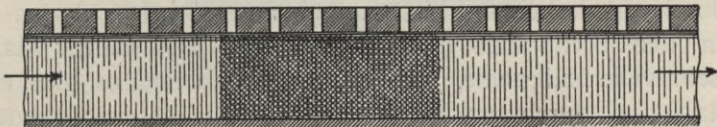


Fig. 62.

mit dem fertig gebranntem Fabrikat, durch den die Verbrennungsluft dem Vollfeuer zugeführt wird. Die Verbrennungsluft erhitzt sich dort an dem glühenden Brenngut so stark, dass sie in fast derselben Temperatur, wie das Vollfeuer selbst, diesem zuströmt und daher eine sehr intensive Verbrennung bewirkt. Rechts ist der Einsatz des Ringofens, welcher durch die abgehende Wärme vorgewärmt wird, und zwar derart, dass das fortschreitende Vollfeuer schon hoch erhitzte Partien des Einsatzes trifft. Man kann z. B. ohne wei-

teres frische Kohle in die nächste Heizlochreihe bringen, welche infolge der dort herrschenden Temperatur sofort abbrennt.

Dieses Prinzip bedingt die Kohlenersparnis, die der Ringofen mit sich bringt.

Wenn man sich nun den Dietzschofen ansieht, so findet man eigentlich nichts anderes, als dass das Ringofenprinzip dort senkrecht hingestellt ist. Man hat oben in dem Dietzschofen den Vorwärmer, dann in der Mitte -- die dunkel schraffierte Stelle -- die Brennzone, und darunter ist der Kühlraum, d. h. dasjenige fertige Brenngut, durch welches die Verbrennungsluft zu der Verbrennungszone ziehen muss. Sie erhitzt sich dort ebenso wie bei dem Ringofen. Das Brennmaterial wird durch den etwas schräg gelegenen Querkanal eingeführt.

Wir haben also bei dem Dietzschofen die Verbrennungszone an ein und derselben Stelle, das Brennmaterial wird an ein und derselben Stelle zugeführt -- also wie beim Ringofen im Vollfeuer. -- Der Unterschied ist aber der, dass beim Ringofen das Feuer wandert und die Feuerstelle jeden Tag weiter rückt, während beim Dietzschofen das Material wandert und die Feuerstelle dieselbe bleibt. Dieses ursprüngliche Ringofenprinzip ist die Bedingung für die grosse Brennmaterialersparnis, die der Dietzschofen mit sich bringt und die kein anderer Schachtofen aufzuweisen hat. Der Dietzschofen ist daher auch gerade dieser Brennmaterialersparnis wegen vielfach eingeführt worden.

Trotz dieser Brennstoffersparnis hat er aber doch nicht das gehalten, was er versprochen hat. Er hat den Übelstand, dass er zu kleinstückiges Material liefert. Während die Besitzer von Kalkwerken, die ältere Öfen hatten oder die guten Ringofenkalk gewohnt waren, grossstückigen Kalk haben möchten, lieferte der Dietzschofen zu viel kleinstückiges Material bis zum Schotter herab. Nicht allein dadurch, dass er verlangt, dass kleinere Steine eingebracht werden, sondern zum grossen Teil auch dadurch, dass die Steine auf dem Wege von dem Vorwärmer bis zum Abzug sich zerreiben. Der Kalkstein hat die Eigenschaft, wenn er im glühenden Zustande bewegt wird, sich zu zerreiben und zu platzen, und es muss beim Dietzschofen das ganze Material durch Handarbeit mit Eisenstangen und Schaufeln u. s. w. vom Vorwärmer in den Brennraum befördert werden. Bei dieser Manipulation springen sehr viele Kalksteine, sie reiben sich ab und es gibt eine ganze Menge Mull und durchweg kleine Stücke. Aus diesem Grunde ist der Dietzschofen denn auch an vielen Stellen wieder kalt gestellt worden und dient zur Reserve, wenn es einmal drängt. Für Mörtelwerke und die eigene Verwendung an Orten, wo man den Kalk löscht oder mahlt, hätte das alles ja nichts zu bedeuten.

Diese Eigenschaften des Dietzschofens geben eigentlich auch den Fingerzeig, wie man den Schotter brennen kann. Nicht etwa, dass man den Dietzschofen einfach mit Schotter beschicken kann, denn dann würde er ebenso wie andere Schachtofen versagen, vielmehr hat man durch Gebläse, die man unterhalb angebracht hat, die Verbrennungsluft eingeblasen.

Dadurch wird die Schwierigkeit, dass der Zug im Ofen sich verlegt, beseitigt.

Der Luftdruck kann gesteigert werden ganz nach Bedarf, so dass der Ofen mit flottem Zuge arbeiten kann, d. h. dass die Verbrennungsluft in genügender Menge der Verbrennungsstelle zugeführt wird. Es sind derartige Dietzschöfen vielfach mit Gebläse zum Brennen von kleinstückigem Kalkstein im Betriebe.

§ 113.

Die übrigen Schachtöfen können eine Brennmaterialersparnis, wie sie der Ringofen und der Dietzschofen mit sich bringen, nicht aufweisen, und zwar aus dem Grunde, weil bei diesen Öfen die Verbrennungsluft nicht hochehitzt dem Verbrennungsraum zugeführt werden kann, sondern weil zur Verbrennung des Brennstoffes in den Feuerungen, selbst bei den Generatorenöfen, atmosphärische Luft verwendet werden muss. So wie man aber atmosphärische Luft nötig hat, hört die Ökonomie auf. Die heisse Luft, welche durch das fertig gebrannte glühende Brenngut dem Verbrennungsraume (Vollfeuer) zugeführt wird, ist gerade einer der Hauptfaktoren, der Brennmaterialersparnis. Bei jedem anderen Ofen muss die in die Feuerung eingeführte Verbrennungsluft selbst erst erhitzt werden, das geschieht aber

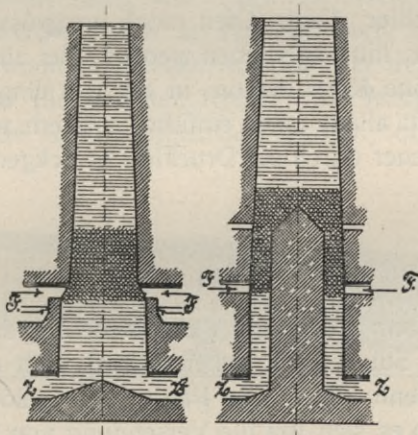


Fig. 63.

Fig. 64.

in der Feuerung auf Kosten des Brennmaterials, das dort verbrannt wird, d. h., es ist dafür ein besonderes Quantum Brennstoff erforderlich, und dadurch sinkt die Ökonomie ganz bedeutend. Diese Öfen haben ja ihre sonstigen Vorteile, aber jedenfalls den Nachteil, dass die ganze Wärme aus dem fertig gebrannten Brenngut eigentlich verloren geht. Wenn auch durch die Abzugslöcher z (siehe Fig. 63) ein kleiner Teil der vorgewärmten Luft der Feuerzone zuströmen wird, so nützt das doch sehr wenig, und die Wärme, die dem fertigen Brenngut entzogen wird, ist ziemlich verloren. Zur Verbrennung in der Feuerung ist eben atmosphärische Luft erforderlich und die

Abkühlung hat nur den Zweck, zu verhindern, dass glühender Kalk abgezogen wird, einen ökonomischen Wert für die Verbrennung hat in solchem Falle die in dem Kühlraum vorgewärmte Luft nicht.

Etwas besser ist die Sache bei den Öfen mit Generatorfeuerung. Bei gut geleiteten Generatoren hat man keine Verbrennung in der Feuerung, sondern nur Vergasung, Gasentwicklung. Es wird die Kohle in Kohlenoxydgas verwandelt, und dieses Gas führt man ungefähr an denselben Stellen und in derselben Höhe in den Ofen ein, wie beim gewöhnlichen Schacht-ofen das Feuer von den seitlichen Feuerungen.

Hierbei ist nun zur Gaserzeugung — zu der unvollkommenen Verbrennung in den Generatoren — auch atmosphärische Luft erforderlich, aber für die Verbrennung des Gases dient doch die im Kühlraum erhitze Luft.

Von den Gasöfen ist hier der bekannte Fahnehjelm-Ofen skizziert (Fig. 64). Der Gaseintritt erfolgt durch die mittleren grossen Öffnungen *F*. Die zur Verbrennung des Gases erforderliche atmosphärische Luft tritt durch die Abzugsöffnungen *Z* und durch den Kühlraum zur Verbrennungsstelle. Immerhin kann aber auch ein solcher Generatorofen nicht die Ökonomie erreichen, die der Ringofen oder Dietzschofen aufweisen.

Um nun kleinere Stücke brennen zu können, kann man überhaupt nicht anders verfahren, als dass man die Druckluft von unten einführt, und das kann man schliesslich bei jedem Schachtofen, nur nicht bei Schichtöfen, denn da würde man den Fehler dieser Öfen noch vergrössern. Es würde das ganze Gas nutzlos oben hinausgetrieben werden. Bei allen anderen Schachtöfen kann allerdings eine Kombination in der Art eingeführt werden, dass man die Druckluft nicht allein unten einführt, sondern auch in die Feuerung selbst, weil sonst das Feuer durch die Druckluft zurückgedrängt und gehindert werden würde.

§ 114.

Wir kommen nun zur weiteren Verarbeitung des Kalkes. In vielen Fällen, wo heute noch Stückenkalk geliefert wird, fällt eigentlich jede Verarbeitung fort, es sei denn, dass eine Partie Kalk gelöscht und gelöschter Kalk verkauft wird. Wo es sich um die Versendung von Stückenkalk handelt, trifft natürlich das eingangs Gesagte bezüglich der Transporteinrichtungen zu, dass man aus den Öfen leicht in die Eisenbahnwagen gelangen kann, um alle unnützen Kosten zu vermeiden. Jedenfalls ist zu beachten: Je bequemer die Transporteinrichtungen sind, desto vorteilhafter ist es für die Prosperität des Werkes.

Hydraulischer Kalk wird ja vielfach heute schon abgelöscht resp. vermahlen. In Süddeutschland ist es so ziemlich allgemein geworden, dass dort Sackkalk verarbeitet und von den Kalkwerken geliefert wird; Stückenkalk kommt dort verhältnismässig wenig zur Anwendung.

Neuere Erfahrungen hierbei sind nur darin gemacht worden, dass die mechanischen Einrichtungen für das Mahlen und Ablöschen, die Siloein-

richtungen, das Packen, das Wiegen etc., dass alle diese Einrichtungen verbessert und mechanisch, ja fast automatisch eingerichtet worden sind. Einzelne grosse Kalkwerke haben geradezu mustergiltige Anlagen.

Das Lagern von Weisskalk ist immer eine böse Sache; man kann ihn überhaupt, streng genommen, nicht lagern, denn die paar Tage, die man ihn unbeschadet liegen lassen kann, sprechen kaum mit. Es wird also auch hier der Fortschritt der Zeit sich geltend machen müssen, und die Konsumenten werden bald die Anforderung stellen, dass über kurz oder lang auch der Weisskalk pulverisiert resp. gelöscht werden muss. Um sich vor Verlusten beim Lagern zu schützen und um die Möglichkeit zu haben, Weisskalk auf weite Entfernungen verfrachten zu können, werden mit der Zeit die neueren Kalklöschrichtungen, Kalktrommeln etc., immer mehr in Aufnahme kommen. Es sind ja auch Erfahrungen bereits in dieser Hinsicht gemacht, die allerdings sich nur auf Kalksandsteinfabriken erstrecken. Einzelne Kalksandsteinfabriken haben die Erfahrung gemacht, dass sie das Kalkhydrat sehr gut längere Zeit lagern lassen können, und damit ist einer der Hauptübelstände, die das Lagern des Stückenkalkes erschweren, beseitigt.

§ 115.

Das ist so ziemlich alles, was über die Anlage von Kalkwerken im allgemeinen gesagt werden kann. Es erübrigt noch, auf einige auftauchende Konkurrenten aufmerksam zu machen, nämlich auf den Wiesenkalk in erster Linie, dann aber auf die weichen Kreide- und Mergelkalke, die bis jetzt noch vielfach über die Achsel angesehen werden, denn ausser zu Dünge-

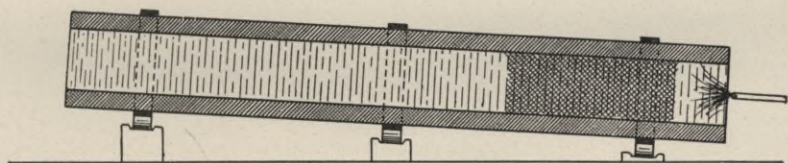


Fig. 65.

kalk waren diese Massen bis jetzt überhaupt nicht mit Vorteil zu verwerten. Nun ist aber ein Mittel, auch diese Weichkalke, so wie sie aus der Erde kommen, zu verwerten, in dem Drehofen, Fig. 65, entstanden. Denkt man sich, dass man auf die bequemste Weise durch Baggern, wenn es mechanisch geschieht, wenn es sich um einen Grossbetrieb handelt, den Wiesenkalk oder Mergel gewinnt, durch einen Elevator in den Drehofen befördert, und es kommt dann am anderen Ende der fertig gebrannte Kalk heraus, dann ist das eine Produktionsweise, wie sie einfacher nicht gedacht werden kann. Das Brennen geschieht in der Weise, dass entweder Gas oder, wie es jetzt meistens geschehen, Staubkohle mit der Verbrennungsluft eingeblasen wird und dass, soweit dort auch wieder dunkel schraffiert ist, eine Brennzone ent-

steht, in der das bis dahin von links kommende vorgewärmte und ausgetrocknete Material fertig gebrannt wird. Der Einfachheit des Drehofenbetriebes steht allerdings die nicht geringe Kostspieligkeit der Anlage mit Motor, Kohlenmühle und Kohlentrocknerei entgegen, so dass sich der Drehofen nur dort einführen dürfte, wo es sich um die Erzeugung sehr grosser Mengen handelt.

B. Die Portland-Cement-Fabrikation.



XXI.

Die Aufbereitung der Rohmasse.

§ 116.

Die Tatsache, dass gewisse Kalkarten durch das Brennen einen unter Wasser erhärtenden Mörtel liefern, war schon lange bekannt, bevor John Smeaton im Jahre 1756 die Entdeckung machte, dass derartige Kalke beim Auflösen in Salpetersäure stets einen unlöslichen, aus Ton und Sand bestehenden Rest zurückliessen. Es war aber nicht Smeaton, sondern der Franzose Vicat, der zu Anfang des 19. Jahrhunderts die ersten Versuche unternahm, durch Brennen einer künstlichen Mischung von kohlen-saurem Kalk und Ton einen unter Wasser erhärtenden Mörtel zu bereiten. Wiederum war es aber auch nicht Vicat, sondern Joseph Aspdin, Maurermeister zu Leeds (England), dem es nach mühevollen langjährigen und mit grossen materiellen Opfern verknüpften Versuchen glückte, durch Brennen einer bestimmten Mischung von gelöschtem Kalk und Ton bei sehr hoher Temperatur einen hydraulischen Mörtel von ganz vorzüglichen Eigenschaften herzustellen und auf sein Verfahren ein englisches Patent (datiert vom 21. Oktober 1824) zu erhalten, welches folgendermassen lautet:

„Der Schlamm oder Staub von mit Kalkstein gepflasterten Wegen, oder wenn dieses Material nicht in genügender Menge zu haben ist, Kalkstein gebrannt und gelöscht, wird mit einer bestimmten Menge Ton mit Hilfe von Wasser durch Handarbeit oder irgend welche Maschinen zu einem unfühlbaren Brei vermischt; die plastische Masse wird getrocknet, dann in Stücke gebrochen und in einem Kalkofen gebrannt, bis alle Kohlensäure entwichen ist; das gebrannte Produkt wird durch Mahlen, Kollern oder Stampfen in Pulver verwandelt und ist zum Gebrauch fertig.“

Das auf obige Weise erhaltene Produkt nannte der Erfinder Portland-Cement, wegen der Ähnlichkeit desselben in Festigkeit und Farbe mit dem in England vielfach zu Bauten verwendeten Portland-Stein.

General Pasley setzte an Stelle des Kalkschlammes oder -staubes die englische Kreide, welche er mit dem blauen Septarien-Ton mischte, der sich an der Einmündung des Medway-Flusses in die Themse vorfindet und erzielte dadurch derart vorzügliche Resultate, dass in rascher Folge grosse Fabriken in England entstanden, welche mit dem von ihnen erzeugten Portland-Cement Jahrzehnte hindurch den Weltmarkt beherrschten.

Erst Ende der vierziger Jahre wurde auf dem Kontinent die erste Portland-Cementfabrik (Boulogne-sur-mer, Frankreich) gegründet, welcher bald darauf die erste deutsche Anlage dieser Art folgte (Züllchow bei Stettin). Aber die Schwierigkeiten, mit denen die junge deutsche Cementindustrie zu kämpfen hatte, waren nicht gering und unter diesen die Vorliebe der Deutschen für ausländische Erzeugnisse dasjenige Hindernis, das den hartnäckigsten Widerstand bot. Dass alle Schwierigkeiten beseitigt und die deutsche Portland-Cementindustrie einer kraftvollen Entwicklung zugeführt werden konnte, ist ausser der rastlosen Arbeit von Männern wie Dr. Delbrück, Dr. Bleibtreu u. a. in erster Linie der Tatsache zu verdanken, dass die Deutschen die Methode der rohen Empirie bald verliessen und strenge Wissenschaftlichkeit zur Grundlage der Fabrikation erhoben. Die Verdienste der deutschen Forscher: Dr. Michaëlis, Dr. Heintzel, Dr. Erdmenger, Prof. Hauenschild u. v. a. auf letzterem Gebiete sind unvergänglich; ihnen, sowie der Tatkraft und Umsicht der Männer der Praxis ist es zu verdanken, dass Deutschland in bezug auf Menge und Beschaffenheit des jährlich erzeugten Portland-Cementes an der Spitze aller Cement produzierenden Staaten marschiert und auch seinen einstigen Lehrmeister — England — schon weit hinter sich gelassen hat.

Als ein zielbewusster und energischer Vertreter und Förderer der Interessen der deutschen Portland-Cementindustrie erwies sich auch der im Jahre 1877 gegründete „Verein deutscher Portland-Cementfabrikanten“, der seine erste und wichtigste Aufgabe darin erblickte, Regeln zu schaffen, auf Grund derer die Güte des Fabrikates in Bezug auf Volumenbeständigkeit, Festigkeit und sonstige charakteristische Merkmale in allgemeingiltiger Weise beurteilt werden konnte. Die „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement“ sind vorwiegend das Werk des genannten Vereins, von ihnen wird in einem späteren Kapitel die Rede sein und ihre Bedeutung möge daraus erkannt werden, dass alle Cement erzeugenden Staaten zur Aufstellung ähnlicher Normal-Bestimmungen geschritten sind, denen die deutschen Normen als Muster und Vorbild dienen mussten.

Der Verbrauch an deutschem Portland-Cement hat sich in den letzten 25 Jahren nahezu verzehnfacht, während die Durchschnittsproduktion der einzelnen Fabrik heute mehr als $3\frac{1}{2}$ mal so gross ist als vor 25 Jahren; während damals nur zwei Fabriken mit einer Produktion von jährlich über 200 000 Fass bestanden, erzeugen heute mehr als die Hälfte aller dieser Betriebe diese Menge; darunter befinden sich Werke mit einer Produktionsfähigkeit von jährlich über 1 Million Fass.

Selbstverständlich ist auch in ausserdeutschen Ländern die Produktion von Portland-Cement im Laufe der Jahre gewachsen und hat in einigen derselben eine ganz achtungswerte Höhe erreicht, wie z. B. in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, wo die Entwicklung dieser Industrie, begünstigt durch die allgemeine günstige Wirtschaftslage, sich mit Riesenschritten vollzieht. Bei der bekannten Vorliebe der Amerikaner für das Gigantische versteht es sich eigentlich von selbst, dass die grösste zur Zeit bestehende Portland-Cementfabrik in Nord-Amerika zu finden ist; es sind dies die „Atlas-Cement-Works“ zu Northumberland, welche eine jährliche Leistungsfähigkeit von annähernd $2\frac{3}{4}$ Millionen Fass besitzen, die aber gegenwärtig auf das doppelte Quantum, also $5\frac{1}{2}$ Millionen, gebracht werden soll.

§ 117.

Was nun die Bedingungen anbelangt, unter welchen die Anlage einer Portland-Cementfabrik günstige Ergebnisse verspricht, so sind deren eine ganze Reihe zu nennen und zu beachten. Vor allem müssen die Rohmaterialien sich überhaupt zur Fabrikation einer konkurrenzfähigen Ware eignen und die dafür erforderliche chemische Zusammensetzung sowie solche physikalische Eigenschaften besitzen, die die Verarbeitung nicht erschweren oder in besonderer Weise verteuern. Auch müssen die Materialien in einer Menge vorkommen, welche für einen Zeitraum ausreicht, der die Amortisation der Anlagekosten ermöglicht, also unter normalen Verhältnissen für mindestens 30 Jahre; desgleichen muss die Art der Gewinnung berücksichtigt und darauf gesehen werden, dass die Rohstoffe möglichst zu Tage liegen, damit die Förderungskosten sowie die Ausgaben für die Beseitigung des Abraumes nicht zu hoch werden.

Sodann sind der Preis der Brennmaterialien, die Höhe der ortsüblichen Arbeitslöhne und die sonstigen Arbeiterverhältnisse in Erwägung zu ziehen, Transportgelegenheiten (Flussläufe, Eisenbahnen, Strassen) und Wasserversorgung der Anlage zu berücksichtigen. Dass die Kardinalfrage des Absatzes in günstigem Sinne muss bejaht werden können, bevor an die Errichtung einer neuen Anlage herantreten wird, ist eigentlich selbstverständlich.

§ 118.

Die Begriffserklärung für Portland-Cement lautet nach den weiter oben schon erwähnten „deutschen Normen“: „Portland-Cement ist ein Produkt, entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und tonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandteilen bis zur Sinterung und darauf folgende Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit.“

Der Hauptbestandteil für die Darstellung des Portland-Cementes, der kohlen saure Kalk, ist in allen vorkommenden Formen, als: Kreide, Wiesenkalk, Steinkalk, Muschelkalk, dichter Mergel und Mergelerde verwendbar, vorausgesetzt, dass er keine Beimengungen enthält, die das Produkt in schädlichem Sinne beeinflussen. Dolomitische Kalksteine sind für den vor-

liegenden Zweck untauglich. Die Härte und Dichte des Kalksteines spielt bei dem heutigen Stande der Maschinenteknik lange nicht mehr die Rolle wie früher, wo man sich gezwungen sah, um den damals fast unüberwindlichen Schwierigkeiten der staubfeinen Vermahlung auszuweichen, den harten Kalkstein durch Brennen und Löschen in ein unfühbares Pulver zu verwandeln.

Im allgemeinen kann gesagt werden, dass die Kalkmergel als Rohmaterial für die Portland-Cementbereitung vor den reinen kohlen sauren Kalken den Vorzug verdienen, da sie die beiden Komponenten schon von Natur aus derart innig gemischt enthalten, wie wir es selbst mit den vorzüglichsten Mischapparaten niemals auch nur annähernd erreichen können. Sie brauchen in der Regel nur noch mit geringen Mengen von Zuschlägen, entweder überwiegend toniger oder überwiegend kalkiger Natur, gemischt zu werden, um die richtige Portland-Zusammensetzung zu erhalten, die, wie wir wissen, sich in ganz engen Grenzen hält.

Es kommen aber, wenn auch verhältnismässig selten, Kalkmergel vor, welche, ohne jeden Zuschlag bis zur Sinterung gebrannt, wirklichen Portland-Cement ergeben. Solche Mergel finden sich in Noworossiisk am Schwarzen Meer, in Perlmoos in Tirol, in Gartenau bei Salzburg u. s. w. Der Mergel von Perlmoos hat nach Feichtinger (Dingl. pol. J. 174, 433) folgende Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk	70,64	
Kohlensaure Bittererde	1,02	
Eisenoxyd	2,58	= 78,23 % in Salzsäure
Tonerde	2,86	lösliche Bestandteile
Gips	0,34	
Wasser und organische Bestandteile	0,79	
Kieselerde	15,92	
Tonerde	3,08	
Eisenoxyd	1,40	= 21,77 % in Salzsäure
Kali	0,55	unlösliche Bestandteile
Natron	0,82	

Ein anderer, gleichfalls „natürlicher“ Portland-Stein von der Küste des Schwarzen Meeres, ist nach der Untersuchung durch Ljamin (Institut der Ingenieure der Wegekommunikationen des Kaisers Alexander I.) wie folgt zusammengesetzt:

Flüchtige Bestandteile	35,64 %
Kieselerde	13,48 „
Tonerde	4,77 „
Eisenoxyd	1,35 „
Kalk	44,45 „
Magnesia	0,10 „
Schwefelsäure	Spuren

Der zweite Hauptbestandteil der Portland-Rohmasse ist der Ton, ein Gemenge von Tonerde, Kieselsäure, Eisenoxyd und Alkalien, denen sich oft auch noch Kalk und Magnesia hinzugesellen. Er ist das Verwitterungsprodukt von tonerdehaltigen, meist der Feldspatgruppe angehörenden Ge-

steinen; seine chemische Zusammensetzung sowol als auch seine physikalischen Eigenschaften sind für die Portland-Cementfabrikation von höchster Wichtigkeit.

Da der Ton im allgemeinen ein Stoff ohne ausgesprochene Individualität ist, vielmehr jedes Tonvorkommen ein Individuum für sich darstellt, so ist es auch nicht möglich, für den Ton eine bestimmte chemische Zusammensetzung vorzuschreiben, die unter allen Umständen inne gehalten werden muss. Man wird sich vielmehr bei der Beurteilung im speziellen Falle an allgemeine Regeln und Bedingungen halten und im übrigen der Synthese die Entscheidung über die Brauchbarkeit des vorliegenden Materials überlassen müssen.

Nachstehende Analysen (No. 1—4 von Dr. Michaëlis, No. 5 von Feichtinger) mögen als Anhaltspunkte für die Beurteilung eines Tones dienen; es sei noch dazu bemerkt, dass Ton No. 1 aus der Elbniederung, No. 2 aus Vorpommern, No. 3 vom Oberharz, No. 4 aus der Mark Brandenburg stammt, während No. 5 die Analyse des Medway-Schlickes darstellt:

	1	2	3	4	5
Kieselsäure	60,06	59,25	60,00	62,48	68,45
Tonerde	17,79	23,12	22,22	20,00	11,64
Eisenoxyd	7,08	8,53	8,99	7,33	14,80
Kalk	9,92	—	4,18	6,30	0,75
Magnesia	1,89	2,80	1,60	1,16	—
Kali	2,50	1,87	1,49	1,74	1,90
Natron	0,73	1,60	0,72	0,37	2,10
Gips	0,60	2,73	0,89	0,60	—

Die obigen Analysen sind auf den wasser- und kohlenstofffreien Zustand berechnet.

Nach H. Klose ist die Kieselsäure einer der wesentlichsten und wirksamsten Bestandteile des Tones für die Portland-Cementerzeugung; sie muss namentlich in leicht aufschliessbarem Zustande vorhanden sein. An und für sich ist die Kieselsäure fast unschmelzbar, durch den Hinzutritt von Alkalien und Eisenoxyd wird jedoch der Schmelzpunkt bedeutend herabgedrückt und die Kieselsäure aufgeschlossen, d. h. in Wasser löslich und fähig gemacht, unlösliche Verbindungen mit Kalkerde einzugehen; dagegen verträgt der Vorgang der Portland-Cementerzeugung die Gegenwart freier Kieselsäure nur in gewisser Masse. Die mechanisch beigemischte Kieselsäure tritt entweder als feiner Staubsand oder grober Streusand auf, ein Abschlämmen desselben ist unter allen Umständen ratsam und im übrigen zu beachten, dass Tone, welche möglichst wenig oder gar keinen Sand enthalten, sich immer besser zur Portland-Cementerzeugung eignen als durch Sand verunreinigte.

Nach Dr. Schoch hat es sich gezeigt, dass die kieselsäurereichen Cemente langsamer abbinden als die tonerdereichen, welche letztere die so-

genannten Schnellbinder und Gusscemente liefern. Dafür aber erhärten die kieselsäurereichen Cemente von Anfang an sehr energisch und sind weiter besonders auch bei ihrer Verwendung im Seewasser allen anderen Cementen weit überlegen.

Die Tonerde ist, nach H. Klose, bei der Cementfabrikation gleichwertig der Kieselsäure; sie ist ebenso schwer schmelzbar wie diese und wird wie sie durch Hinzutritt von Kalk, Eisenoxyd und dergl. im Feuer aufgeschlossen. — Dem Eisenoxyd ist gleichfalls eine wesentliche Rolle bei dem Vorgange der Portland-Cementerzeugung zuzuschreiben; die Menge der im Ton enthaltenen Eisenoxyde darf jedoch nur eine beschränkte sein, es genügen einige Procente zur Betätigung ihrer Wirksamkeit als Flussmittel. Dem Mangel an Eisenoxyd muss durch Zusatz von Kiesabbrand zur Rohmasse abgeholfen werden. — Der Gehalt an Magnesia pflegt meistens nur gering zu sein; dennoch ist ihr Einfluss auf die Schmelzbarkeit eines Tones von nicht unwesentlicher Bedeutung, welche durch Magnesia mehr befördert wird als durch Kalk, Eisenoxyd oder Kali, weshalb denn auch ein Überschuss an Magnesia das Verschlacken des Brandes herbeiführt. Auf nassem Wege geht die gebrannte Magnesia chemische Verbindungen mit der Kieselsäure ein, befördert also an sich die Hydraulizität des Cementmörtels, dagegen verringert ein erheblicher Teil seine Festigkeit und ist deshalb schädlich.

Ähnlich wie Eisenoxyd und Magnesia wirken auch die Alkalien als Flussmittel, ihre Verwandtschaft zur Kieselsäure, mit welcher sie im Wasser lösliche Silikatverbindungen eingehen, ist eine sehr grosse. Der Alkaligehalt eines Tones kann um so geringer sein, je leichter dieser aufzuschliessen und je reicher er an sonstigen Flussmitteln ist; sehr leicht aufschliessbare Tone, wie die Schlickarten, bedürfen eines Alkaligehaltes kaum, während schwer aufschliessbare Tone einen grösseren Prozentsatz erheischen, der erforderlichen Falles durch Beimengung von alkalischen Aschen sich gewinnen lässt.*) — An schwefelsaurem Kalk darf der Ton nur ganz geringe Mengen enthalten.

Ausser obigen sind auch noch stellenweise andere Materialien zur Verwendung gekommen, als bituminöser Liasschiefer, Diabas und Diorit und in neuerer Zeit vornehmlich die beim Hochofenprozess als nahezu wertloses Nebenprodukt entfallende basische Schlacke.

§ 119.

Das Mischungsverhältnis, in welchem Kalk und Ton miteinander zu vermengen sind, richtet sich nach der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Rohstoffe; man darf sagen, dass zur Erzielung der höchst möglichen Hydraulizität des Cementes zwei gegebene Arten Kalk und Ton nur in einem einzigen bestimmten Verhältnis zusammengesetzt werden dürfen. Wie und unter welchen Gesichtspunkten letzteres zu ermitteln ist, soll nachstehend in kurzen Worten erörtert werden.

*) H. Klose, Die Portland-Cementfabrikation.

Zur Zeit, da die Portland-Cementfabrikation noch in den Kinderschuhen steckte, wurde das Mischungsverhältnis durch Ausprobieren ermittelt; man veränderte dasselbe so oft und so lange, bis man eine Mischung gefunden hatte, die ein in jeder Beziehung einwandfreies Produkt ergab. Dieses Verfahren war umständlich, aber es führte doch zum Ziele und die Portland-Cemente der 50er und 60er Jahre vor. Jahrhunderts waren den damaligen Ansprüchen vollauf gewachsen. Es ist das Verdienst von Dr. W. Michaëlis sen., für diesen grundlegenden Teil der Fabrikation eine weitere, wissenschaftliche Basis gefunden zu haben durch Einführung des Begriffes vom hydraulischen Modul. Dr. Michaëlis untersuchte die seinerzeit anerkannt besten Cementmarken und fand, dass zwischen der Menge des Kalkes und der Alkalien einerseits und der Menge der „Silikate“ andererseits (wozu hier ausser der Kieselsäure noch die Tonerde und das Eisenoxyd zu zählen sind) ein Verhältnis besteht, das nur in ganz engen Grenzen variieren darf, wenn das Produkt frei von lästigen oder gefährlichen Eigenschaften sein soll. Die von Dr. Michaëlis gefundene Verhältniszahl — der hydraulische Modul — muss sich in den Grenzen $1,8$ bis $2,2$ halten, es muss also

$$x = \frac{\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2} = 1,8 - 2,2 \text{ sein.}$$

Enthält also der Kalkstein laut Analyse $l_1\%$ Kalk + $s_1\%$ Silikate, der Ton $l_2\%$ Kalk + $s_2\%$ Silikate, dann ist

$$\text{das Mischungsverhältnis} = \frac{x s_2 - l_2}{l_1 - x s_1} = \frac{\text{Kalkstein}}{\text{Ton}}.$$

Beispiel: Kalkstein enthält <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="padding-right: 5px;">SiO₂ = 2,5</td><td rowspan="6" style="font-size: 3em; padding: 0 10px;">}</td><td rowspan="6" style="vertical-align: middle;">5</td></tr> <tr><td>Al₂O₃ = 1,4</td></tr> <tr><td>Fe₂O₃ = 1,1</td></tr> <tr><td>MgO = 0,2</td></tr> <tr><td>CaO = 53,0</td></tr> <tr><td>CO₂ = 41,8</td></tr> </table>	SiO ₂ = 2,5	}	5	Al ₂ O ₃ = 1,4	Fe ₂ O ₃ = 1,1	MgO = 0,2	CaO = 53,0	CO ₂ = 41,8	Ton enthält <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="padding-right: 5px;">SiO₂ = 55,7</td><td rowspan="8" style="font-size: 3em; padding: 0 10px;">}</td><td rowspan="8" style="vertical-align: middle;">81,2</td></tr> <tr><td>Al₂O₃ = 17,2</td></tr> <tr><td>Fe₂O₃ = 8,3</td></tr> <tr><td>CaO = 1,4</td></tr> <tr><td>MgO = 2,4</td></tr> <tr><td>SO₃ = 1,6</td></tr> <tr><td>Alkalien = 3,3</td></tr> <tr><td>Verlust = 10,1</td></tr> </table>	SiO ₂ = 55,7	}	81,2	Al ₂ O ₃ = 17,2	Fe ₂ O ₃ = 8,3	CaO = 1,4	MgO = 2,4	SO ₃ = 1,6	Alkalien = 3,3	Verlust = 10,1
SiO ₂ = 2,5	}			5															
Al ₂ O ₃ = 1,4																			
Fe ₂ O ₃ = 1,1																			
MgO = 0,2																			
CaO = 53,0																			
CO ₂ = 41,8																			
SiO ₂ = 55,7	}	81,2																	
Al ₂ O ₃ = 17,2																			
Fe ₂ O ₃ = 8,3																			
CaO = 1,4																			
MgO = 2,4																			
SO ₃ = 1,6																			
Alkalien = 3,3																			
Verlust = 10,1																			

Dann ist $l_1 = 53,0$ $l_2 = 1,4$; x (angenommen) = 2
 $s_1 = 5,0$ $s_2 = 81,2$

$$\frac{\text{Kalkstein}}{\text{Ton}} = \frac{(2 \times 81,2) - 1,4}{53 - (2 \times 5)} = \frac{161}{43} = 3,8 = \text{Mischungsverhältnis,}$$

d. h. um dem hydraulischen Modul = 2 zu entsprechen, muss in diesem Falle $3,8$ Gewichtsteilen Kalkstein 1 Gewichtsteil Ton zugesetzt werden.

§ 120.

Der Arbeitsprozess einer neu zu errichtenden Portland-Cementfabrik ist fast niemals Gegenstand freier Wahl, vielmehr meistens durch die Natur der Rohmaterialien, durch das Klima, die Bodenverhältnisse und durch die Rücksicht auf Güte und Gleichmässigkeit des Fabrikates, sowie auf gebotene Ersparnis in den Herstellungskosten so weit vorgeschrieben, dass der erfahrene Fachmann kaum im Zweifel sein kann, wie zu verfahren sein wird, um möglichst günstige Betriebsresultate zu erzielen.

Die grosse Mannigfaltigkeit in der Struktur und in der Zusammensetzung der Rohmaterialien, die Verschiedenheit des Bodens, des Klimas, der Brennstoffe u. s. w. sind der Grund, warum unter den bestehenden Portland-Cementfabriken kaum zwei einander in allen wesentlichen Teilen gleichen.

In der Hauptsache sind bei der Portland-Cementfabrikation drei Methoden zu unterscheiden für die Aufbereitung der Rohmaterialien, nämlich das Nassverfahren, das Trockenverfahren und das Halbnassverfahren. Eine vierte Methode, die jedoch nur ganz vereinzelt angetroffen wird, ist die Aufbereitung der Masse direkt aus den Rohstoffen, ohne vorherige Behandlung derselben durch Schlämmen, Trocknen und dergl. (Berggreensches Verfahren).

§ 121.

Beim Nassverfahren werden Kalk (Kreide) und Ton gemeinschaftlich unter Zusatz von Wasser zu einem mehr oder weniger dünnflüssigen Schlamm verarbeitet, der dann getrocknet bzw. verziegelt und getrocknet und sodann gebrannt wird. Die Hauptoperation ist dabei das Schlämmen. Stark mit

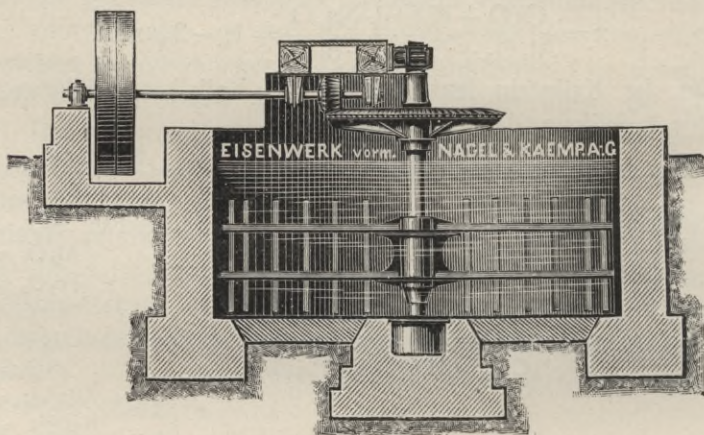


Fig. 66.

grobem Sand verunreinigte*) Rohmaterialien müssen sehr dünn, ungefähr mit 80—85% Wasser, eingeschlämmt werden, wodurch sich diese Operation gewissermassen als ein „Waschen“ darstellt, während im anderen Falle, wenn der Kalk (die Kreide) nur mit grobstückigen Flintsteinen durchsetzt, sonst aber gleich dem Ton rein ist, dick, d. h. nur mit etwa 40% Wasser eingeschlämmt werden kann.

Um weiche, leicht zerteilbare Rohstoffe, als: mürbe, lockere Kreide und ebensolchen Ton in Dünnschlamm zu verwandeln, bedient man sich des obenstehend abgebildeten Rührwerkes (Fig. 66). Dieses besteht aus einem meist in Cementbeton, seltener in Eisen hergestellten, runden Bottich von

*) Feinster Schluffsand lässt sich auch durch allerdünnstes Einschlämmen nicht entfernen, was aber auch gar nicht nötig ist, da derartig feiner Sand sich beim Brennen vollständig aufschliesst.

4 bis 5,5 m Durchmesser und 1,0 bis 2,3 m Höhe, in dessen Mittelpunkt eine kräftige senkrechte Welle mit unterem Spur- und oberem Halslager drehbar angeordnet ist. Auf dieser Welle sitzt ein System von radial angeordneten Armen, an welchen Stäbe befestigt sind, die das eingebrachte Rohmaterial unter beständigem Wasserzufluss kräftig durcheinander rühren, mit sich im Kreise herumführen und dessen Auflösung im Wasser bewirken. Der dünne Schlamm fließt kontinuierlich durch eine im oberen Teile des Bottichs angeordnete Öffnung ab, während die größeren Verunreinigungen, als: Flint-

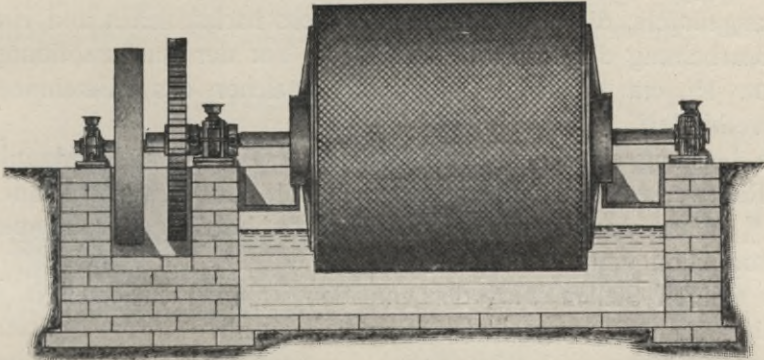


Fig. 67.

steine, Kies und dergl., am Boden des Bottichs sich absetzen und von Zeit zu Zeit entfernt werden müssen.

Der auf diese Weise gewonnene Dünnschlamm ist aber noch nicht als genügend rein zu betrachten, da die kleinen Sandkörner bei der starken Bewegung, die im Rührbottich herrscht, keine Zeit zum Absetzen finden konnten. Um ihnen diese zu geben, leitet man den Schlamm durch labyrinthartig angeordnete Rinnen und bringt ausserdem in der Rinnenleitung noch eine Anzahl kleiner, niedriger Überfälle an, die beide demselben Zwecke (Zurückhalten des Sandes) dienen und natürlich zeitweilig gereinigt werden müssen. Eine Vorrichtung, die die vorstehend beschriebenen Vorkehrungen in den meisten Fällen entbehrlich macht, ist das obenstehend (Fig. 67) abgebildete Trommelsieb (Nasssieb) des Eisenwerkes (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. in Hamburg. Dieses Sieb besteht aus einer Trommel, deren Umfang mit feinem Drahtgewebe bespannt ist, deren Seitenwände aber bis auf zwei Auslauföffnungen geschlossen sind. Die um ihre Achse sich langsam drehende Trommel taucht bis auf eine gewisse Tiefe in die zu siebende Flüssigkeit, füllt sich innerlich mit derselben, soweit diese das die Trommelumhüllung bildende Drahtgewebe

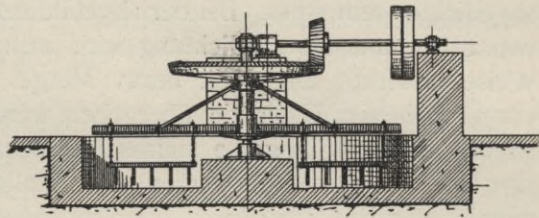


Fig. 68.

passiert hat, und führt die gesiebte Flüssigkeit durch die seitlichen Auslauföffnungen ab, während der Sand in dem Bottich oder Kasten, in dem dieses Trommelsieb angeordnet ist, langsam zu Boden sinkt und zeitweilig durch Öffnen eines Schiebers entfernt werden muss.

Ein Rührwerk, welches speziell für das Dickeinschlämmen konstruiert ist, ist in umstehender Fig. 68 veranschaulicht. Der Durchmesser beträgt 4 m bei 1 m Tiefe, die Mitnehmerarme liegen über dem Rührbottich und die Rührstäbe und Harken sind an ersteren mittelst Ketten aufgehängt. Zur Vergrößerung der Wirkung sind ausserdem an den Rührstäben noch schwere Ketten angebracht, die am Boden des Bottichs nachschleifen und eine intensivere Bearbeitung der Rohstoffe bewirken. Vor der Ausflussöffnung ist ein Rost von $1\frac{1}{2}$ cm Spaltweite angeordnet, welcher das Mitnehmen grober Stücke verhindert.

Die Leistung eines derartigen, von Jos. Pallenberg in Mannheim gebauten Rührwerkes wird von anderer Seite mit 120000 kg Schlamm pro Tag mit 36 % Wasser angegeben. Drei derselben bewältigen vollkommen eine Jahresproduktion von 200000 Fass.

An einigen Stellen wird der von den Rührwerken erzeugte Schlamm noch über Mahlgänge geleitet. Diese Nassmahlgänge — ausschliesslich Gänge mit rotierenden Bodensteinen — unterscheiden sich von den weiter unten zu beschreibenden Trockenmahlgängen nur durch eine andere Gestaltung der Einzugöffnung und Schärfung. Solche Mahlgänge sind nur für Dickschlamm am Platze, bei Dünnschlamm ist ihre Wirkung nahezu gleich Null.

Will man dichtere Mergel und Steinkalke schlämmen, so reicht die Wirkung auch der schwerst gebauten Rührwerke für diesen Zweck nicht mehr aus. Man bedient sich in diesem Falle eines Nasskollerganges, wie solcher durch Fig. 69 veranschaulicht wird. Die Läufer haben (mindestens) 1,5 m Durchmesser bei 0,4 m Breite, ihre Bandagen sind, ebenso wie die Mahlbahn, aus Coquillen-Hartguss angefertigt und leicht auswechselbar. Besondere Sorgfalt ist auf die Konstruktion des Spurzapfens verwendet, welcher bequem zu schmieren und sicher gegen Eindringen von Schlamm, Sand und dergl. abgedichtet sein muss. Bei der abgebildeten Bauart geschieht die Schmierung von oben und die Abdichtung wird mittelst Quecksilber in zuverlässigster Weise bewirkt. Der Kalk bzw. Mergel muss diesem Kollergang in gut vorgebrochenem Zustande übergeben werden, während ein Vorbrechen der Kreide für die Rührwerke meistens entbehrlich ist.

Der von den Rührwerken oder Kollergängen erzeugte Schlamm wird mittelst Pumpen, Elevatoren oder sonstigen Hebewerken hoch gebracht und fliesst den Schlammgruben zu, in welchen er sich absetzen und allmählich zu einem steifen Brei eindicken soll. Diese Gruben sind entweder im Erdboden ausgehoben oder übererdig ausgeführt; erstere Form bildet wol die Regel. Der Boden der Gruben wird mit einer Rollschicht belegt und auch die Seitenwände werden ausgemauert. Ist der Boden, den man zur Verfügung hat, gut wasserdurchlässig, so kann man den Steinbelag sparen. Ein grosser Teil des Wassers kann schon nach ein- bis zweitägigem

Stehen des Schlammes abgezogen werden, zu welchem Behufe in einer der Seitenwände ein drehbares Abflussrohr angebracht ist, das je nach dem Wasserstand der Grube eingestellt wird. Die weitere Befreiung des Schlammes vom Wasser geht dann allerdings bedeutend langsamer vor sich und erfordert Wochen und Monate, je nach der Steifigkeit, bis zu welcher man den Schlamm sich eindicken lassen will. — Die Gruben werden gewöhnlich in einer Länge von 50 bis 70 m, bei einer Breite von 12 bis 25 und einer Tiefe von 1 bis 1,8 m ausgeführt. Für eine Cementfabrik mit grösserer Jahresproduktion sind schon eine ganze Anzahl solcher Gruben erforderlich; eine bestimmte Zahl der Quadratmeter lässt sich jedoch schwer angeben, weil Klima, örtliche und sonstige Verhältnisse in erster Linie dabei mass-

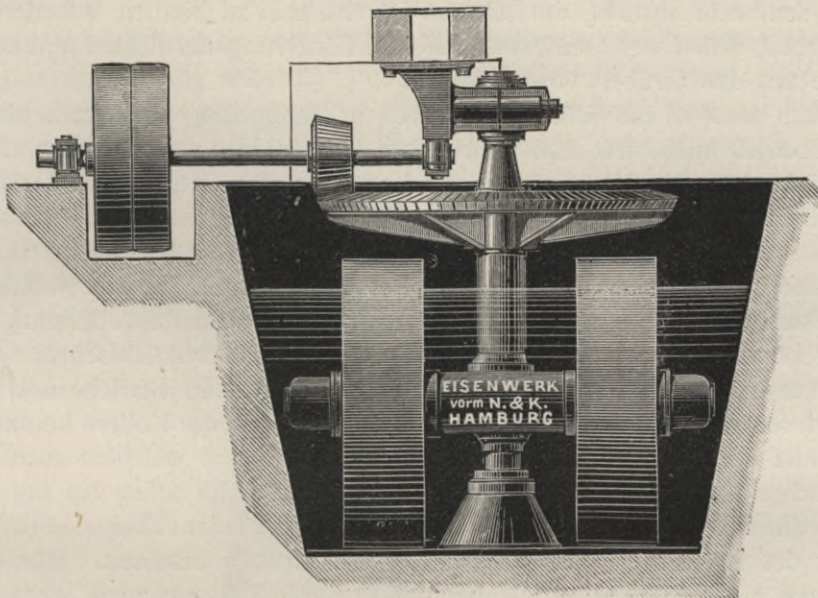


Fig. 69.

gebend sind. Im Mittel kann man aber 5 bis 8 Fass auf den Quadratmeter Grubenfläche rechnen und im übrigen den Grundsatz: je mehr, desto besser — als geltend annehmen.

Um an Schlammgruben zu sparen, eventuell solche ganz entbehrlich zu machen, hat man stellenweise die Einrichtung getroffen, den Schlamm zu filtrieren. Zu diesem Behufe wird der Dünnschlamm, welchen die Rührwerke an ein kleines Bassin abzugeben haben, von einer Pumpe mit automatischer Abstellvorrichtung (die bei Überschreitung einer bestimmten Druckhöhe in Funktion tritt) in Filterpressen gedrückt und in diesen binnen ganz kurzer Zeit ($1\frac{1}{2}$ Stunden) von dem überschüssigen Wasser befreit. Die Pressen sind die in Zuckerfabriken und ähnlichen Betrieben allgemein verwendeten und bekannten Kammerfilterpressen grösster Bauart, mit 1×1 m Seite und je 50 Kammern. Für eine Jahresproduktion von

100000 Fass sind fünf solcher Pressen erforderlich nebst einer automatischen Schlammpumpe. An Verschleiss in Filtertüchern sind 5 Pfg. und für die Bedienung sind etwa 7 Pfg. pro Fass zu rechnen. Bemerkt sei hierbei, dass nicht jeder Schlamm sich zum Filtrieren auf Pressen eignet und dass viele Tonarten die Filtertücher rasch und gründlich verschmieren, worin wohl die Erklärung dafür zu suchen ist, dass dieses sonst so einfache Verfahren so selten Anwendung gefunden hat.

Das Füllen der Schlammgruben geschieht lagenweise, d. h. nachdem die erste Füllung ihr erstes und hauptsächlichstes Quantum Wasser abgegeben hat (was, wie wir wissen, schon nach kurzer Zeit geschieht), wird die zweite Füllung darauf geschlämmt, kurz absitzen gelassen und so fort, bis die Grube, wie vorgeschrieben, voll ist. Die Entleerung derselben, wobei man die Masse senkrecht absticht, um stets im Durchschnitt zu bleiben, erfordert viel Handarbeit, selbst wenn eine mechanische Förderung der Schlammtransportgefässe aus den Gruben vorgesehen ist.

Auch sonst ist das Schlämmverfahren in Verbindung mit dem Schlammgrubenbetrieb nicht frei von Fährlichkeiten aller Art, von welchen als die hauptsächlichste die Schwierigkeit der Korrektur einer fehlerhaften Mischung der Rohmasse angesehen werden muss. Tritt ein solcher Fall ein, so muss man versuchen, durch Aufschlämmen von Kalk oder Ton die als falsch erkannte Zusammensetzung einer Grube in die Reihe zu bringen, schwierig bleibt es jedoch stets, die gewaltige Masse einer vollen Grube mit der als „Berichtigung“ hinzugekommenen Schlämme überall gleichmässig durchzumischen. Allerdings kann man sich dagegen durch grosse Sorgfalt im Betriebe und auch dadurch schützen, dass man alle von den Rührwerken oder Kollern kommende Schlämme vorerst durch ein Kontroll-Bassin schickt, in welchem man etwa notwendige Korrekturen vornehmen kann, immer bleibt selbst bei nur ganz wenig differierenden spezifischen Gewichten der beiden Komponenten die Gefahr des ungleichen Sedimentierens in den Gruben bestehen. Man sollte daher das Nassverfahren mit Grubenbetrieb nur dann anwenden, wenn Kalk und Ton vollkommen oder nahezu gleiches spezifisches Gewicht aufweisen.

Alle diese Bedenken verlieren ihre Bedeutung in den Fällen, wo die Schlämme direkt von den Rührwerken und Kollern bzw. vom Kontrollbassin weg, also unter Umgehung der Schlammgruben, weiter verarbeitet wird.

§ 122.

Das Trockenverfahren besteht darin, Kalkstein und Ton zu trocknen und hierauf entweder gemeinschaftlich oder jeden der beiden Stoffe für sich, zu einem feinen Pulver zu vermahlen, dieses Pulver: das Rohmehl, mit einem entsprechenden Quantum Wasser zu netzen und aus dieser so entstandenen feuchten Rohmasse Ziegelsteine zu formen, letztere zu trocknen und zu brennen. Bei getrennter Vermahlung hat dem Netzen noch ein möglichst intensives Mischen der beiden Rohmehle vorauszugehen.

Hat man dichten, grobstückigen Kalkstein zu verarbeiten, so ist eine künstliche Trocknung desselben in der Regel entbehrlich; man kann sich

in solchem Falle damit begnügen, das Material in gedeckten Schuppen lagern und ihm durch den Einfluss von Sonne und Wind die wenigen Prozente Feuchtigkeit, die es in frisch gebrochenem Zustande enthält, nehmen zu lassen. Vielfach jedoch wird man genötigt sein, nicht nur den Ton, sondern auch den Kalkstein einer ausgiebigen künstlichen Trocknung zu unterziehen; je schärfer und vollkommener man trocknet, desto leichter fällt dann das Mahlen. Man tut daher sehr wol daran, gerade diesem Teil der Fabrikation seine ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken; die einmalige Mehrausgabe für eine rationelle Trockenanlage wird sich durch die Ersparnisse im Rohmühlenbetriebe und durch die dort erzielte, quantitativ und qualitativ höhere Ausbeute bald bezahlt machen.

§ 123.

Früher wandte man zum Zwecke der Rohmaterialientrocknung vielfach Plandarren an, die entweder eine eigene Feuerung besaßen oder durch Abgase von den Dampfkesseln oder durch Abdampf von der Betriebsmaschine, manchmal sogar durch direkten Dampf, beheizt wurden. Diese Art der Trocknung ist wol überhaupt nicht mehr oder doch nur noch ganz vereinzelt anzutreffen, und zwar teils wegen des grossen Kohlenverbrauches, teils wegen des grossen Aufwandes an Arbeitslöhnen, den der Betrieb erfordert.

Häufiger noch sind Schachtöfen für Trockenzwecke im Gebrauch, doch eignen sich diese nur für grobstückiges Material, weil kleines Geröll,

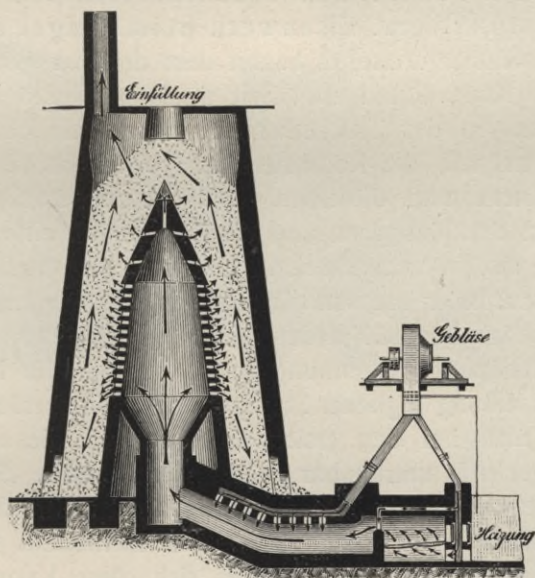


Fig. 70.

trotz der Unterstützung durch Ventilatoren, den für den Trockenbetrieb erforderlichen Zug und Luftwechsel nicht aufkommen lassen würde.

In Fig. 70 ist ein Trockenschachtofen (Trockenturm) der Firma F. L. Smidth & Co., Kopenhagen, dargestellt. Das Material wird oben auf dem Turm eingefüllt und sinkt allmählich durch Abziehen des trockenen Gutes aus den, in der äusseren Turmwandung befindlichen 10—16 Ziehlöchern nach unten. Es begegnet auf seinem Wege einem heissen Luftstrom, der mittelst eines Ventilators in den Heizraum eingedrückt wird, um teils als Verbrennungsluft eine Heizung mit Planrost zu passieren, teils durch Kanäle um die Heizung mit den abgehenden Heizgasen in passendem Verhältnis gemischt zu werden. Durch den in der Mitte des Turmes befindlichen bienenkorbähnlichen Aufbau tritt die Trockenluft zwischen das Trockengut hinein, um schliesslich durch den oben auf dem Turm angebrachten Schornstein in gesättigtem Zustande zu entweichen. Ein Festsetzen des Materials in diesem Trockenturm ist ausgeschlossen.

Eine ebenso einfache Konstruktion eines Schachttrockenofens, die sich gleichfalls sehr gut bewährt und vielfach Anwendung gefunden hat, baut die Firma Fellner & Ziegler in Frankfurt a. M.

§ 124.

Sind die vorhin beschriebenen Schachttrockner nur in ganz bestimmten Fällen mit Vorteil anwendbar, so können die modernen Trockentrommeln als wirkliche Universal-Trockenapparate angesehen werden, denn es gibt keinen Rohstoff, der sich, unter entsprechender Vor- oder Nachbehandlung, nicht in den neueren rotierenden Trockenmaschinen nach Möller & Pfeifer oder Cummer bezw. Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg in rationellster Weise, d. h. mit dem denkbar geringsten Aufwand an Brennmaterial, Kraft, Raum und Zeit trocknen liesse. Dieser ganz bedeutende Fortschritt in der Trockentechnik wurde erreicht: erstens durch den einfachen Kunstgriff, die Rohmaterialien vorher bis zu einem gewissen Grade zu zerkleinern und dieselben dann erst zu trocknen, wo sie bei gleichem Volumen den Heizgasen und der Trockenluft eine vielfach grössere Fläche darbieten als im unzerkleinerten Zustande, zweitens durch die Anwendung kohlensparender mechanischer Heizapparate und rauchverzehrender Feuerungen sowie schliesslich dadurch, dass man durch kräftig wirkende Exhaustoren für lebhaftere Verbrennung sowol als auch für beständigen Luftwechsel und Vermeidung jeglicher Stagnation der Trockenluft sorgen lernte. Allerdings hatte man bei den ersten Ausführungen die mit eben diesem intensiven Luftwechsel untrennbar verbundene starke Staubentwicklung unterschätzt, zu der der Umstand, dass man es nicht mehr mit grobstückigem, sondern mit vielfach schon recht weit vorzerkleinertem Material zu tun hatte, nicht wenig beitrug. Doch erwies sich diese Kalamität schliesslich als durchaus nicht unüberwindlich, so dass die modernen Trockenmaschinen auch in diesem Punkte den höchstgespannten Anforderungen zu entsprechen vermögen. Wir kommen auf diesen Punkt in einem späteren Kapitel („Entstäubungsanlagen“) noch ausführlich zurück.

In Fig. 71 ist eine Trockenmaschine nach Cummers Patent dargestellt, wie sie vom Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg gebaut

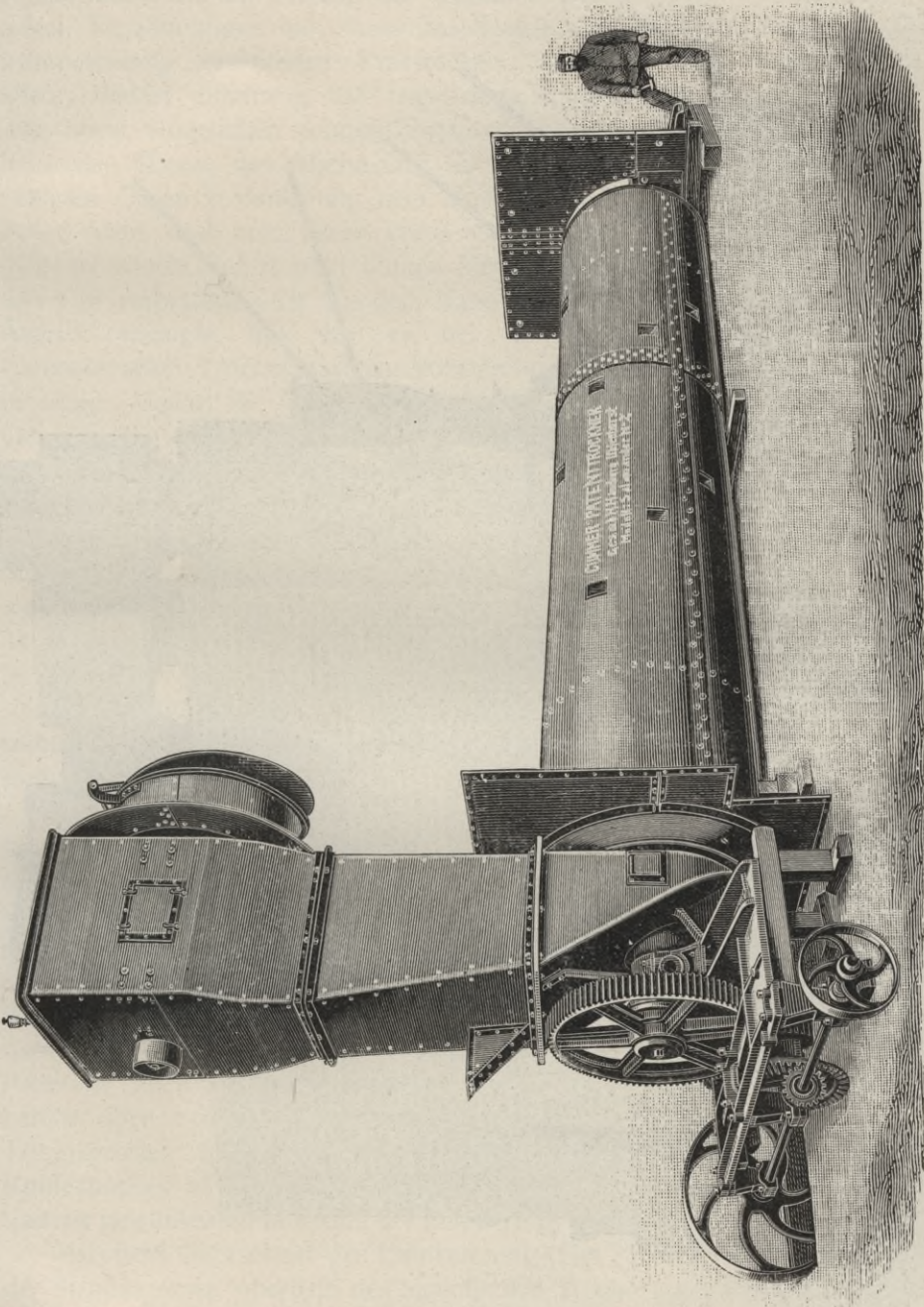
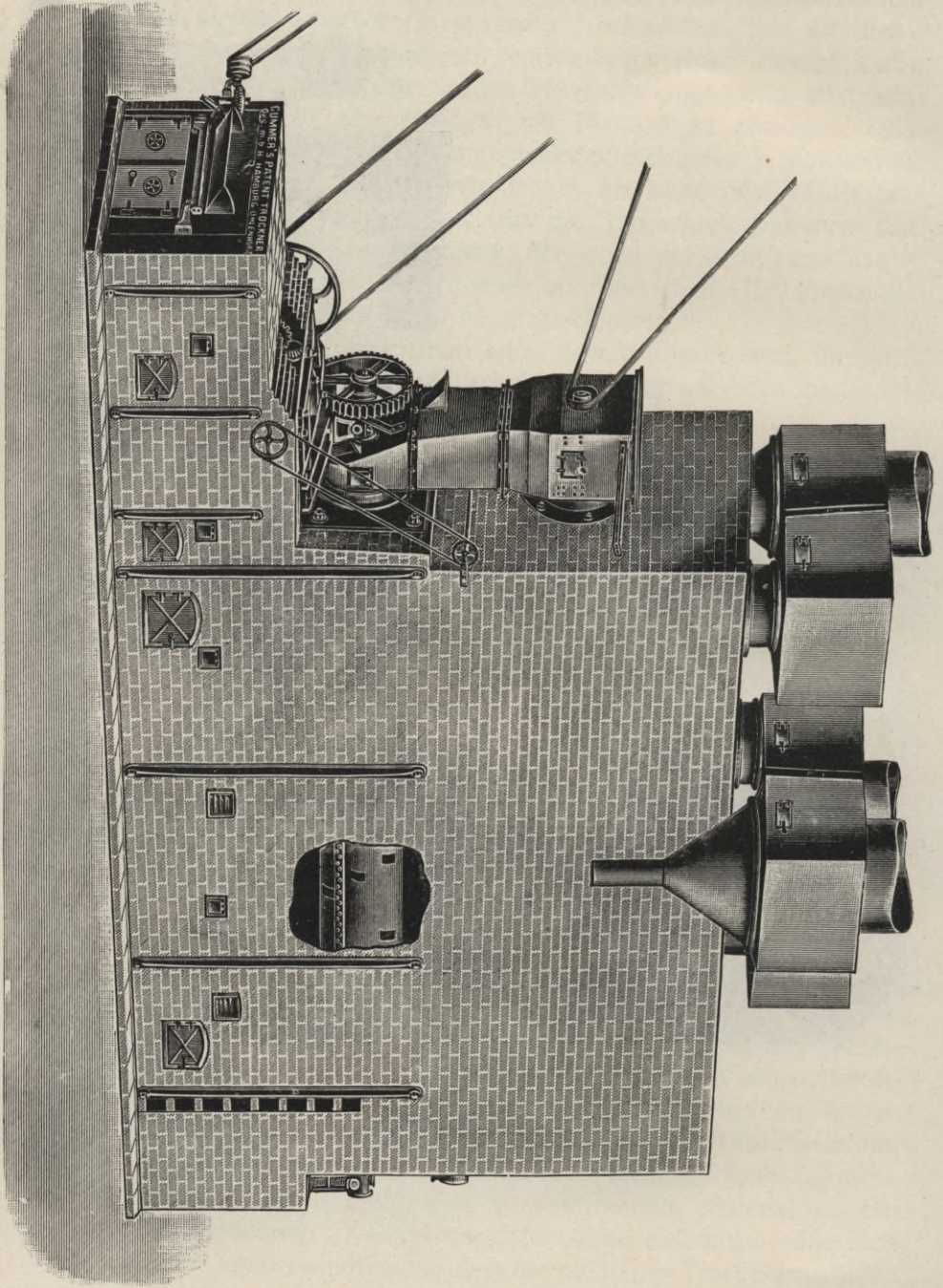


Fig. 71.

wird. Man bemerkt einen langen Stahlcylinder mit vorderer und hinterer Stirnplatte und breitem Einschüttrumpf mit Trichter, in welchem letzteren das Trockengut mittelst Elevator, Band, Schnecke oder sonstiger Transport-

vorrichtung eingebracht wird. Auf dem erhöhten Einlauf sitzt der Exhaustor mit Riemenscheibe und Gehäuse; letzteres schliesst mit einem runden Stutzen

Fig. 72.



an die Staubkammer an, wie aus der Einmauerungszeichnung und deren Querschnitt ersichtlich. Die Trockentrommel läuft mit ihren hohlen guss-

eisernen Zapfen in Rollenlagern und wird von einer Riemenscheibe mittelst doppelter Räderübersetzung angetrieben. Besonders wichtig sind bei dieser Konstruktion die am Umfang der Trommel nach gewissen Grundsätzen verteilten Heizöffnungen mit ihren ins Innere der Trommel hineinragenden, trompetenartig erweiterten Kniestücken. Während bei Trockentrommeln älterer Bauart durchweg das sogenannte „Gegenstromprinzip“ eingehalten war, bezw. eingehalten werden musste, wonach das trockenste Gut mit den heissesten Gasen, das frische Gut mit bereits abgekühlten und nahezu gesättigten Gasen in Berührung kam, was zur Folge hatte, dass man, wenn etwas stärker gefeuert wurde, sofort oder binnen kurzem den Ton verbrannte oder aus dem Kalkstein Ätzkalk erzeugte, hat man es bei der Cummerschen Trockenmaschine vollständig in seiner Macht, die feuchtesten Teile des Gutes der Einwirkung der heissesten Trockenluft auszusetzen, ohne Gefahr zu laufen, dasselbe zu verbrennen oder zu kalcinieren. Dass dadurch eine viel rationellere Ausnutzung der Wärme stattfindet, ist ohne weiteres einleuchtend, auch dass der ganze Trockenvorgang sich viel rascher abspielt, ist klar. Unterstützt wird die Wirkung dieser sinnreichen Anordnung noch durch die demselben Zweck dienende, eigenartige Gestaltung des Feuergewölbes.

Wie ferner aus der Einmauerungszeichnung, Fig. 72, ersichtlich, ist auf der Antriebsseite die Feuerung angeordnet, welche in Verbindung mit dem mechanisch bewegten, gleichfalls von der Transmissionswelle angetriebenen Treppenrost infolge ihrer zweckmässigen Bauart eine vollkommene Verbrennung des Heizmittels bewirkt; dass die Feuerung auch rauchverzehrend ist, wurde bereits oben bemerkt. Die Bewegung des Treppenrostes bezw. der Vorschub des

Kohlentisches ist regulierbar und kann ganz der Natur des Brennmaterials und der gewünschten Intensität der Befuerung entsprechend eingestellt werden.

Aus dem Querschnitt der Einmauerung (Fig. 73) ist ferner die Anordnung der Staubkammer, oberhalb des eigentlichen Trockenapparates ersichtlich; die Kammer ist nach unten durch zwei steile Schrägwände abgeschlossen und in der so gebildeten Rinne bewegt sich eine Schnecke, die den gesammelten Staub nach der Auslaufseite hinschneckt, wo derselbe mit dem getrockneten Gut zusammen fortgeschafft wird.

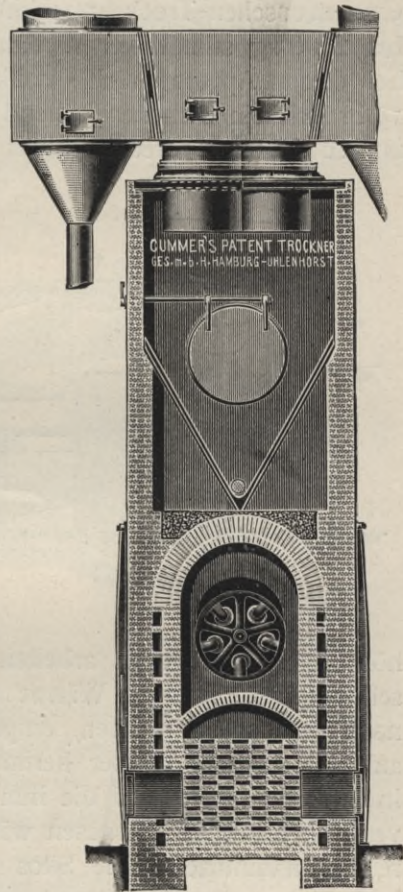


Fig. 73.

Zur Ableitung der Schwaden dienen die auf der Staubkammerdecke sitzenden, eigenartig geformten Dunstschlote.

Die Cummersche Trockenmaschine ist in über hundert Ausführungen in der Cementindustrie in Anwendung. Eine der grössten Anlagen dieser Art ist auf beigehefteter Tafel dargestellt. Sie besteht aus sechs Trockenmaschinen, Modell „Salamander“, Grösse No. 0, mit einer Gesamtleistung von zwei Millionen Kilogramm in der Doppelschicht und ist ausgeführt für die Hannoversche Portland-Cementfabrik-A.-G. in Misburg bei Hannover. — Das Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg baut die Cummerschen Trockenmaschinen in sechs verschiedenen Grössen, von 250 bis 2500 kg stündlicher Verdampfungsfähigkeit. Da die Wärmeausnutzung bei diesen Apparaten eine vollkommene ist, so ist auch der Brennmaterialverbrauch ein dementsprechend niedriger. Die Verdampfungsziffer stellt sich um so höher, je feuchter das zu trocknende Gut ist, da man dann mit

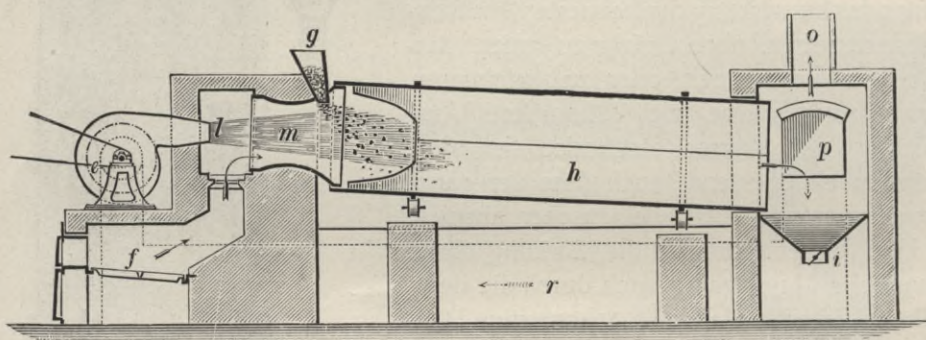


Fig. 74.

höheren Temperaturen arbeiten kann und für die Erwärmung des Gutes selbst relativ weniger Wärme aufzuwenden braucht. Um letztere Wärme noch nutzbar zu machen, empfiehlt es sich, das Gut nicht vollständig bis auf Null Prozent Wasser herunterzutrocknen, sondern das noch heisse Gut in Silos zu lagern und die ihm innewohnende Wärme, die anderenfalls als verloren anzusehen gewesen wäre, zur Nachverdampfung des Feuchtigkeitsrestes auszunutzen. Die Silos sind selbstverständlich feuersicher, in Stein und Eisen auszuführen und mit Luftzirkulationskanälen und Dunstabzugschloten zu versehen. Die Anordnung von Silos hinter dem Trockenapparat bietet ausserdem noch den Vorteil, Kalkstein und Ton mit derselben Trommel abwechselnd trocknen zu können.

Die Möller & Pfeiferschen Trockentrommeln arbeiten im Gleichstrom, es werden also die nassen Produkte an der Stelle der Trommel zugeführt, an welcher die heissesten Gase von der Feuerung kommend in das Trommelinnere gelangen. Ein Anbacken selbst sehr schmierender Materialien an den einzelnen Teilen der Trommel und aneinander ist danach vollständig ausgeschlossen. Es werden in der Trommel Stoffe bis zu 60%

Feuchtigkeitsgehalt (Cementschlamm) getrocknet ohne irgend welche vorherige Mischung mit Trockengut.

Der Gleichstrom ermöglicht ferner eine sehr geringe Endtemperatur der getrockneten Massen, die unmittelbar nach Ausfall aus der Trommel oder in gewissen Fällen nach Passieren eines Silos direkt den Mahlapparaten aufgegeben werden können.

Die Möller & Pfeifersche Trommel, welche in Fig. 74 im Schema dargestellt ist, ist im Innern ausgerüstet mit einer grossen Zahl parallel zur Trommelachse laufender Zellen. Das einfallende Trockengut verteilt sich mithin infolge besonders konstruierter einfacher Füllvorrichtungen auf dem gesamten Trommelquerschnitt gleichmässig, und zwar in verhältnismässig dünnen Schichten. Die obersten Teile der Trommel, durch welche die heissesten Gase streichen, sind also ebenso mit Trockengut belegt, wie die übrigen. Die gleichmässige Verteilung des Materials auf den Querschnitt

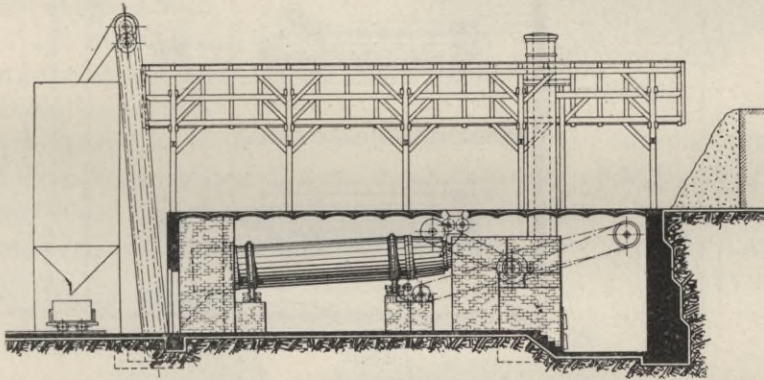


Fig. 75.

ermöglicht auch ein nahezu vollkommenes Ausbalancieren der Trommel und dementsprechend leichten Betrieb. Die Luftbewegung ist gering, die Drehgeschwindigkeit eine äusserst minimale (eine bis vier Umdrehungen pro Minute) und dementsprechend die Staubbildung selbst bei leichten Materialien unbedeutend.

Die Trockenluft, welche in der Trommel ausgenutzt ist, streicht nicht unmittelbar ins Freie, sondern wird, um möglichst vollkommen die Wärme zu gewinnen, zum Trommeleingang zurückgeführt und hier mit Hilfe einer Ejektorfeuerung mit den auf dem Rost erzeugten frischen Feuergasen gemischt. Es wird also einmal auch der Verlust der in der Trockenluft noch enthaltenen Wärme vermieden und in zweiter Linie eine vollkommene Verbrennung erzielt, da die durch den Rost streichende Luftmenge der Verbrennung entsprechend bemessen werden kann.

Nur die Luft, die unbedingt notwendig ist, im nahezu gesättigten Zustande die Schwaden aus der Trommel ins Freie zu befördern, wird durch eine besondere Abzugsöffnung, die durch eine Drosselklappe reguliert werden

kann, ins Freie geleitet und eine entsprechende Luftmenge tritt, durch den Rost und die brennende Kohlschicht erwärmt, in den Apparat ein.

Sämtliche bewegten Teile der Trommel liegen frei und können während des Betriebes jederzeit kontrolliert werden. Der Rücklaufkanal für die warme Luft zum Eingang der Trommel wird als Staubkammer ausgebildet, so dass besondere Einrichtungen für die Beseitigung des Staubes in den meisten Fällen unnötig sind. Die Bedienung der Trommel beschränkt sich auf die Beschickung des Rostes, die vielfach ebenfalls automatisch eingerichtet wird.

Die Möller & Pfeiferschen Trommeln werden für die Cementindustrie in vier verschiedenen Grössen für die allerverschiedensten Materialien gebaut mit einer stündlichen Leistungsfähigkeit von etwa 3000 bis 10000 kg Trocken- gut an Kalkstein oder 1200 bis 4500 kg Trockengut an Ton, bei 14 bis 30%

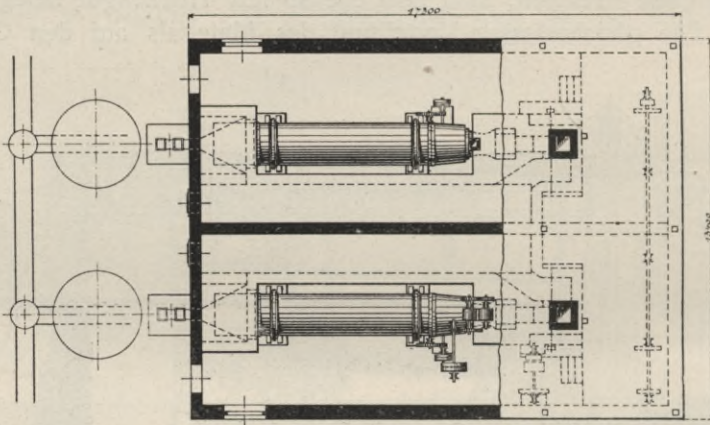


Fig. 76.

Feuchtigkeit. Sie haben sich, infolge ihrer Vorzüge, rasch Eingang verschafft und ausgedehnteste Verbreitung — in bisher weit über Hundert Ausführungen — gefunden.

Eine ausgeführte Trockenanlage nach diesem System für 3000 kg Mergel und 3000 kg Septarienton pro Stunde, zeigen die Fig. 75 und 76.

§ 125.

Wie bereits weiter oben bemerkt wurde, ist eine den Anforderungen eines rationellen Rohmühlenbetriebes voll entsprechende Trocknerei in den allermeisten Fällen nur dann durchzuführen, wenn die Rohmaterialien den Trockenapparaten in sehr gut vorzerkleinertem Zustande aufgegeben werden. Wie weit die Vorzerkleinerung zu gehen hat, muss in jedem einzelnen Falle erwogen werden, weshalb wir uns an dieser Stelle darauf beschränken, die maschinellen Hilfsmittel, die für diesen Zweck hauptsächlich in Frage kommen, zu beschreiben und im Bilde darzustellen.

Unter diesen Hilfsmitteln nimmt der Steinbrecher, Fig. 77, auch Maulbrecher, Backenquetsche oder Kauwerk genannt, die erste Stelle ein. Er besteht in der Hauptsache aus zwei in bestem Coquillen-Hartguss her-

gestellten Kaubacken, von denen die eine fest, die andere beweglich ist und mit der ersteren einen nach unten spitzen Winkel bildet. Die Bewegungsübertragung von einer mittelst Riemenscheibe in schneller Umdrehung erhaltenen Welle aus erfolgt mittelst Excenter und Kniehebel, und zwar besteht diese Bewegung in einem beständigen Nähern und Entfernen des unteren Teiles der beweglichen Backe gegen die feste, so dass eine Art „Kauen“ entsteht, das eine fortschreitende Zertrümmerung des in das „Maul“ des Brechers eingebrachten Materials zur Folge hat. Die Spaltweite, welche die beiden Brechbacken zwischen sich lassen, ist bestimmend für den Grad der Vorzerkleinerung, die man mit dem Brecher erzielen will, sie ist daher bei allen Maschinen dieser Art mittelst einer einfachen Keilanordnung in gewissen Grenzen verstellbar. Die Stundenleistung beträgt je nach Härte und Zähigkeit des Gutes und

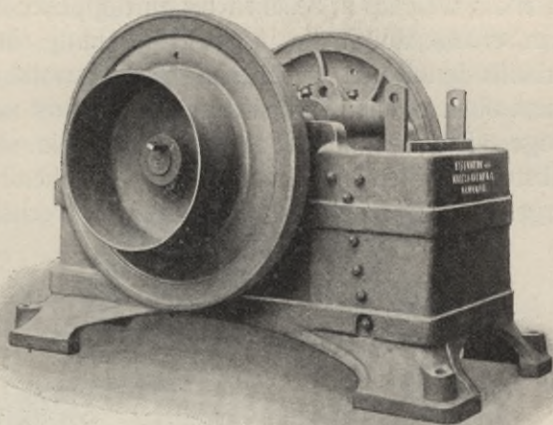


Fig. 77.

Die Stundenleistung beträgt je nach Härte und Zähigkeit des Gutes und

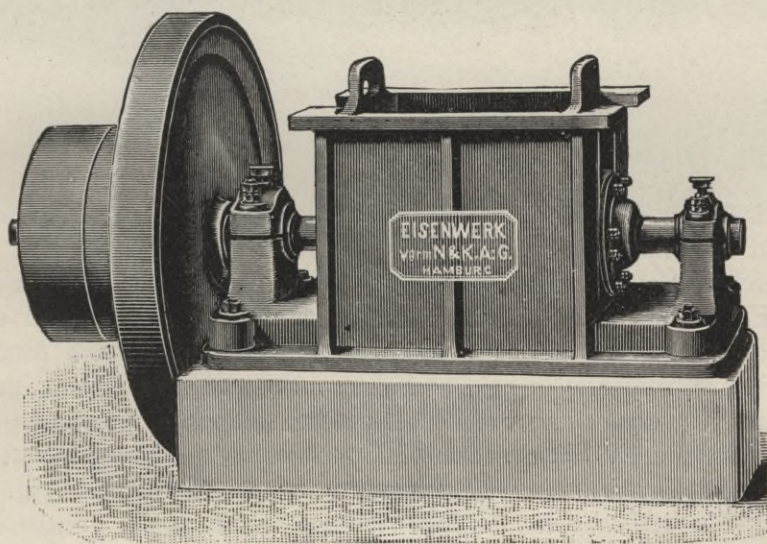


Fig. 78.

Grösse des Brechers etwa 4000 bis 12000 Kilo, der Kraftverbrauch etwa 6 bis 12 PS.

Während der vorstehend beschriebene Steinbrecher sich für das Vorbrechen auch der allerhärtesten Rohmaterialien, die für die Portland-Cement-

fabrikation in Frage kommen, eignet, ist die in Fig. 78 dargestellte Brechschnecke nur für weichere und mürbe Gesteinsarten mit Vorteil zu verwenden. Die Konstruktion derselben ist sehr einfach. Die Zerkleinerung des Materials, welches in Stücken bis zu doppelter Faustgrösse aufgegeben werden kann, erfolgt durch die rasche Umdrehung einer mit tiefen, schraubenförmig verlaufenden Rillen versehenen Hartgusswalze — der „Brechschnecke“ — in einem oben offenen, unten durch einen Rost aus Stahlstäben abgeschlossenen Troge. Die sämtlichen abnutzenden Teile sind leicht auswechselbar und selbstverständlich nur aus zweckentsprechend widerstandsfähigem Material hergestellt. Die Leistungsfähigkeit der Brechschnecke wird je nach Grösse

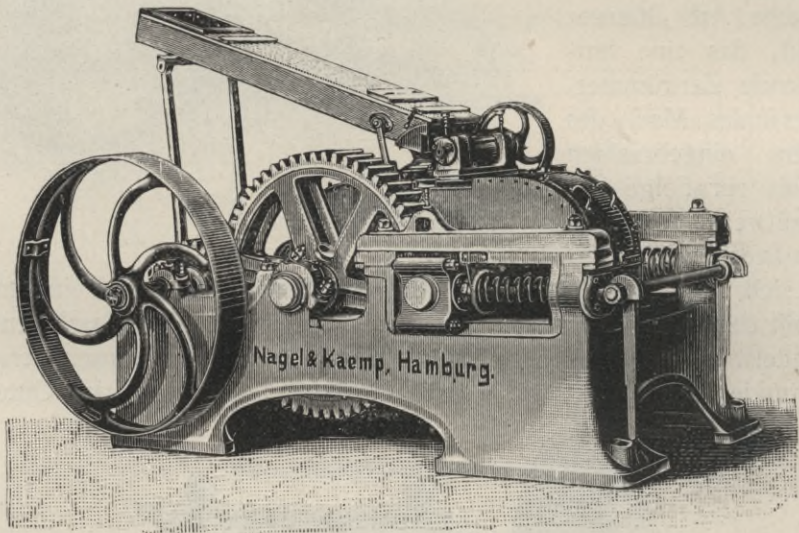


Fig. 79.

des Modells von 2000 bis 7500 kg pro Stunde angegeben; der Kraftverbrauch schwankt zwischen $1\frac{1}{2}$ bis 12 PS.

Weichere Kalksteinarten haben im grubenfeuchten Zustande die unangenehme Eigenschaft, den Spalt des Steinbrechers, Rostöffnungen und Trog der Brechschnecke zuzusetzen, zu verschmieren, wodurch sich die Anwendung dieser Vorbrechapparate in solchen Fällen verbietet. Man bedient sich dann besser der schweren Vorbrech-Walzwerke, mit einem oder zwei Walzenpaaren übereinander. Ein einfaches Walzwerk, Konstruktion des Eisenwerkes (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg ist in beistehender Fig. 79 dargestellt. Von den beiden Coquillen-Hartgusswalzen ist die mittelst Riemen-scheibe und Zahnrädern angetriebene Walze fest, die andere, die Schleppwalze, dagegen lose gelagert. Bei sehr schmierendem Aufschüttgut werden zweckmässig beide Walzen angetrieben, wobei die Festwalze die Loswalze mittelst Zahnrädern mit besonders langen, auch bei Ausweichen der Loswalze noch im Eingriff bleibenden Zähnen antreibt. Der Andruck der Loswalze gegen die Festwalze wird durch starke Spiralfedern, die mit Sicherheit bis zu

6000 kg belastet werden können, bewerkstelligt. Die Walzen sind am Umfange entweder grob geriffelt oder glatt, vielfach nimmt man auch in einem Paare die eine Walze geriffelt, die andere glatt. Zweckmässig konstruierte Abstreichvorrichtungen verhüten das Zusetzen und Verschmieren der Walzen.

Fig. 80 zeigt ein Walzwerk mit zwei übereinander angeordneten Walzenpaaren, Bauart der Firma Fried. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau. Diese Maschine nimmt Stücke bis zu 400 mm Grösse auf und zerkleinert sie bis auf Wallnussgrösse, vermischt mit feinerem Korn. Die Lagerung der

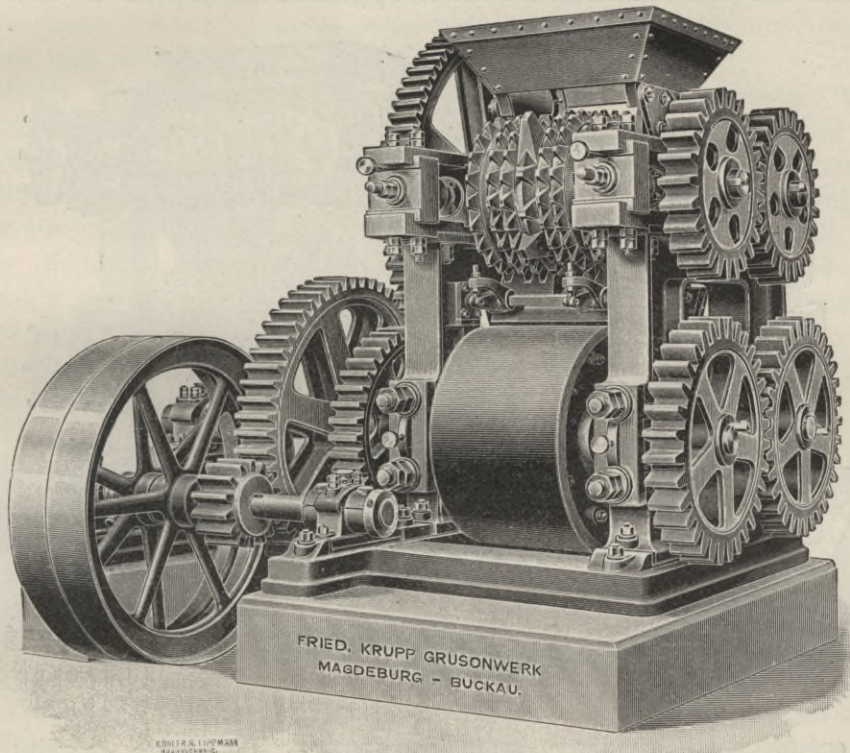


Fig. 80.

Walzen ist ähnlich wie bei dem erstbeschriebenen Walzwerk und die Anordnung des Antriebes ist aus der Abbildung ohne weiteres verständlich. Hervorzuheben ist, dass die Mäntel der oberen Walzen nicht aus einem Stücke, sondern aus aneinandergereihten Stahl- oder Hartgusscheiben bestehen, die sich gleich den Hartguss- oder Stahlbandagen des unteren glatten Walzenpaares bequem auswechseln lassen. Krupp baut dieses Doppelwalzwerk in zwei Grössen und giebt die Leistungsfähigkeit des kleineren Modells mit 12000, des grösseren mit 20000 kg stündlich an bei einem Kraftverbrauch von etwa 10 bis 20 PS.

Die vorstehend beschriebenen Walzwerke werden aber nicht nur als Vorbrechapparate für besondere Kalkstein- bzw. Mergelarten, sondern vielfach auch dazu angewandt, das auf Steinbrecher oder Brechschnelle grob vor-

gebrochene Gut weiter zu zerkleinern und für die Feinmahlapparate vorzubereiten. Sie dienen daher nicht nur ersterem Zwecke, sondern auch dem feineren Vorschroten.

Die Vorzerkleinerung des Tones, welcher mehr oder minder plastisch, fast immer aber mit einem recht hohen Gehalt an Wasser (nicht selten bis zu 30%) zur Verarbeitung gelangt, erfordert ganz besondere, der Natur dieses Materials angepasste mechanische Hilfsmittel. Von den zahlreichen, für diesen Zweck ausgedachten Konstruktionen (Granulatoren, Desaggregatoren und dergl.) hat sich das dem letztbeschriebenen Kruppschen Doppelwalzwerk ähnliche,

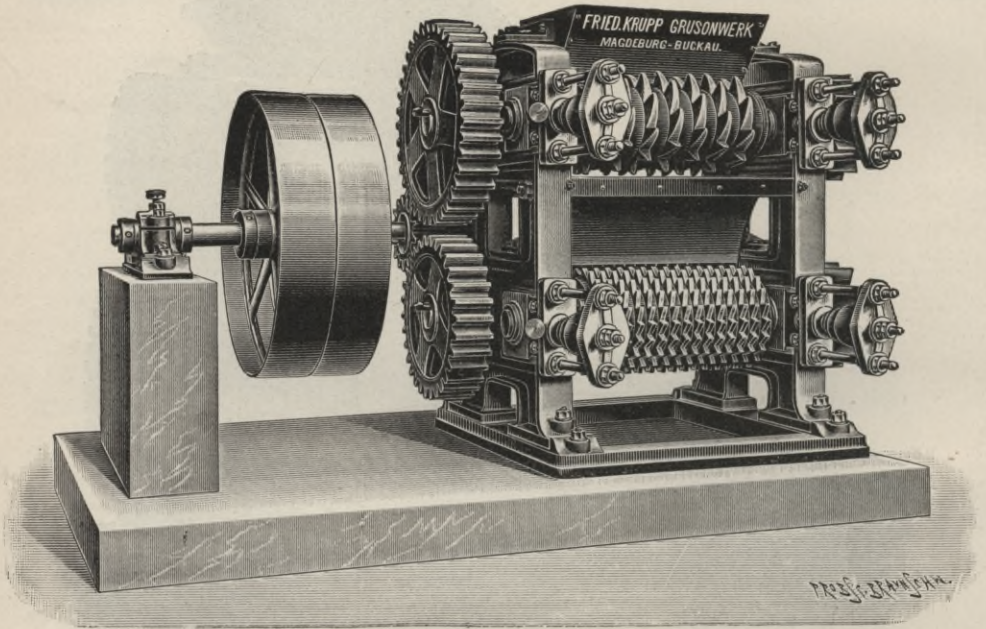


Fig. 81.

nur entsprechend leichter gebaute Tonwalzwerk am besten bewährt. Es ist in Fig. 81 dargestellt und bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung.

§ 126.

Bevor wir nun der weiteren Verarbeitung des Rohmaterials in ihren einzelnen Stadien nachgehen, erscheint es uns nützlich, einiges über die Aufbereitung der Rohmasse im allgemeinen zu sagen.

Beim Nassprozess verfährt man meist derart, dass man Kalk und Ton im grubenfeuchten Zustande portionsweise abwägt, also beispielsweise einer Karre Kalk im Nettogewichte von 200 kg, ein Quantum Ton von — sagen wir — 70 kg zusetzt und beides zusammen dem Rührwerk oder Nasskoller übergibt. Sind die Rohstoffe in bezug sowohl auf chemische Zusammensetzung als auch auf Grubenfeuchtigkeit von stets gleichmässiger Beschaffenheit, so brauchen die kontrollierenden Untersuchungen erst beim Probegassin (s. S. 134) einzusetzen, andernfalls natürlich schon vor dem

Zusammenwiegen. — Über die Schattenseiten des Nassbetriebes haben wir uns schon weiter oben ausgesprochen; als Hauptvorteil steht ihnen die damit bewirkte, äusserst weitgehende Zerkleinerung der Rohstoffe gegenüber, die in gleich hoher Masse durch Trockenvermahlung niemals auch nur angenähert erreicht wird.

Beim Halbnassprozess (und ebenso dann, wenn Kalk und Ton gesondert geschlämmt werden) sind ständige Untersuchungen der Konsistenz des nass aufbereiteten Teiles, also der Kalk- oder Tonschlämme, erforderlich. Dieses Verfahren ist leicht zu handhaben, erfordert jedoch eine grössere Zahl mechanischer Hilfsmittel nebst mehr oder weniger ausgedehnten Absitzgruben und wird daher seltener geübt.

Beim Trockenprozess endlich kann man in verschiedener Weise vorgehen. Entweder wie im Nassverfahren, indem man Kalkstein und Ton im grubenfeuchten Zustande portionsweise zusammenwiegt, sodann gemeinschaftlich vorzerkleinert, trocknet und mahlt. Diese Methode ist entschieden die einfachste und überall da am Platze, wo Kalk und Ton nach sehr hoher Verhältniszahl zu mischen sind. Im gegenteiligen Falle tritt das Bedenken auf, dass die gemeinschaftliche Trocknung dieser beiden im Wassergehalt und Verhalten beim Trocknen meist sehr verschiedenartigen Stoffe schwankende Trockenresultate zeitigen und damit die Genauigkeit der Rohmischung beeinträchtigen könnte.

Oder man bricht den grubenfeuchten Ton und den Kalkstein für sich vor, trocknet jeden für sich (bezw. in kleineren Betrieben abwechselnd in einer Trockenmaschine), lagert sie in Silos ab, wiegt darauf die knochentrockenen, gut vorzerkleinerten Materialien zusammen und mischt sie, um darauffolgend das Rohgemenge gemeinschaftlich zu vermahlen. Diese Methode ist etwas umständlicher als die erste, aber sie hat den Vorteil, dass sie bei einiger Aufmerksamkeit immer absolut richtige Mischungen ergeben muss.

Endlich kann man noch in der Weise arbeiten, dass man nicht nur das Vorbrechen und Vortrocknen von Kalkstein und Ton, sondern auch das Feinmahlen derselben getrennt durchführt und die fertigen Rohmehle zusammenwiegt und mischt. Dieses an sich vollkommen einwandfreie Verfahren hat nur den Nachteil grösserer Anlagekosten, bedingt durch die Notwendigkeit ganz getrennter, kompletter Vermahlungssysteme.

Nach dieser kurzen allgemeinen Betrachtung kehren wir zur Beschreibung der Arbeitsvorgänge und ihrer maschinellen Hilfsmittel zurück.

§ 127.

Die Silos für getrocknetes und vorzerkleinertes Rohmaterial bemisst man so, dass sie die Produktion mindestens eines halben Tages zu fassen vermögen, wodurch man von etwaigen kleineren Störungen in der Trocknerei und Vorbrecherei unabhängig wird. Die Auslaufrohre versieht man zweckmässig mit Kippschuhverschluss, der sich für grobstückiges Material besser eignet als Schieber und Klappen; die Ausläufe sind so hoch anzuordnen, dass man mit den Messgefässen bequem darunter fahren kann, also etwa

zwei Meter über Schienenoberkante. Die entsprechend dimensionierten Abteilungen der fahrbaren Messgefäße werden nacheinander mit Kalkstein und Ton gefüllt und jede Füllung auf einer Rollbahnwage abgewogen.

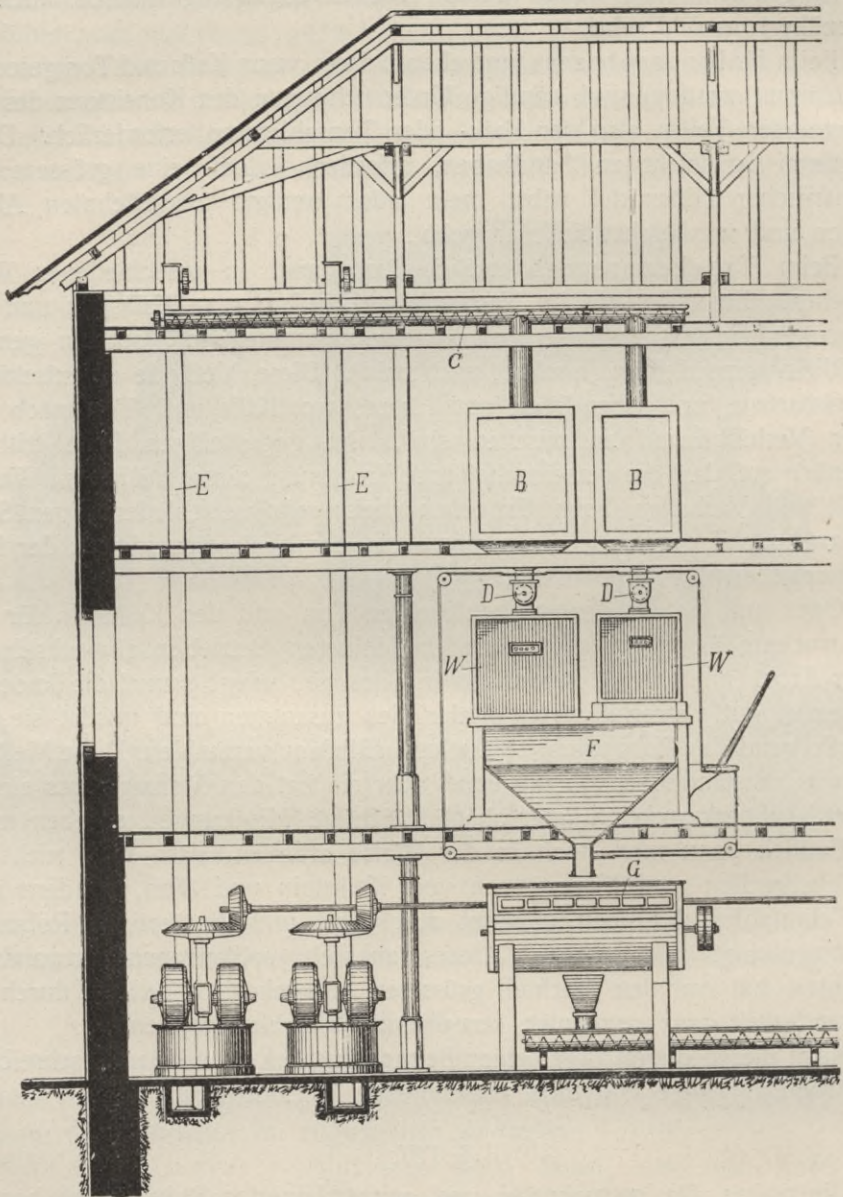


Fig. 82.

Vielfach erlaubt es die Gleichartigkeit des Kalkmaterials, dieses einfach zuzumessen und nur den Ton zuzuwiegen, was die Manipulation natürlich sehr vereinfacht.

Eine andere Methode der Materialentnahme aus den Silos, die zuerst von F. L. Smidth & Co. in Kopenhagen und seitdem mehrfach mit gutem

Erfolge ausgeführt worden ist, besteht darin, dass man den getrockneten und vorzerkleinerten Kalkstein mittelst einer Schnecke oder einer sonstigen geeigneten Transportvorrichtung einer automatischen Wage zuführt, desgleichen den Ton einer zweiten automatischen Wage. Diese beiden Wagen sind derart miteinander verkuppelt, dass eine ohne die andere nicht ausschütten kann, vielmehr beide Wagen stets gleichzeitig entleeren müssen. Sollen z. B. Kalkstein und Ton im Verhältnis 5:2 gemischt werden, so werden zwei Wagen angewendet, von denen die eine jedesmal 50 kg Kalkstein, die andere jedesmal 20 kg Ton ausschüttet. Es ist klar, dass bei richtigem Funktionieren der Wagen eine ganz genaue Mischung erzielt werden muss.

Beistehende Abbildung, Fig. 82, zeigt die Anordnung zweier gekuppelter automatischer Wagen der Firma Reuther & Reisert in Hennef (Sieg). *BB* sind die Sammelkasten für Kalkstein und Ton, *DD* die Zuführungsschnecken zu den Wagen *WW*, welche gemeinschaftlich in den Behälter *F*, bzw. in den darunter liegenden Mischapparat *G* entleeren. Wegen der nicht zu vermeidenden Ungleichmässigkeit in der Zuführung der Materialien zu den Wagen sind Überläufe (in der Zeichnung fortgelassen) angeordnet, die das überschüssende Gut zu den Elevatoren *EE* zurückführen.

§ 128.

Dem Abwiegen hat nunmehr das Durchmischen des vorgebrochenen und getrockneten Gutes zu folgen. Unter den mancherlei Konstruktionen,

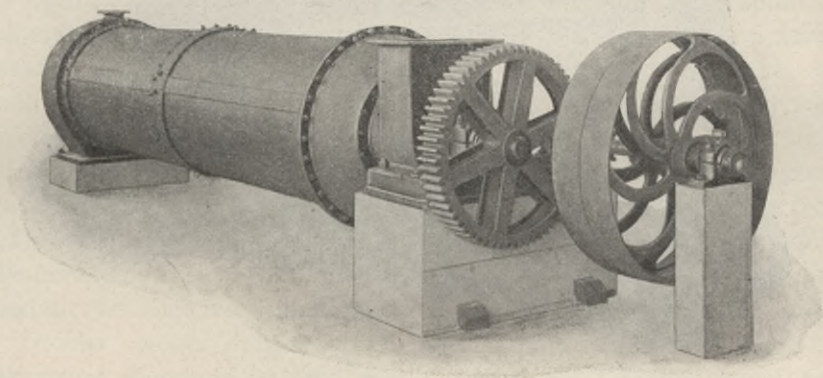


Fig. 83.

die zu diesem Zwecke erdacht worden sind, hat sich die obenstehend abgebildete Misch- und Transporttrommel (Fig. 83) am besten bewährt, welche aus einem mit mässiger Geschwindigkeit sich drehenden cylindrischen Teil, dem festen Einlauf, ebensolchen Auslauf und dem Antrieb besteht. Die Trommel ist im Innern mit Wurf- und Transportflügeln versehen, welche derart angeordnet sind, dass auf zwei heraustransportierende Gewindesegmente ein entgegengesetzt gerichtetes Segment folgt, was eine ganz intensive Durchmischung und gleichzeitige Fortbewegung des Aufschüttgutes nach der Aus-

laufseite zu zur Wirkung hat. — Das Gehäuse der Auslaufseite ist mit einem Aspirationsstutzen verbunden, welcher an die Saugleitung der Staubfängeranlage (s. weiter unten) angeschlossen werden muss. Ist letzteres geschehen, so arbeitet der Apparat vollkommen staubfrei.

Die Leistung der Misch- und Transporttrommel ist infolge ihrer ununterbrochenen Betriebsweise eine sehr beträchtliche; sie trägt beispielsweise bei einem Trommeldurchmesser von 1 m und einer wirksamen Trommellänge von 4 m stündlich 10000 kg einer sehr genauen Mischung.

§ 129.

Die Feinmahlung von Kalkstein und Ton macht vielfach eine noch weiter gehende Vorzerkleinerung der Rohstoffe nach dem Trocknen, ein

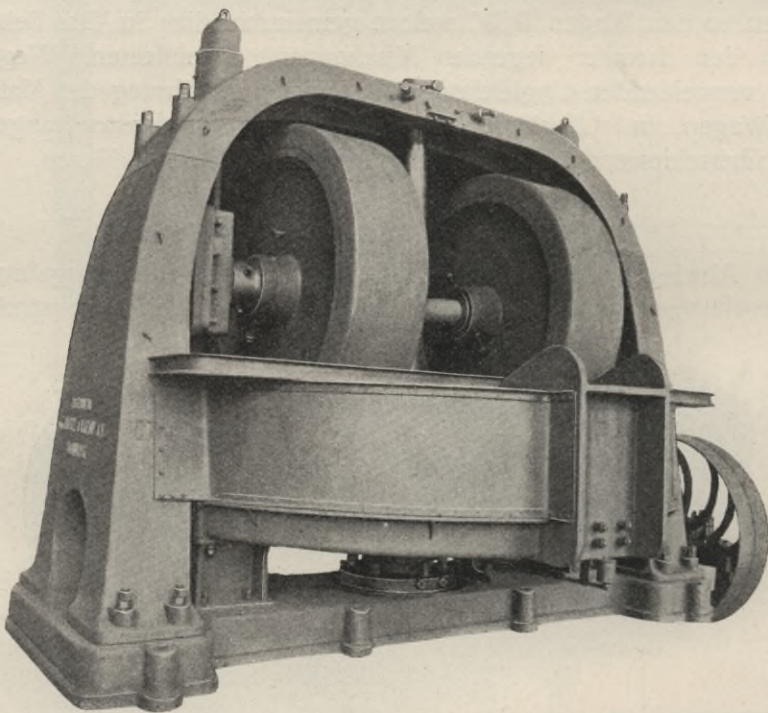


Fig. 84.

„Feinschrotten“ notwendig. Dieser Fall tritt ein, wenn man zum Feinmahlen sogenannte „Rohrmühlen“ verwendet, denen das Aufschüttgut in einer ganz bestimmten Korngrösse zugeführt werden muss; während alle anderen Feinmühlen gröber vorgebrochenes Material verarbeiten, bedingt die Rohrmühle eine Körnung, die bei den kleineren Modellen etwa $1\frac{1}{2}$ m, bei den grösseren etwa $2\frac{1}{2}$ bis 3 mm nicht überschreiten darf. Zur Herstellung dieser Griese bedient man sich der Kollergänge, Walzenstühle oder Kugelmühlen.

Die Kollergänge sind (vergl. auch den bereits besprochenen Nasskoller) Maschinen, bei denen zwei oder mehr Läufersteine um eine vertikale

Drehachse gestellt sind, während die Steine selbst sich auf horizontalen Achsen drehen, welche mit der Hauptachse in geeigneter Weise fest oder nachgiebig verbunden sind. Man unterscheidet: a) Kollergänge mit fester Bodenplatte (Teller) und rotierenden Läufern und b) solche mit rotierendem Teller und festen (nur um eine horizontale Achse sich drehenden) Läufern. Für den in Rede stehenden Zweck ist ausschliesslich die unter b) gekennzeichnete Bauart in Gebrauch, weshalb wir uns auf die Besprechung des in Fig. 84 dargestellten Kollerganges, Bauart des Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg beschränken können. Die Abbildung zeigt einen Kollergang, dessen Läufer einen Durchmesser von 1800 mm bei einer Breite von 450 mm haben. Sie sind mit auswechselbaren Ringen aus Coquillen-Hartguss bandagiert und um eine gemeinschaftliche horizontale Achse drehbar. Letztere ist mit Gleitschuhen versehen, die sich in seitlichen, an den kräftigen Hohlzugsständern angebrachten Führungen in vertikaler Richtung verschieben können und mittelst zweier Zugstangen in starken Evolutfedern aufgehängt sind. Das Gewicht eines Läufersteines beträgt 6000 kg. Der Teller besteht aus einer in Ringstücken aus Coquillen-Hartguss hergestellten, gleichfalls auswechselbaren Mahlbahn, an welche sich nach aussen der als Sieb ausgebildete Teil anschliesst. Das Sieb (Flussstahlblech mit geeigneter konischer Lochung) ist ebenfalls aus einzelnen Ringstücken, gusseisernen Rahmen, zusammengesetzt, die bei Bedarf in bequemer Weise neu bespannt werden können. Über dem rotierenden Teller sind an zwei einander gegenüberliegenden Stellen Abweiser angebracht, die einesteils das Aufschüttgut unter die Läufersteine, andernteils das zerkleinerte Produkt auf das Sieb und endlich das ungenügend zerkleinerte wieder zurück unter die Läufer zu nochmaliger Vermahlung leiten. Das abgeseibte Gut fällt in eine feststehende Rinne unterhalb des kreisenden Tellers und wird von einer Austragvorrichtung der Ausfallöffnung zugeführt. — Die Königswelle ist oben in einem Halslager unten in einem kräftigen Spurlager geführt; der Antrieb derselben bzw. des rotierenden Tellers erfolgt vermittelt konischen Zahnkranzes, welcher ebenso wie das Getriebe aus Stahl besteht. Die Vorgelegewelle erhält feste und lose Riemenscheibe und ist dreimal gelagert. Läufer und Mahlbahn sind in ein staubdichtes Gehäuse eingeschlossen, welches an passender Stelle mit einem Trichter zwecks Zuführung des Aufschüttgutes versehen wird.

Die ganze Maschine ist sehr kräftig gebaut, ihr Gesamtgewicht beträgt 32000 kg. Die Stundenleistung schwankt je nach den Eigenschaften des Aufschüttgutes und der verlangten Feinheit zwischen 7000 und 15000 kg, der Kraftbedarf zwischen 15 und 35 PS.

Die Walzenstühle zur Feinschrotung unterscheiden sich von den Walzwerken, die nur der groben Vorzerkleinerung dienen, in einigen wesentlichen Punkten. Der Walzendurchmesser ist bei ersteren kleiner, dagegen die Walzenlänge verhältnismässig grösser als bei letzteren; der Konstruktion der Aufgabevorrichtung, der Walzeneinstellung und Ausrückung ist besondere Sorgfalt gewidmet. Die Stuhlung ist kräftig, aber nicht so schwer gebaut wie das ungleich härter beanspruchte Vorbrechwalzwerk.

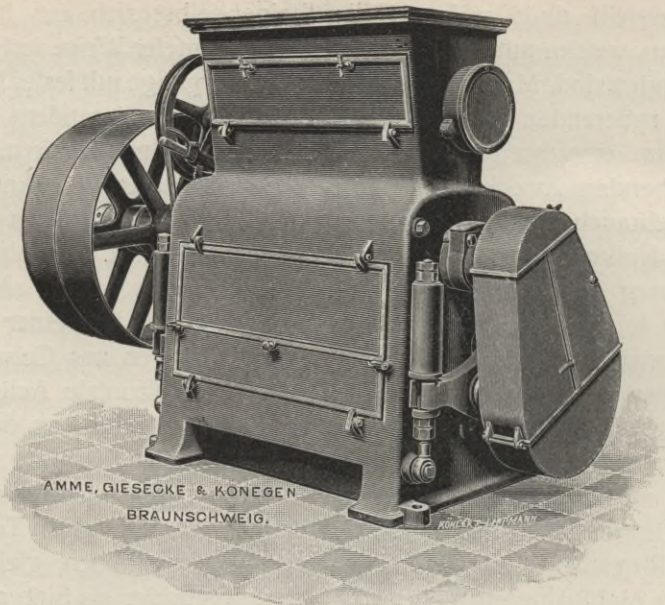


Fig. 85.

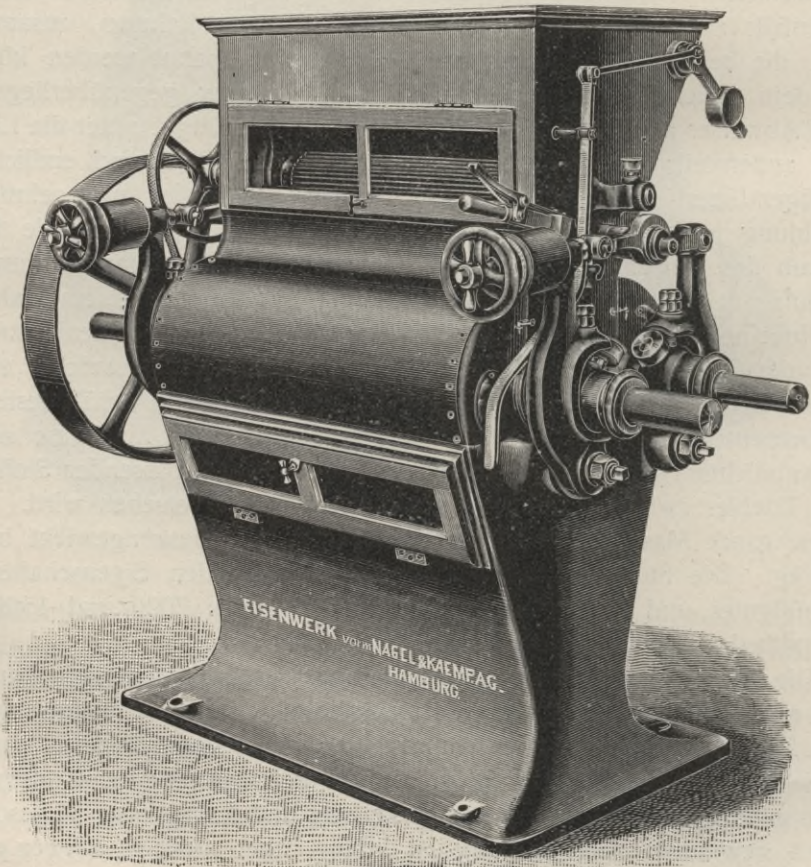


Fig. 86

In Fig. 85 ist der Walzenstuhl von Amme, Giesecke & Konegen in Braunschweig, in Fig. 86 jener des Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A. G. in Hamburg dargestellt. Die Abmessungen der glatten Walzen sind bei beiden Stühlen dieselben; 400 mm Durchmesser bei 1000 mm Länge. Die mit Abstreichern versehenen Walzen erhalten Differentialgeschwindigkeit und sind durch Zahnräder miteinander verbunden. Der Andruck wird durch starke Federn ausgeübt und ist in gewissen Grenzen regulierbar. Die Beschüttung muss in einem gleichmässig dünnen Strom, über die ganze Breite der Walzen erfolgen; sie wird in Fig. 85 durch zwei, in Fig. 86 durch eine Speisewalze bewirkt.

Die Leistung eines der obigen Stühle beträgt (mittelharten Kalkstein und Ton) 3600 bis 3800 kg pro Stunde, wobei das Aufschüttgut ein Sieb von 5 mm Lochung passiert haben muss. Von dem Walzenprodukt fallen etwa 26% durch ein Sieb von 900 Maschen pro qcm, während 43% desselben auf dem Siebe von 100 M. als Rückstand verbleiben. — Das Produkt ist hinreichend gleichmässig, um keiner Nachsiebung zu bedürfen und kann ohne weiteres auf Rohrmühlen fertig gemahlen werden. Diese Walzenstühle werden vielfach auch zum Mahlen von Kohle für Drehrohröfen (s. weiter unten) mit gutem Erfolge angewendet; die Leistung beträgt stündlich etwa 1200 bis 1400 kg Steinkohlenmehl mit 2 bis 3% Rückstand auf dem 900-Maschensieb bei 12–14 PS. Kraftverbrauch.

Von den Kugelmühlen als Vorschrotapparaten für die Rohrmühlen wird in einem späteren Kapitel noch ausführlich die Rede sein.

§ 130.

Während Kollergänge, Walzenstühle und Kugelmühlen für das Feinschrotten aller Arten von Portland-Cementrohmaterialien, gleichgiltig ob hart oder weich, verwendet werden, beschränkt sich die Verwendung der nachstehend beschriebenen Apparate: Reformmühle, Desintegrator und Gloria-mühle auf die Feinschrotung von Ton und lockeren, weichen Mergeln.

Die Reformmühle von Fried. Krupp Grusonwerk in Magdeburg-Buckau ist in Fig. 87 dargestellt. Sie besteht aus einem gusseisernen Gestell mit cylindrischem, am Umfange geschlossenem Mahlgehäuse und einem darin mit grosser Geschwindigkeit umlaufenden doppelten Schlagkreuz, durch dessen Einwirkung das Aufschüttgut, welches in Stücken bis zu doppelter Faustgrösse aufgegeben werden kann, ausserordentlich schnell zerkleinert wird. Sobald es die erforderliche Feinheit erreicht hat, tritt es durch seitlich im Gehäuse angebrachte Siebe aus, deren Lochweite dem jeweiligen Zweck entsprechend zu wählen ist.

Das Werk baut diesen Apparat in fünf Modellgrössen, von 650 bis 1500 mm lichtigem Durchmesser des Mahlgehäuses und für eine Stundenleistung von 3000 bis 15 000 kg (2–20 PS.).

Der Desintegrator, Fig. 88, ist eine Schlagstiftmaschine, bei welcher das zu zerkleinernde Material zwischen zwei rasch und in entgegengesetzter Richtung rotierenden, mit Schlagstiften versehenen Scheiben zerschlagen

wird. Das Aufschüttgut wird nahe der Achse zwischen die Scheiben eingeführt und dort zunächst von den innersten Stiften erfasst, den nächsten, in entgegengesetzter Richtung rotierenden Stiften zugeworfen und so fort

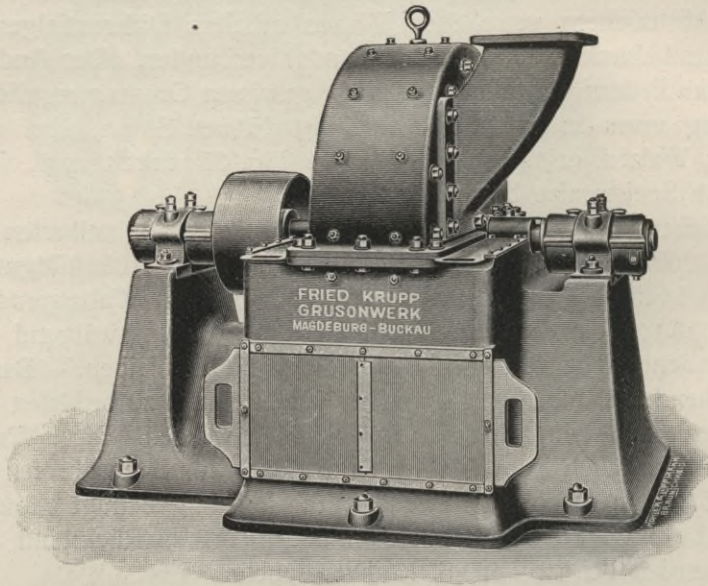


Fig. 87.

von Stiftreihe zu Stiftreihe, bis es am Gehäuse genügend zerkleinert herabfällt. Der Antrieb erfolgt durch Riemen meist von derselben Vorgelegewelle aus, daher muss der eine Riemen offen, der andere gekreuzt sein.

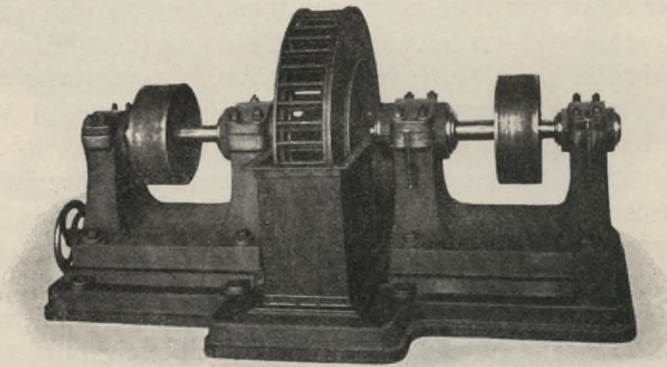


Fig. 88.

Die Maschinenfabrik von Brinck & Hübner in Mannheim baut derartige Desintegratoren in elf verschiedenen Grössen, von 500 bis 2000 mm äusserem Durchmesser und mit 250 bis 30 000 kg Stundenleistung ($1\frac{1}{2}$ —25 PS.).

Die Gloriamühle, Patent Geissler, durch Fig. 89 veranschaulicht, besteht aus einer rasch rotierenden, mit eigenartig geformten Schlägern

besetzten Welle, einem feststehenden Gehäuse mit Ein- und Auslauftrichtern und kräftigen Lagerböcken. Das Material kann den grösseren Mühlen dieser Art in Stücken bis Kinderkopfgrösse aufgegeben werden; die erforderlichen Variationen in bezug auf Menge und Feinheit des Produktes werden durch

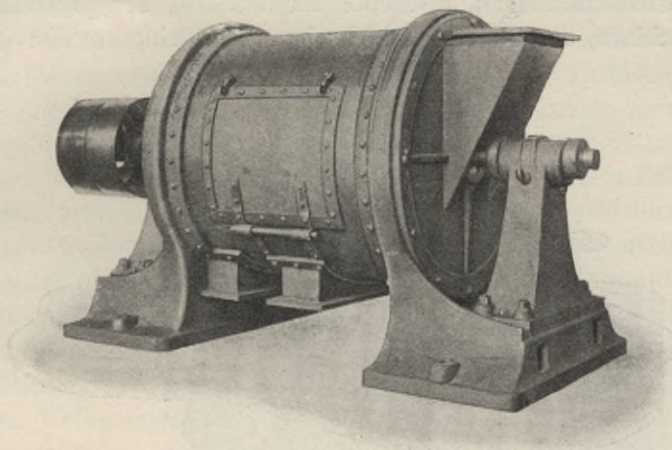


Fig. 89.

Veränderung der Form und Stellung, Grösse und Anzahl der Schläger herbeigeführt.

Die Gloriamühle wird in sechs Modellgrössen gebaut, für Stundenleistungen von 500 bis 50 000 kg (3—50 PS.). Bemerkenswert an ihr ist die Einfachheit der Bauart und die mit dem Mahlen verbundene, ganz ausserordentlich intensive Mischwirkung derselben sowie ihre Unempfindlichkeit gegen zufällige Eisenbeimengungen im Aufschüttgut.

§ 131.

Wir wenden uns nunmehr dem Kapitel der Feinmahlung des Cementrohmaterials zu. Auf diesem Gebiete herrscht zur Zeit eine grosse Mannigfaltigkeit; neben Mahlgängen werden vielfach Griffinmühlen, Doppelpendelmühlen und Rohrmühlen verwendet, Maschinen, welche ursprünglich nur als Ersatz für die Mahlgänge in der Klinkermüllerei gedacht waren. Ihrer Verwendung in der Rohmühle stellte sich bis vor kurzem noch der Umstand entgegen, dass ungenügend getrocknetes Aufschüttgut ihre qualitative und quantitative Leistung dermassen herabzog, dass es immer noch vorteilhafter erschien, die altbekannten und bewährten Mahlgänge beizubehalten, welche in diesem Punkte lange nicht so empfindlich sind. Mit den fortschreitenden Verbesserungen in der Trockentechnik, die wir an anderer Stelle schon gebührend gewürdigt haben, fiel dieses Hindernis weg und augenblicklich hat es den Anschein, als sollte der Mahlgang, nachdem er schon in der Klinkermühle endgiltig hat weichen müssen, auch in der Rohmühle seine bis vor kurzem noch beherrschende Stellung mehr und mehr einbüßen und von den oben genannten Apparaten verdrängt werden.

Da nun, wie erwähnt, Pendel- und Rohrmühle ursprünglich Klinkermahlapparate waren, so sollen sie auch im späteren Kapitel über Klinkervermahlung besprochen, dagegen an dieser Stelle das Wissenswerte über den Mahlgang gesagt werden.

Der Horizontalmahlgang ist eine der ältesten, seit Jahrhunderten bekannten Maschinen, deren sich der Mensch zur Zerkleinerung der verschieden-

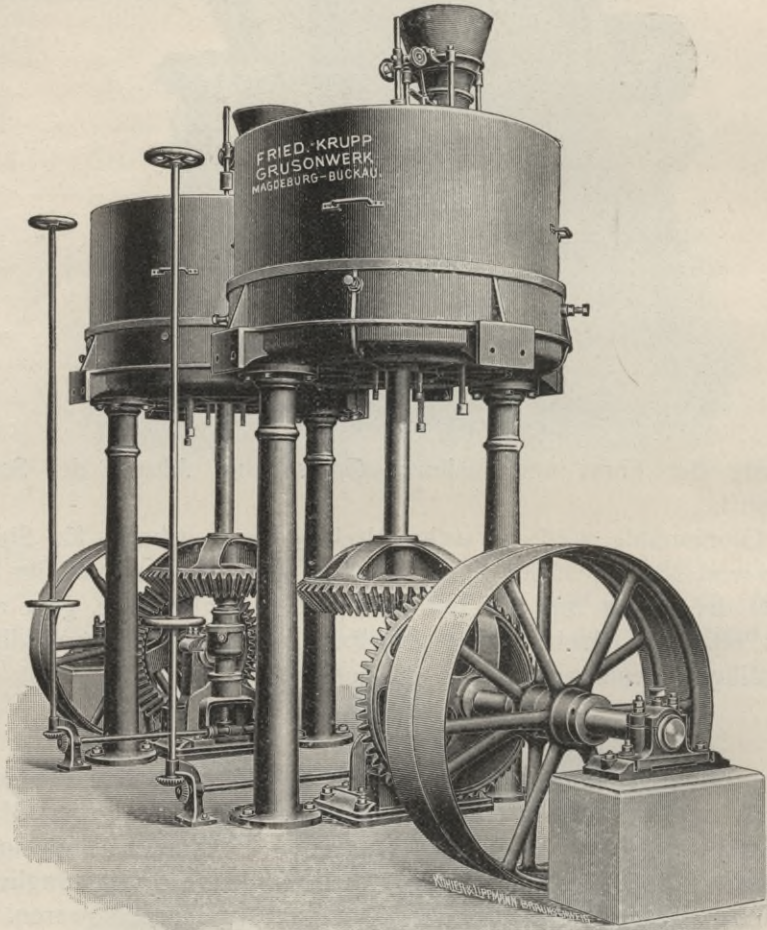


Fig. 90.

artigsten Dinge, als: Getreide, Farben, Knochen, Lohe, Korkrinde, Mineralien aller Arten und Härtegrade u. s. w. bedient. Das Prinzip desselben beruht darin, dass das zu vermahlende Gut zwischen die Flächen zweier aufeinander liegenden, ebenen, kreisrunden Steine gebracht und durch die mahlende Wirkung des sich drehenden Steines (der andere Stein liegt fest) zerkleinert, zerrieben wird. Bei diesem Vorgange wird die Mahlwirkung bedingt durch die Grösse der auf das Mahlgut ausgeübten Pressung, durch die Dauer derselben und durch das Mass der Entfernung zwischen den beiden reibenden

Flächen. Ein theoretisch richtig konstruierter Mahlgang soll daher so gebaut sein, dass die drei vorgenannten Faktoren, dem Ermessen des Müllers und dem augenblicklichen Erfordernis entsprechend, leicht verändert werden können.

Je nachdem sich nun der obere oder der untere der beiden Mühlsteine dreht, unterscheidet man oberläufige oder unterläufige Mahlgänge, kurz Oberläufer und Unterläufer genannt. Der Oberläufer (s. Fig. 90) besteht aus zwei kräftigen eisernen Säulen oder auch einem Hohlzugsgestell zum Tragen des ebenfalls eisernen Steinbettes, in welchem der in eine gusseiserne Schale eingebettete Unterstein auf starken Schrauben verstellbar ruht. Das Steinbett wird vermittelt Flanschen und Schrauben mit dem Balkenwerk des Mühlenbodens verbunden. Die bei Einzel- oder Reihenaufstellung vermittelt konischer, bei Gruppenaufstellung vermittelt Stirnrädern angetriebene stählerne Mühlspindel ist oben in einem gegen das Eindringen von Staub geschützten Halslager (meist als Kugellager ausgebildet), unten in einem Spurlager geführt. Die Verbindungsteile zwischen ihr und dem Läufer, bestehend aus dem „Treiber“, der „Balancierhaue“ und dem „Rientopf“, bilden zusammen ein vollständiges Universalgelenk oder eine „schwebende Haue“, welche vor den früher gebräuchlichen unbeweglichen „Hauen“ den Vorteil besitzt, dass der Läufer frei nachgiebt, wenn ein zufälliges Hindernis zwischen die Mahlf lächen gerät, dass derselbe sich leicht von der Mühlspindel abheben lässt und dass er von selbst eine horizontale Lage einnimmt und mit seiner Mahlf läche horizontal bleibt, wengleich die Mühlspindel nicht völlig im Lot stehen sollte. Der Läufer wird von einer staubdichten, mit einer runden Einlauföffnung versehenen Blechhaube eingeschlossen, welche unten seitwärts den Auslaufstutzen für das Mahlprodukt, ferner den Aspirationsstutzen zum Anschluss an die Saugleitung der Staubbängeranlage (s. weiter unten), endlich noch die von der verlängerten Mühlspindel aus betätigte Speisevorrichtung (Rüttelwerk) trägt. Die Einstellung des Läufers geschieht vermittelt Handrad, Schneckenrad und Wurm oder vermittelt Schraubenspindel und Hebel; sie kann mit Hilfe einer durchgehenden Spindel und konischer Rädchen sowohl vom Mühlenboden aus, als auch von unten her erfolgen.

Zum Zwecke des Ausrückens (Stilllegens) und Wiedereinrückens eines Ganges ist bei Einzelanordnung (Fig. 90) neben der festen noch eine lose Riemenscheibe angebracht, bei Gruppenaufstellung sind zu demselben Behufe die Stirnräder (Steingetriebe) auf den Mühlspindeln verschiebbar angeordnet und bei Reihenaufstellung endlich und Antrieb durch eine gemeinschaftliche Transmissionswelle sind entweder die konischen Räder der letzteren mit Klauenkupplungen versehen oder die Steingetriebe mittelst Hebegattern ausser Eingriff mit ihren Gegenrädern zu bringen. Ganz vereinzelt stehen auch noch für denselben Zweck Reibungskupplungen in Verwendung. — Der Oberläufer wirkt nur durch das Gewicht des Obersteines, welches also im Leerlauf auf dem Spurzapfen, bei voller Beschüttung aber auf dem Aufschüttgut und daher mittelbar auf dem Bodenstein lastet. Um die Pressung auf das Mahlgut zu vergrößern bzw. auf der als erforderlich erkannten Höhe zu erhalten, muss man somit das Gewicht des Läufers erhöhen. Diese

Notwendigkeit tritt ein, wenn der Läufer durch die Nachbearbeitung, das Schärfen, an Gewicht und Mahlwirkung eingebüsst hat; man mauert dann den Stein durch Aufgiessen von Cement auf.

Der Unterläufer ist bedeutend jünger als sein Bruder, der Oberläufer, denn die erste Ausführung stammt erst aus dem Jahre 1840. Seitdem hat er zwar in der Getreidemüllerei als Spitzgang dauernd festen Fuss gefasst und auch in einigen anderen Industrien dem alten Oberläufer das Terrain mit Erfolg streitig gemacht, doch ist es trotzdem entschieden unrichtig, wenn Feichtinger in seiner bekannten „Technologie der Mörtelmaterialien“ sagt, dass „der vorgeschrittene Maschinenbau die traditionellen Konstruktionen des schwebenden oberen Läufers als durchaus unzweckmässig für die ganze Arbeitsleistung der Maschine erkannte“ und „dass man das Prinzip des oberläufigen Mahlganges zu verlassen suche“. — Der einzige wirkliche Mangel der Oberläuferkonstruktion, die Möglichkeit des „Schleuderns“, hervorgerufen durch ungleichmässige Beschüttung und starke Ungleichmässigkeit in der Stückgrösse des Aufschüttgutes, lässt sich durch gut funktionierende Aufgabevorrichtungen und sorgfältigeres Vorbrechen, wenn auch nicht ganz vermeiden, so doch auf ein Minimum einschränken. Dieser Mangel auf der einen Seite wird mehr als paralytisch durch den Übelstand auf der anderen Seite, dass Mühlspindel und Spur des Unterläufers den ganzen Mahldruck aufnehmen müssen, der nicht, wie beim Oberläufer, als Gewicht des Obersteines sich auf das Mahlgut und den Bodenstein — Spindel und Spur entlastend — überträgt, sondern durch Schneckenrad und Schraube erzeugt werden muss, wobei Überlastung der Spindel und Heisslaufen der Spur leicht eintreten können.

Geht also Feichtinger in seinem absprechenden Urteil über den Oberläufer entschieden zu weit, was ja schon durch den Umstand erwiesen wird, dass diese Konstruktion seitdem aus der Hartmüllerei keineswegs verschwunden ist — wie man Feichtinger zufolge ja wohl berechtigt war, zu erwarten —, sondern im Gegenteil stetig weitere Verbreitung gefunden hat, so sei doch andererseits gerne zugestanden, dass dank der im Laufe der Jahre hinzugekommenen Verbesserungen, auch der Unterläufer sich viele Freunde und überzeugte Anhänger erworben hat. Man sieht also auch in diesem Falle wieder, wie es sehr wohl möglich ist, mit verschiedenen Mitteln zu demselben Ziele zu gelangen.

Der in Fig. 91 dargestellte Unterläufermahlgang der Firma G. Polysius in Dessau hat unter allen gleichartigen Konstruktionen die weitaus grösste Verbreitung gefunden. Das sehr kräftige Hohlgestell des Ganges trägt das Gehäuse für den Unterstein, welches mit der oberen Haube durch drei Knaggen mit Bolzen und Federn verbunden ist. Letztere ermöglichen das Ausweichen des in der oberen Haube an Spindeln verstellbar aufgehängten Obersteines, ohne dass die Steine schleudern (feuern). Die Mühlspindel ist oben in einem mit dem unteren Gehäuse fest verbundenen und gegen Staub abgedichteten Halslager, unten in einer Spur geführt, auf deren Konstruktion besondere Sorgfalt verwendet worden ist. Die Einstellung des Untersteines

geschieht mit Hilfe eines aus Schneckenrad mit Wurm, konischen Zahnrädchen, Spindel und Handrad bestehenden Stellzeuges. Die Flanschen der Haube und des unteren Gehäuses sind genau senkrecht zur Mühlspindel abgedreht, wodurch eine Auflagefläche dargeboten wird, nach welcher mittelst Richtscheites der Stein genau bearbeitet werden kann.

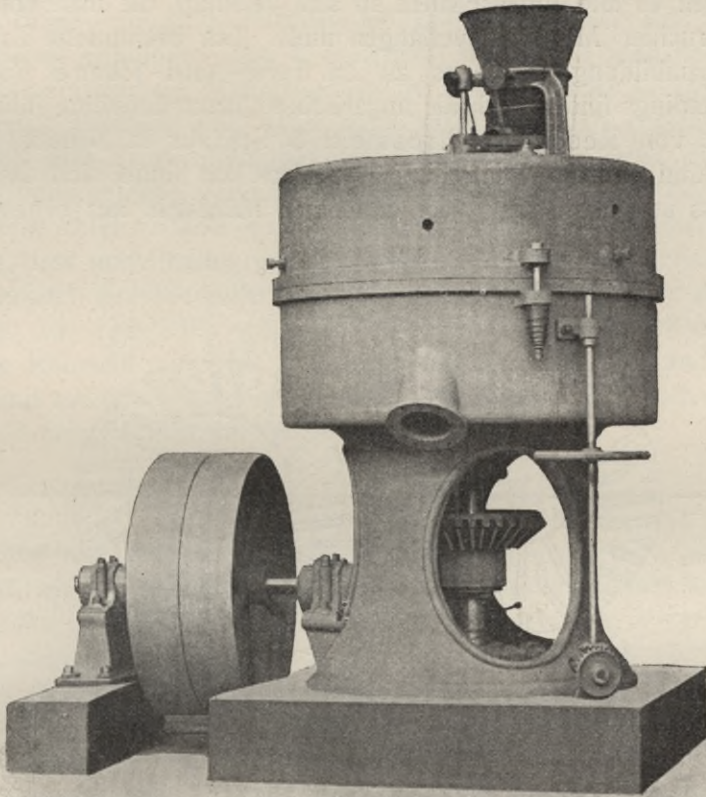


Fig. 91.

Der Antrieb des Einzelmahlganges erfolgt, wie abgebildet, durch konische Räder und Riemscheiben, doch bietet auch die Aufstellung in Gruppen oder Reihen keinerlei Schwierigkeiten.

Die Mühlsteine werden für Oberläufer zur Vermahlung von Cementrohmaterial wohl ausnahmslos mit 1500, für Unterläufer meistens mit 1250, seltener mit 1500 mm Durchmesser ausgeführt; der feste Stein erhält 300 bis 400, der Läufer 450 bis 500 mm Höhe. Die Umdrehungszahl wird bei den grösseren Steinen mit 125, bei den kleineren in der Regel mit 130 bis 140 pro Minute eingehalten. Grössere Geschwindigkeiten erhöhen zwar die Leistung, gleichzeitig aber in weit höherem Masse auch die Gefahr des Aus-

einanderfliegens der Mühlsteine; man tut daher wohl daran, die obigen, praktisch bewährten Zahlen nicht zu überschreiten.

Die vorzüglichsten Gebirgsarten, aus welchen gute Mühlsteine gewonnen werden können, sind: Sandsteine, gewisse Porphyrrarten, verschlackter Basalt und Lava, ganz besonders aber poröses Quarzgestein der sogenannten Süswasserbildung. Für die Hartmüllerei kommt nur das letztgenannte Material in Frage, weil es alle Eigenschaften in sich vereinigt, die man von einem hoch beanspruchten Mühlstein verlangen muss. Das bekannteste Lager der Süswasserquarzbildung ist jenes zu La Ferté - sous - Jouarres (Seine et Marne); neuerdings finden auch die ungarischen Quarzmühlsteine (Mühlsteingewerkschaft von Redlich, Ohrenstein & Spitzer in Neusatz) weitere Verbreitung und günstige Beurteilung. — Selten nur findet sich das Quarzmaterial gross und stark genug vor, um einen Mühlstein aus einem Stück

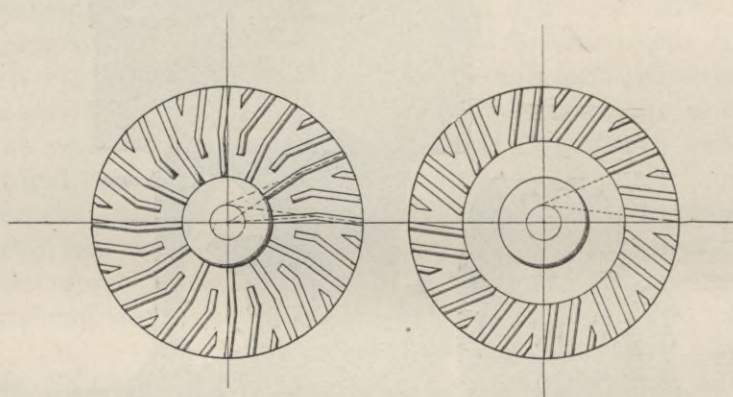


Fig. 92.

Fig. 93.

daraus anfertigen zu können, vielmehr ist es Regel, die Mühlsteine aus einer ganzen Anzahl kleiner Stücke zusammzusetzen, die miteinander durch Kitt verbunden und durch umgelegte schmiedeeiserne Reifen gegen das Auseinanderreissen gesichert werden.

Die natürliche Rauheit der Mahlfläche der Steine geht bei Vermahlung harten Materials sehr bald verloren und die glatten Flächen vermögen dann nur noch zu würgen, aber nicht mehr zu mahlen. Zur Erzielung dauernder Wirksamkeit der Mühlsteine ist es daher nötig, dieselben von Zeit zu Zeit zu schärfen, worunter man das Einarbeiten von Furchen (Hauschlägen) versteht, die in bestimmter Breite und Tiefe vom Mittelpunkt nach dem Umfange hin verlaufen. Für die Form des Verlaufes der Furchen sind mancherlei Regeln aufgestellt worden, deren theoretische Ableitung anzuführen hier nicht am Platze erscheint. Die in der Getreidemüllerei da und dort geübte Schärfung nach der logarithmischen Spirale oder nach der Evanschen oder Nagelschen Regel kommt für die Hartmüllerei schwerlich in Frage (obzwar wir erstere vor Jahren in der Portland-Cementfabrik „Stern“

noch im Gebrauch sahen), dagegen wird die bequeme amerikanische, gerade, sogenannte „Virtelsschärfung“ wohl allgemein angewendet. In den Fig. 92 und 93 ist die praktisch bewährte Schärfung eines Unter- und Oberläufers für Feinmahlung von Cementrohmaterial angegeben.

Zum Abheben und Schwenken der Mühlsteine sind entweder Laufkatzen, kleine Schraubenspindel-Windwerke, die auf Schienen oberhalb der Mahlgänge laufen, oder Drehkräne im Gebrauch. Beide tragen starke schmiedeeiserne Bügel, die beim Hochwinden mit zwei Zapfen den Stein in entsprechenden Öffnungen (den Kranlöchern) fassen und festhalten.

Die Leistung der Mahlgänge und der Kraftverbrauch sind von mancherlei Umständen abhängig und daher ganz ausserordentlich verschieden. Härte, Zähigkeit und Trockenheitsgrad des Aufschüttgutes, ferner die mehr oder minder vollkommene Vorzerkleinerung desselben, endlich der Zustand der Mühlsteine spielen dabei eine bestimmende Rolle. Im Mittel kann gesagt werden, dass (mittelhartes, gut getrocknetes und vorzerkleinertes Rohmaterial vorausgesetzt) ein Oberläufer von 1500 mm Steindurchmesser stündlich 1400 bis 1500, ein Unterläufer von 1250 mm Steindurchmesser stündlich 1000 bis 1200 kg Rohmehl mit 1 bis 2% Rückstand auf dem 900- und 18 bis 20% Rückstand auf dem 5000-Maschensiebe liefert, wobei der Kraftverbrauch etwa 20 bis 25 bzw. 16 bis 18 Pferde beträgt.

§ 132.

Selten nur werden Mahlgänge derart betrieben, dass sie ein fertiges Produkt liefern, vielmehr ist es Regel, das Mahlgangsprodukt sorgfältig abzusieben, das genügend Feine auszuscheiden und weiterer Verarbeitung zuzuführen, dagegen das Grobe, die Überschläge, von noch nicht genügender Feinheit zu nochmaliger Vermahlung auf die Mahlgänge zurückzuleiten.

An Sichtmaschinenkonstruktionen sind in Cementrohnhöhlen im Gebrauch:

- a) Sechskant- und Cylindersiebe,
- b) Centrifugal-Sichtmaschinen,
- c) Schurrsiebe,
- d) Windseparatoren oder Luftsiebe.

Die erstaufgeführten Sechskant- und Cylindersiebe sind trotz der ihnen anhaftenden, allgemein bekannten Mängel immer noch sehr weit verbreitet, wofür der Grund wol hauptsächlich in den im Verhältnis zur Leistung geringen Anschaffungskosten, sodann aber in dem stark entwickelten konservativen Geiste zu suchen ist, der einen grossen Teil der Cementmüllerschaft erfüllt. Der, namentlich bei aggressivem Material, sehr starke Verschleiss der Siebgewebe, das nicht seltene Reissen derselben, wodurch — wenn es nicht gleich bemerkt wird — fatale Weiterungen entstehen, sind Übelstände, die mit der Bauart dieses Siebes untrennbar verknüpft sind und mit in Kauf genommen werden müssen. Der in Fig. 94 dargestellte Sechskantsortierer besteht aus einer schwach geneigten Welle mit Armkreuzen, die zum Tragen der auswechselbaren, hölzernen Siebrahmen dienen, auf welche das Sieb-

gewebe (meist Stahl, seltener Messing) aufgenagelt wird. Das Gehäuse ist entweder aus Holz oder Eisenblech; es trägt die Lager der Siebwelle, eventuell — bei konischem Antrieb — auch jene des Vorgeleges. Der nach unten stark zusammengezogene Teil des Gehäuses bildet den Trog für die Mehlschnecke, die das Abgesiebte nach der Ausfallöffnung im Gehäuse befördert, während der Überschlag durch eine zweite Ausfallöffnung abgeleitet wird. — In manchen Fällen empfiehlt es sich, die feine Aussenbespannung durch eine eingelegte, mitrotierende Siebtrommel — den Innencylinder — aus starkem Eisenblech mit grober Lochung vor zu raschem Verschleiss zu schützen. Die Reinigung der Gewebe von anhaftendem Mehlstaub wird durch ein Klopferwerk angestrebt, welches entweder direkt auf die Rahmen oder auf die

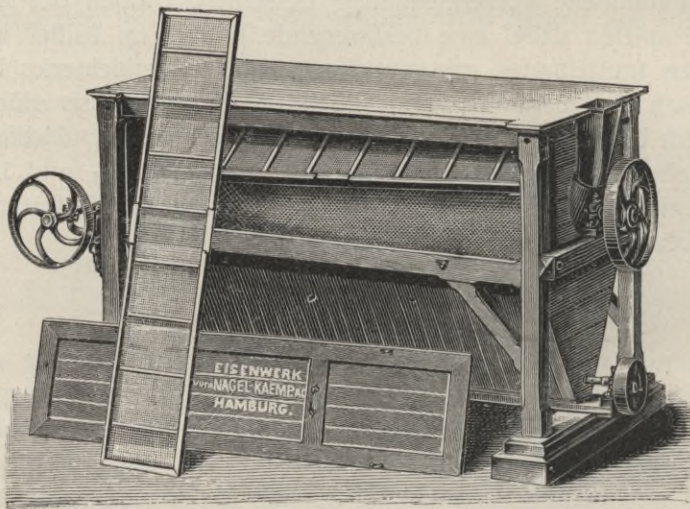


Fig. 94.

Welle wirkt und periodische, leichte Erschütterungen des ganzen Rahmenwerkes hervorruft.

Die Leistung an Rohmehl von 1 bis 2% Rückstand auf dem 900- und 18 bis 20% auf dem 5000-Maschensiebe beträgt bei einem Sechskanter von 1 m Durchmesser und 3 m Rahmenlänge etwa 1000 kg, bei 4 m Rahmenlänge etwa 1350 kg stündlich. Kraftverbrauch $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Pferde.

Wird das Gewebe nicht auf gerade, sondern auf gebogene Rahmen befestigt, so hat man es mit einem Cylindersieb zu tun; dieses bietet dem vorher beschriebenen kantigen Sieb gegenüber den Vorteil, dass man an ihm leicht eine rotierende Bürste anbringen kann, zwecks intensiver Reinigung des Gewebes (mit der aber leider auch grösserer Verschleiss der Siebgewebe verbunden ist, zu dem noch jener der Bürste hinzutritt).

Unter Centrifugal-Sichtmaschinen versteht man Sichtapparate, bei welchen sich im Innern des runden Sichtcylinders eine Flügelwelle befindet, die ein System von dünnen, schraubenförmig gebogenen Blechflügeln trägt.

Das Aufschüttgut gelangt durch ein Zuleitungsrohr in den Cylinder, wo es durch die rasch laufenden Flügel erfasst und gegen die innere, mit Gewebe bespannte Fläche des Sichtcylinders geworfen, ausserdem aber infolge der schraubenartigen Gestaltung der Flügel in achsialer Richtung weiter transportiert wird. Das Gut wird also nicht, wie bei den Sichern gewöhnlicher Bauart, nur auf die untere Fläche des Cylinders bzw. Sechskanters geworfen, sondern durch die Centrifugalkraft auf den ganzen Umfang des Cylinders in dünner Schicht gleichmässig verteilt, woraus eine viel intensivere Sichtwirkung und Ausnutzung der Siebfläche resultiert. Es ist klar, dass aber mit dieser Arbeitsweise auch eine viel grössere Abnutzung des Gewebes Hand in Hand geht. Die Centrifugal-Sichtmaschinen können also nur für weiche Materialien — die aber auch wieder nicht so weich sein dürfen, dass sie das Gewebe verschmieren — benutzt werden; ihr Verwendungsgebiet ist also ein sehr eng begrenztes.

Das Schurrsieb ist ein schräges Flachsieb, dessen Neigung durch Handrad und Schraube nach Bedürfnis eingestellt werden kann. Bei ganz vertikaler Stellung der Siebfläche kann überhaupt kein Gut durch die Sieblöcher fallen, während bei ganz horizontaler Lage das Schurrsieb jedem gewöhnlichen Flachsieb gleichkommt, insofern, als die Maximal-Korngrösse durch die Lochweite des Siebes begrenzt wird. Zwischen der vertikalen und horizontalen Lage sind alle diejenigen Stellungen des Siebes, bei denen die Maximal-Korngrösse im Siebfeinen kleiner ausfällt als die Lochweite des Siebes, und zwar um so kleiner, je steiler das Sieb steht. Man kann also auf grobgelochtem Sieben verhältnismässig feine Produkte erzielen. — Die Siebwirkung wird obendrein gesteigert durch ein Klopferwerk, dessen rasch aufeinander folgende Schläge das Sieb in Erschütterung versetzen, deren Intensität durch eine einfache Stellvorrichtung reguliert werden kann. Die Wirkung der Klopfervorrichtung ist am Orte ihres Angriffs selbstverständlich am erheblichsten, während sie an weiter entfernten Teilen immer schwächer und am Unterstützungspunkte gleich Null wird. Da der Angriffspunkt des Vier- oder Sechsschlages aus praktischen Gründen in den unteren Teil des Siebes, wo nur noch wenig Aufschüttgut vorhanden ist, verlegt ist, so ist die Anordnung des Klopferwerkes in dieser Form als grundsätzlich unrichtig zu bezeichnen.

Immerhin fand diese, zuerst von Nagel & Kaemp, Hamburg, eingeführte Konstruktion ursprünglich lebhaften Anklang und rasche Verbreitung, namentlich weil die Instandhaltungskosten der Sieberei infolge der Anwendung gelochter Bleche an Stelle der leicht zu beschädigenden und rasch verschleissenden Siebgewebe erheblich niedriger wurden. Den im Laufe der Jahre stark wachsenden Ansprüchen an die Feinheit des Produktes vermochte das Schurrsieb aber nicht lange zu folgen; daran konnten grössere Abmessungen, Verlegen der Klopfervorrichtung an die Einlaufstelle, Anwendung zweier anstatt eines Klopferwerkes und dergl. nichts ändern. Da die Schurrsiebe ausserdem starke Stauberreger waren und, wenn in grösserer Anzahl vorhanden, heftige Erschütterungen des Mühlengebäudes verursachten,

so ist ihre Anwendung (die ja stellenweise wol noch berechtigt sein mag) immer seltener geworden.

Der Windseparator (Patent Mumford & Moodie) der Gebr. Pfeiffer in Kaiserslautern ist eine Siebvorrichtung, bei welcher das Gut durch einen Luftstrom, also nicht durch irgend welche Siebtücher oder gelochte Bleche in Siebgrobes und Siebfeines geschieden wird. Aus Fig. 95 ist die innere

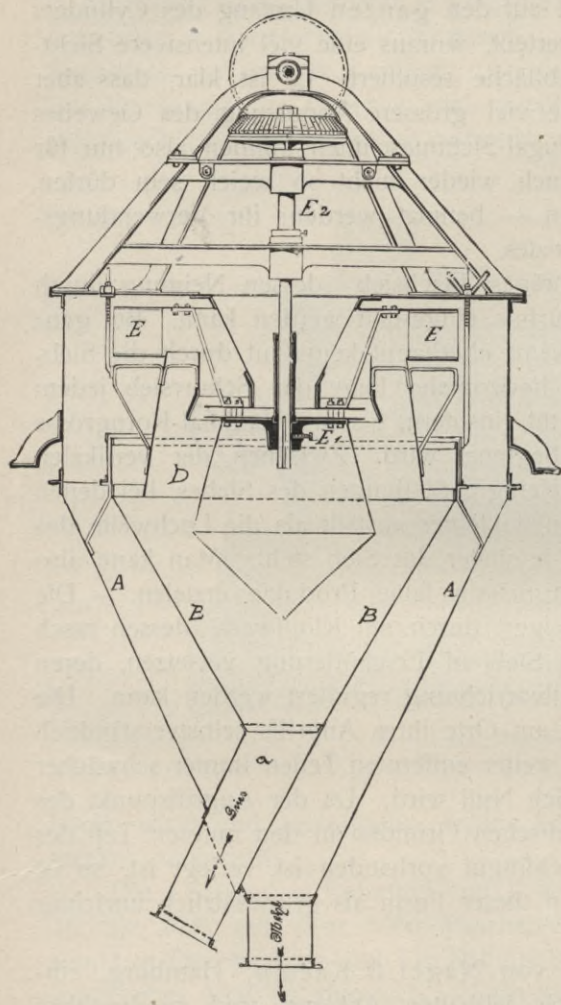


Fig. 95.

Einrichtung desselben zu ersehen. Unter der Decke eines cylindrischen Gehäuses ist ein Ventilator E angeordnet, welcher auf der vertikalen Achse E_2 sitzt. Auf derselben Welle, unter dem Flügelrade E , befindet sich ein Streuteller S , der das zufließende Sichtgut an seinem Umfange in Form einer dünnwandigen Glocke ausstreut. Ein unter dem Ventilator eingesetztes System, aus Ringen, Scheiben und Kegeln D bestehend, zwingt die im Centrum angesaugte Luft durch das vom Streuteller schleierartig abfließende Gut hindurchzutreten. Der Luftstrom nimmt hierbei die staubfeinen Mehlteilchen auf und tritt mit denselben in den Ventilator, welcher das Gemisch von Mehl und Luft gegen die Wand des cylindrischen Gehäuses schleudert. Das Mehl fällt unter dem Einflusse der Schwere herab und durch den konischen Teil AA dem Auslaufe zu, während die gereinigte Luft wieder angesaugt wird. Alle gröberen Teile, welche der Luftstrom nicht forttragen kann, fallen in den inneren

Kegel B und werden durch das Auslaufrohr a nach den Mühlen zurückgeleitet. Für besonders scharfe Absichtung empfiehlt sich die Anordnung zweier Windseparatorn hintereinander, so zwar, dass das zu sichtende Produkt dem ersten Separator aufgegeben wird, welcher das Feinmehl nur teilweise ausscheidet; der Überschlag fällt dem zweckmässig unter dem ersten aufzustellenden zweiten Separator zu und wird daselbst von dem noch mitgeführten Feinmehl befreit. Die Feinmehle der beiden Separatorn fließen zusammen ab, während die Knoten auf die Mahlapparate zurückfallen.

Neuerdings haben Gebr. Pfeiffer einen Doppel-Separator auf den Markt gebracht (D. R. P. Nr. 116 195), der eine wesentliche Verbesserung des einfachen Original-Separators darstellt. Die Konstruktion ist aus Fig. 96 ersichtlich; es sind anstatt wie bisher eines Streutellers deren zwei angebracht, wovon der obere eine volle Scheibe, der untere aber einen Ring darstellt. Die Wirkungsweise ist an Hand der Zeichnung ohne weiteres klar. Die durch diese Anordnung erzielte bessere Verteilung des Aufschüttgutes und stärkere Sättigung des zirkulierenden Luftstromes hat selbstverständlich auch eine grössere Leistung zur Folge.

Da der Windseparator in der Theorie das Aufschüttgut nicht nach Korngrösse — wie solches jedes Siebgewebe tut — sondern nach Schwere sortiert, also keine Sichtmaschine im landläufigen Sinne dieses Wortes darstellt, so sind vielfache Befürchtungen laut geworden, dass der Windseparator, wenn ihm ein aus Stoffen verschiedenen spezifischen Gewichtes zusammengesetztes Aufschüttgut zugeführt wird, dieses entmischen und somit als Sichtmaschine für Cementrohmehl sich

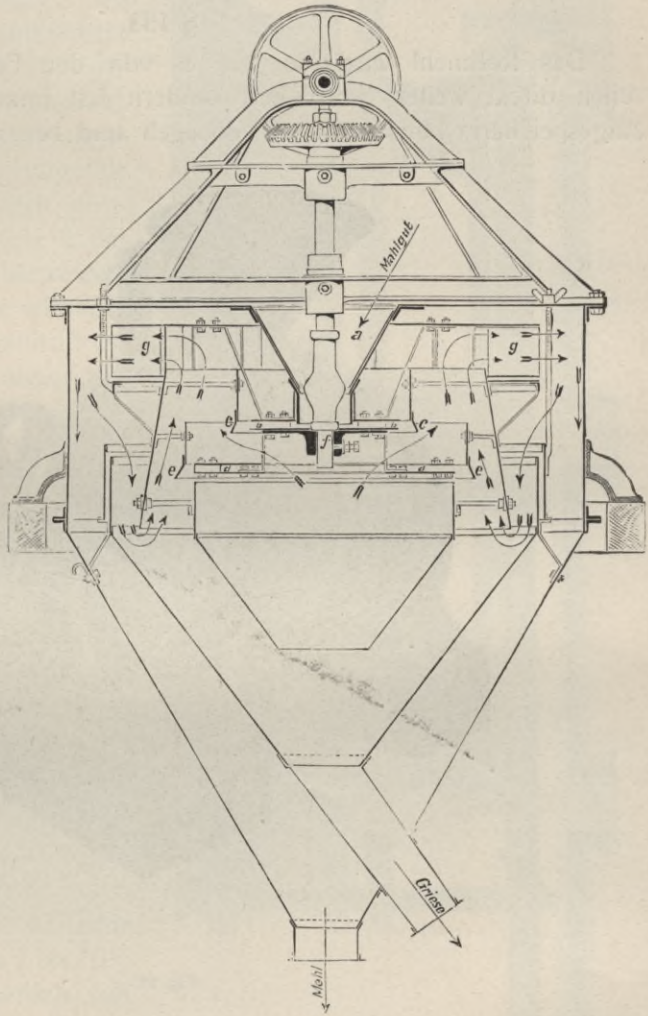


Fig. 96.

als untauglich erweisen könnte. Wie die Erfahrung jedoch gezeigt hat, sind diese Befürchtungen unbegründet. (Siehe „Protokoll“ P.-C.-V. v. J. 1899.)

Der Hauptvorzug des Windseparators besteht in dem Fortfall jeglichen Siebgewebes und Verschleisses und der dadurch erzielten Ersparnis an Reparaturkosten. Fernere Vorteile des einmal richtig eingestellten Apparates sind, dass er keiner Wartung bedarf, staubfrei und ruhig arbeitet und wenig Raum beansprucht.

Der Kraftbedarf beträgt je nach Grösse des Apparates (Pfeiffer baut ihn in vier Grössen) ein bis drei Pferde, die Leistung an Cementrohmehl von üblicher Feinheit schwankt zwischen 900 bis 2500 kg die Stunde.

Für die Richtigkeit des der Konstruktion zu grunde liegenden Gedankens spricht jedenfalls der Umstand, dass der Windseparator von der genannten Firma über 400 mal ausgeführt worden ist.

§ 133.

Das Rohmehl wird, so wie es von den Feinmahlapparaten kommt, selten direkt weiter verarbeitet, sondern fast immer in grösseren Mengen aufgespeichert, bevor man es verziegelt und brennt. Man bezweckt damit

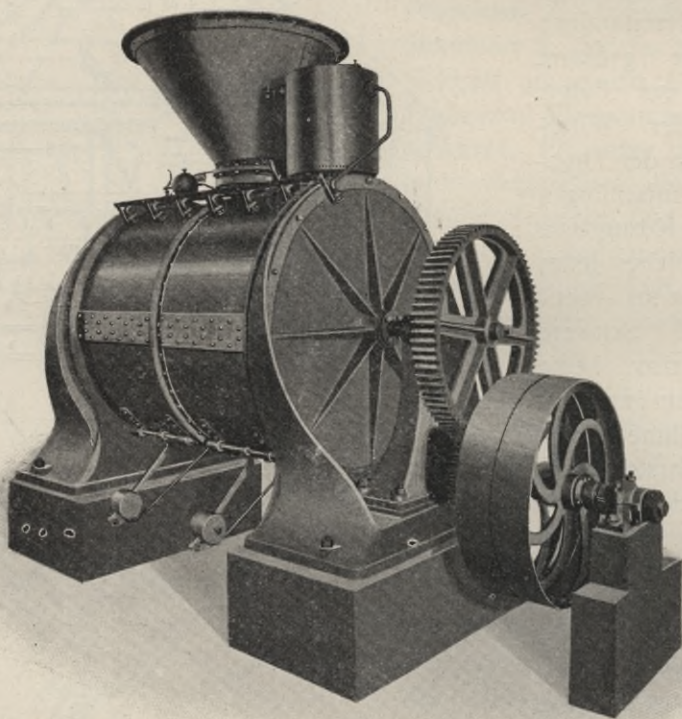


Fig. 97.

zweierlei, erstens: ein Reservoir zu schaffen, das bei Störungen im Bereiche der Aufbereitung einen ungehinderten Weiterbetrieb der Öfen ermöglicht, zweitens: sich die Möglichkeit zu wahren, nachträglich als nötig erkannte Korrekturen der Rohmehlmischung vorzunehmen.

Die Lagerung des Rohmehles geschieht in hölzernen, eisernen oder gemauerten Behältern, die in Abteilungen geteilt sind, von denen jede einzelne die Produktion eines gewissen Zeitraumes, etwa von vier bis sechs Stunden, manchmal auch mehr, aufzunehmen vermag. Indem man nun bei einer

Reihe von — sagen wir — sechs Abteilungen (Zellen) von diesen eine füllt, bleiben zwei Abteilungen leer, während der Inhalt der restlichen drei als gefüllt anzunehmenden Abteilungen gleichzeitig abgezogen und zweckmässig noch durch eine Mischmaschine geschickt wird. Zu letzterem Punkt ist es nötig, zu bemerken, dass die oft anzutreffende Annahme, als bewirkte die dem Rohmehlbehälter vorgebaute Sammelschnecke gewöhnlicher Bauart, in welche der Inhalt mehrerer Abteilungen abgegeben wird, schon eine genügende Mischung desselben, natürlich unzutreffend ist, da diese Schnecke in der Hauptsache transportiert, aber keineswegs intensiv mischt. Eine wirkliche und gründliche Mischung kann nur auf einer Mischmaschine, die diesen Namen auch tatsächlich verdient, vorgenommen werden. Eine solche ist die in Fig. 97 veranschaulichte Mischmaschine, Patent Kost & Geissler, welche in fünf verschiedenen Grössen, für absatzweise sowol als auch für ununterbrochene Mischung gebaut wird. Der Apparat besteht aus einer eisernen feststehenden Trommel, in welcher eine mit Mischflügeln eigenartiger Gestaltung besetzte Welle rotiert und das aufgeschüttete Rohmehl in intensivster Weise durchmischt. Aus einem auf diesen Apparat aufmontierten Reservoir kann dem Rohmehl, falls es weiterhin halbtrocken, also mit etwa 7 bis 10% Feuchtigkeit, gepresst werden soll, das entsprechende Quantum Wasser in genau regulierbarer Weise zugesetzt werden.

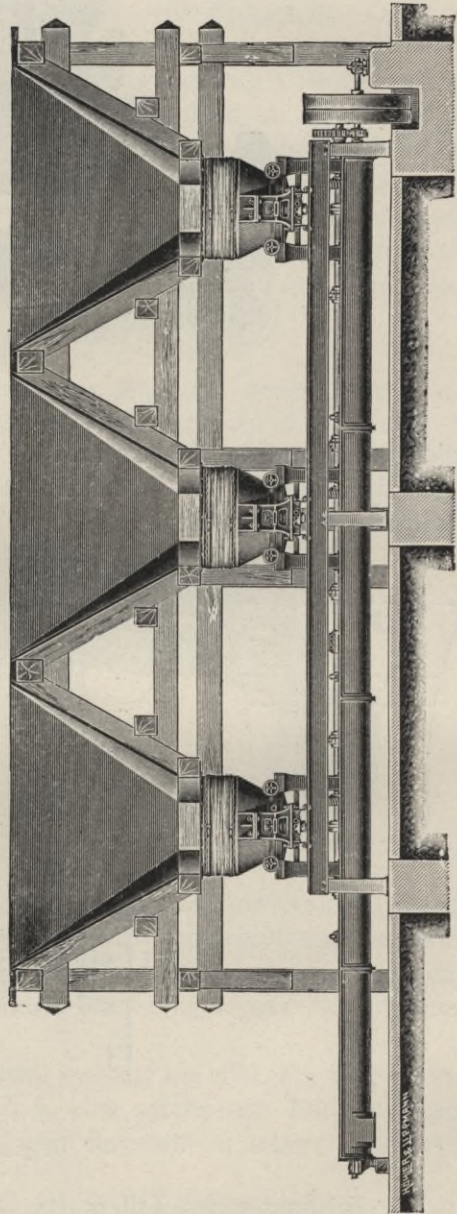


Fig. 98.

Denselben Zweck verfolgt die von Fried. Krupp, Grusonwerk, gebaute und in den Fig. 98 und 99 dargestellte, selbsttätige Teil- und Mischmaschine, System Dr. Jochum, welche aus zwei oder mehr nebeneinander angeordneten Trichtern besteht, auf welche grössere Vorratsbehälter aus Holz oder Eisen aufgesetzt werden. Die Trichter haben am Boden zwei Öffnungen

und unter jedem derselben ist ein drehbarer Teller mit messerartigen Abstreichvorrichtungen angebracht. Letztere können mittelst Handrad und Schnecke genau eingestellt werden; sie teilen bei jeder Umdrehung des

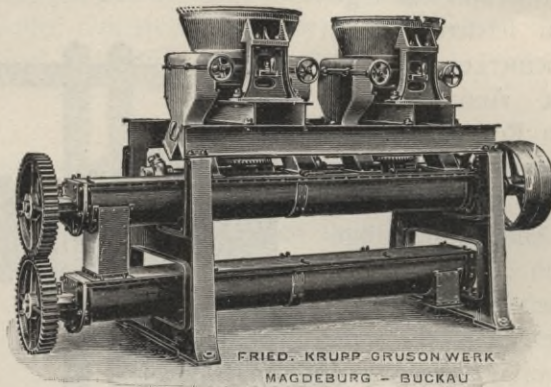


Fig. 99.]

Tellers eine gewisse Materialmenge von den sich auf diesem bildenden Kegel ab und streichen sie in die Rutschen hinein, durch die das Material in die darunter liegende Misch- und Transportschnecke gleitet.

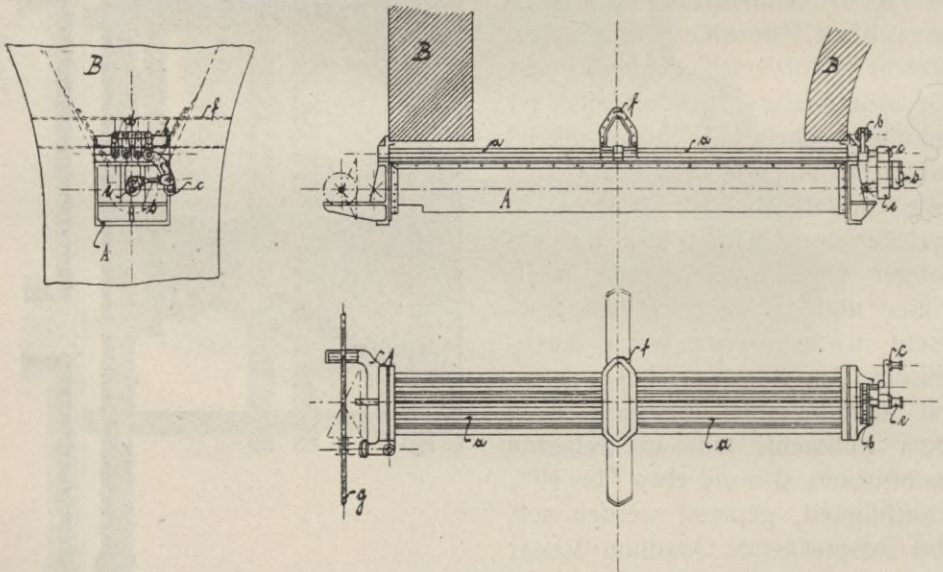


Fig. 100—102.

Die Leistung eines Tellers von 400 mm Durchmesser beträgt in der Stunde etwa 400 Liter, jene eines 600er Tellers 1000 und die eines 800er Tellers 2500 Liter. Der Kraftbedarf ist 0,4 bzw. 0,6 bzw. 0,8 Pferde.

Fig. 99 zeigt die Anordnung mit zwei Trichtern und doppelter Misch- und Transportschnecke, Fig. 98 eine Anordnung mit drei Trichtern und einfacher Misch- und Transportschnecke.

Die Beschickung der Rohmehlbehälter geschieht meist durch Schnecken oder Bandtransporteure, über deren Konstruktion in einem besonderen Kapitel verhandelt werden soll; für die Entleerung sind verschiedenartige Vorrichtungen im Gebrauch; eine von diesen, welche sich vorzüglich bewährt hat und vielfach ausgeführt worden ist, ist in den Fig. 100–102 dargestellt. Darin bedeutet *B* die gemauerte Vorratskammer, *A* die Transportschnecke und *a, a...* die Stäbe eines über dem offenen Schneckenrog liegenden Rostes, welcher den Druck des Zelleninhaltes von der Schnecke abhält, so dass diese nur das Quantum zu transportieren hat, was durch die Spalten des Rostes durchfällt. Dieses Quantum ist genau regulierbar dadurch, dass die Bewegung der Roststäbe und damit auch die Spaltweite je nach Bedarf verändert werden kann. Zu diesem Behufe sind die Hebel *b*, Kurbel, Zugstange und Schleife (*c, d, e*) angeordnet, deren Zusammenhang aus der Zeichnung ohne weiteres verständlich wird.

§ 134.

Zum Zwecke des Verziegelns muss das Rohmehl genetzt, innig und gleichmässig angefeuchtet werden. Man bedient sich dabei allgemein der nachstehend abgebildeten Netzschnecke (Fig. 103), eines einfachen Apparates, welcher aus einer starken Vierkantwelle mit schraubenförmig gestellten

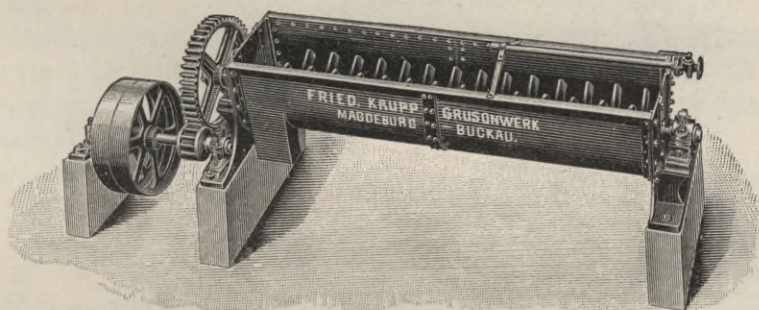


Fig. 103.

Flügeln, einem starken, schmiedeeisernen Trog und den Antriebsteilen besteht. Das Rohmehl wird an einer Seite der Schnecke eingebracht und vermittelt eines Brauserohres mit Wasser angenetzt, von den Flügeln erfasst und langsam, unter Entfaltung einer knetenden Wirkung der Flügel, der Ausfallöffnung zugeschoben.

Eine derart konstruierte Netzschnecke vermag bei 470 mm Flügeldurchmesser und $2\frac{1}{2}$ m Troglänge stündlich 5, eine solche von 780 mm Durchmesser und 3 m Troglänge stündlich 10 cbm Rohmehl zu netzen. Kraftbedarf 4 bis 6 bzw. 10 bis 12 Pferde.

Dem Rohmehl werden, wenn die Masse halbtrocken gepresst werden soll, etwa 8 bis 10%, wenn sie nass gepresst werden soll, etwa 18 bis 23% Wasser zugesetzt. Im ersteren Falle empfiehlt es sich, die feuchte Masse vor dem Verpressen noch einige Zeit – etwa 24 Stunden – lagern zu lassen, um dem Wasser Gelegenheit zu geben, die Masse ganz gleichmässig zu durchziehen. Die vollkommene Gleichartigkeit der Rohmasse in bezug auf den

Wassergehalt ist für eine gute Trockenpressung die unerlässliche Bedingung. — Wird dagegen nass gepresst, so ist das Einsumpfen überflüssig und die Masse kann von der Netzschnecke direkt in die Strangpresse fallen.

§ 135.

Beim Halbtrocken- oder auch Halbnassverfahren wird gewöhnlich nur der Ton, als das in der Regel sandhaltigere der beiden Rohmaterialien, eingeschlämmt, während der Kalkstein dem Tonschlamm als feines Trocken-

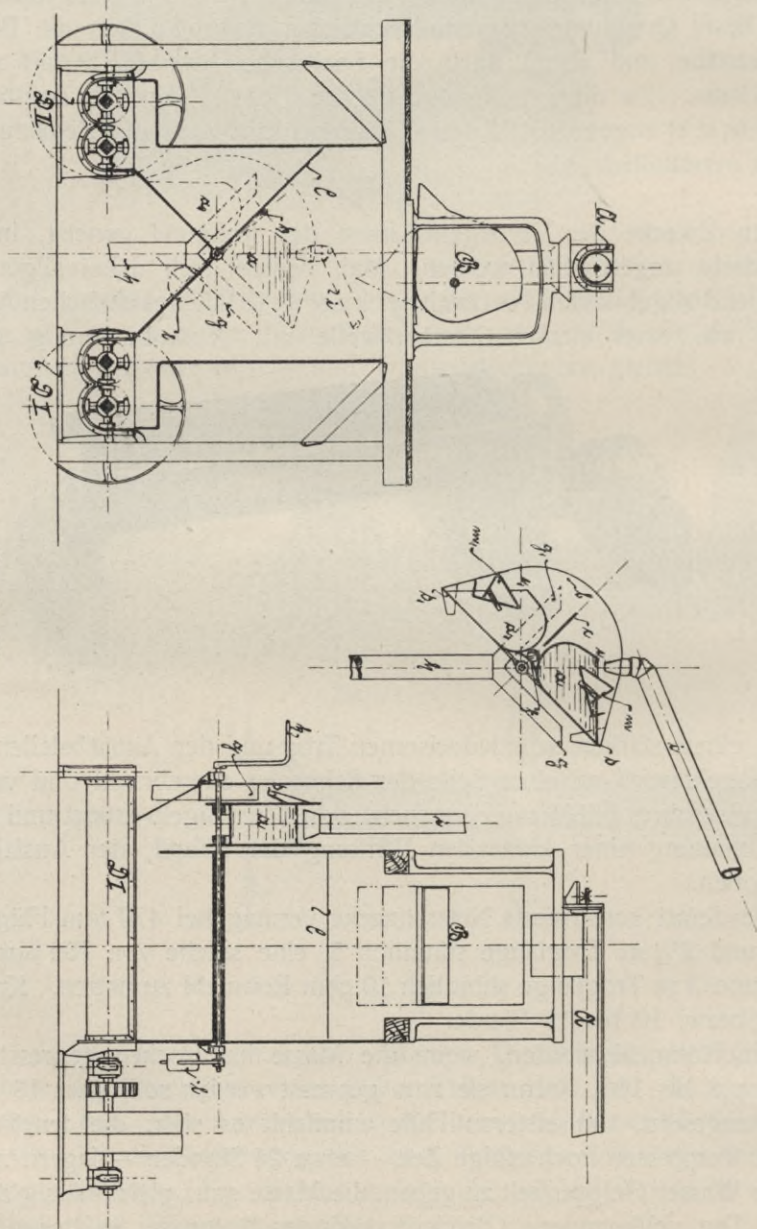


Fig. 104-106.

pulver zugemischt wird. Es kommt auch vor, dass man sandfreien, von Natur aus sehr nassen Ton durch einfachen Wasserzusatz in einen Schlamm von derartiger Konsistenz verwandelt, dass die Mischung mit dem trockenen Kalksteinmehl eine „streichrechte“ Masse liefert, d. h. eine Masse, die sich sofort in Strangpressen zu Ziegelsteinen von genügender Festigkeit verarbeiten lässt. Ein eigentliches „Schlämmen“ liegt in solchem Falle, streng genommen, nicht vor.

Besondere Sorgfalt und Aufmerksamkeit ist bei dieser Arbeitsweise der Mischanlage zuzuwenden. In den Fig. 104–106 ist eine solche – ausgeführt vom Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. in Hamburg – dargestellt. Es bedeutet: *A* die Zuführungsschnecke für das Kalksteinrohmehl, *B* die automatische Wage (Reuther & Reisert), *C* eine mittelst Hebel *K* leicht umlegbare und durch Gegengewicht *l* ausbalanzierte Mehlrutsche, *D'* und *D''* die Gegenstrommischmaschinen (Patent Nagel & Kaemp). Auf derselben Drehachse wie die Mehlrutsche *C* sitzt das Doppelmessgefäß *aa₁*, dem der Tonschlamm durch die Rohrleitung *i* zugeführt wird. Die Gefäße *aa₁* werden abwechselnd gefüllt und entleert, je nachdem das eine oder das andere unter die Ausflussöffnung von *i* gelangt. Die Füllung derselben ist mittelst der Körper *mm₁* regulierbar. *dd₁* sind Überlaufschlaufen, *gh* bedeutet die Rückleitung, die den überlaufenden Tonschlamm nach dem Bassin zurückführt.

Ein staubdichtes Gehäuse schliesst die ganze oben beschriebene Vorrichtung ein. Der dieselbe bedienende Arbeiter beobachtet durch ein im Gehäuse an passender Stelle angebrachtes Glasfenster das Ausschlagen der automatischen Wage und kippt im selben Augenblick das Messgefäß mittelst des Hebels *K* um 90° herum; Kalksteinmehl und Tonschlamm gelangen also stets in genau abgewogenen bzw. abgemessenen Quantitäten gleichzeitig in die Mischmaschinen, welche sie nach sorgfältiger Durchmischung als fertige, streichrechte Rohmasse von gewünschter Zusammensetzung verlassen.

Die geschilderte Einrichtung hat sich vorzüglich bewährt. —

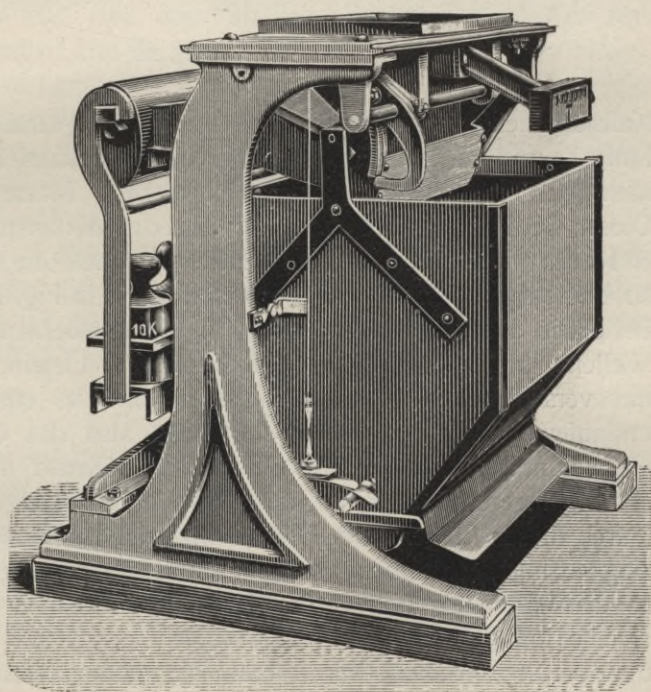


Fig. 107.

Erste Vorbedingung für das richtige Arbeiten derselben ist jedoch das zuverlässige Funktionieren der automatischen Wage, eines Apparates, dessen wir schon im vorhergehenden Kapitel von der trockenen Aufbereitung der Rohmaterialien erwähnten und den beistehende Fig. 107 veranschaulicht. Die automatische Wage, System Reuther & Reisert, ist ein Apparat, der durchaus selbsttätig, ohne Beihilfe der menschlichen Hand, das ihm zugeführte Quantum in Einheitsmengen abwägt und an einem ebenfalls selbsttätig wirkenden Registrierapparat die Zahl der Wägungen und damit das Gesamtquantum, das die Wage passiert hat, ablesen lässt. Die Konstruktion dieser Wägemaschine ist in vielen Tausenden von Ausführungen als zweckentsprechend und zuverlässig befunden worden. Viele Betriebe mit ihrer jetzigen rationellen Arbeitsweise sind ohne die automatische Wage einfach nicht denkbar (z. B. Lagerhäuser für Getreide und dergl.); ihre Einführung in die Cementindustrie bedeutet einen ganz zweifellosen Fortschritt.

Die zweite, nicht weniger wichtige Vorbedingung für das zuverlässige Arbeiten obiger Anlage besteht darin, dass die beiden Materialien, also hier

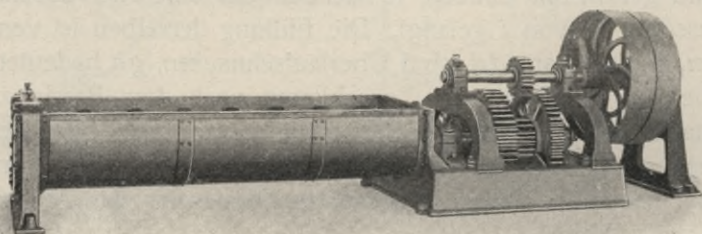


Fig. 108.

Kalksteinmehl und Tonschlamm, in wirklich gründlicher Weise, aufs Allerinnigste und in kürzester Zeit zu einer durchaus homogenen und in den kleinsten Teilen richtig zusammengesetzten Masse durchgemischt werden. Dieser Bedingung wird die Gegenstrom-Mischmaschine (Patent Nagel & Kaemp) in einer Weise gerecht, die auch die höchsten Anforderungen zu befriedigen vermag. Diese Maschine ist in Fig. 108 veranschaulicht. Sie besteht in der Hauptsache aus zwei in einem eisernen Trog parallel gelagerten Wellen, die mit Mischflügeln derselben Gewinderichtung besetzt sind, mit verschiedenen Geschwindigkeiten und in entgegengesetzter Richtung umlaufen. Die eine Mischwelle treibt also das Gut mit einer gewissen Geschwindigkeit nach einer Richtung, während die andere das Gut mit etwas grösserer Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Richtung bewegt. Durch diesen Gegenstrom, der das Material zu einem Kreislauf im Schnecken-trog zwingt, entstehen kräftige Vermengungen der zu mischenden Stoffe, so dass diese als homogene Masse die Maschine verlassen. Die dadurch erzielte Innigkeit der Mischung möge man aus der Tatsache ermes sen, dass die oben beschriebene Mischstation für Halbnassverfahren Mischungen ergibt, die im Verlaufe von drei Wochen im Durchschnitt nur maximal 0,2 % im

Kalkgehalt differieren. Ähnlich glänzende Resultate sind bisher mit keinem anderen Mischapparat — bei ununterbrochenem Betriebe, also nicht absatzweiser Mischung — erreicht worden.

Das Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg baut die Gegenstrom-Mischmaschine in sechs verschiedenen Modellgrößen, für Leistungen von 250 bis 10000 Liter Rohmasse pro Stunde. Der Kraftverbrauch bewegt sich in den Grenzen von $1\frac{1}{2}$ bis 35 Pferden.

§ 136.

Es erübrigt nur noch, das vierte der in der Einleitung zu diesem Buche erwähnte Verfahren zu beschreiben. Schon manchem Cementtechniker wird der Gedanke gekommen sein, wenn er reine weiche Kreide und eben solchen Ton vor sich hatte, dass es doch eigentlich möglich sein müsste, diese Materialien durch die Behandlung mittelst geeigneter Maschinen, ganz ausserhalb des Rahmens der üblichen Nass- oder Trockenprozesse, in Rohmasse von richtiger Zusammensetzung und mit einer Feuchtigkeit zu verwandeln, die das bequeme Verarbeiten auf Strangpressen gestattet. Doch war Kapitän v. Berggreen der erste, der diesen Gedanken in Wirklichkeit umsetzte und das Verfahren in der von ihm s. Z. geleiteten Portland-Cementfabrik „Cimbria“ in Hobro (Dänemark) einführte. Das Verfahren besteht darin, dass Kreide und Ton, so wie sie aus der Grube kommen, karrenweise im richtigen Verhältnis zusammengewogen, durch ein System von Walzwerken (daher Walzverfahren) zerkleinert, sodann aufs Innigste durchgemischt, gesumpft und verziegelt werden.

Ohne weiteres ist es klar, dass das Verfahren nur für Materialien von ganz ungewöhnlicher Reinheit und Weichheit anwendbar ist und beim Fehlen dieser Voraussetzung zu mangelhaften Ergebnissen führen muss. Andererseits hat aber die Erfahrung gelehrt, dass, wenn die fragliche Grundbedingung durch die Eigenschaften der Rohstoffe erfüllt erschien, das erzielte Produkt den Vergleich mit auf anderem Wege erzeugten, sogar erstklassigen Portland-Cementen nicht zu scheuen hatte.

Wir beschränken uns an dieser Stelle auf vorstehende kurze Bemerkungen und verweisen den sich für die Einzelheiten des Verfahrens interessierenden Leser im übrigen auf die in dem Buche „Die Portland-Cement-Fabrikation“ von C. Naske (Leipzig, Th. Thomas) enthaltene ausführliche Beschreibung der nach diesem Verfahren arbeitenden Portland-Cementfabrik „Djatkowo“.

§ 137.

Während die (getrocknete) Cementrohmasse in die alten, periodisch betriebenen Schachtöfen meist in unregelmässigen Brocken, wie sie die Kokesdarre lieferte, oder in Klumpen („Kluten“), die aus der geschlämmten Masse gestochen und an der Luft getrocknet worden waren, aufgegeben, das Verziegeln der Rohmasse aber seltener geübt wurde, ist letzteres für den Betrieb der kontinuierlich arbeitenden Cement-Brennöfen jeglichen Systems als eine nicht zu umgehende Notwendigkeit anzusehen. Eine Ausnahme hiervon

bilden nur die Drehöfen, die mit Schlammmasse direkt aus den Gruben oder mit wenig angefeuchtetem Rohmehl beschickt werden.

Man unterscheidet zwei-
erlei Arten von Ziegel-
pressen. Für geschlämmte
oder sonstwie nass aufberei-
tete Rohmasse, deren Wasser-
gehalt gewöhnlich 18 bis
23 % beträgt, kommt nur
die Strangpresse in Frage,
während für trocken auf-
bereitetes und mit nur wenig
— etwa 7—10 % — Wasser
angenessenes Rohmehl dem

Cementfabrikanten eine
ganze Reihe von sogenann-
ten „Trockenpressen“ zur
Verfügung steht, unter
denen er seine Auswahl zu
treffen hat.

Die Strangpresse
(s. Fig. 109) unterscheidet
sich von den in der Back-
steinfabrikation allgemein
gebräuchlichen und bekann-
ten Ziegelmaschinen in
keinem wesentlichen Punkte.
Sie besteht in der Haupt-
sache aus einer horizontalen,
durch Riemen und Zahn-
rädervorgelege angetriebe-
nen, mit Messern bzw.
Flügeln von der Form einer

Schiffsschraube besetzten
Welle. Die Messer umgibt
ein gusseisernes, nach dem
Auslauf hin verjüngtes
Gehäuse, in welches die
zu bearbeitende Masse in
streichrechtem Zustande
meistens mittelst einer von
der Pressenwelle selbst an-
getriebenen Speisewalze ein-
geführt wird.

Die Messer zerlegen die Masse und drücken sie gleichzeitig
nach dem verjüngten Auslauf hin, der in einem Mundstück von viereckiger

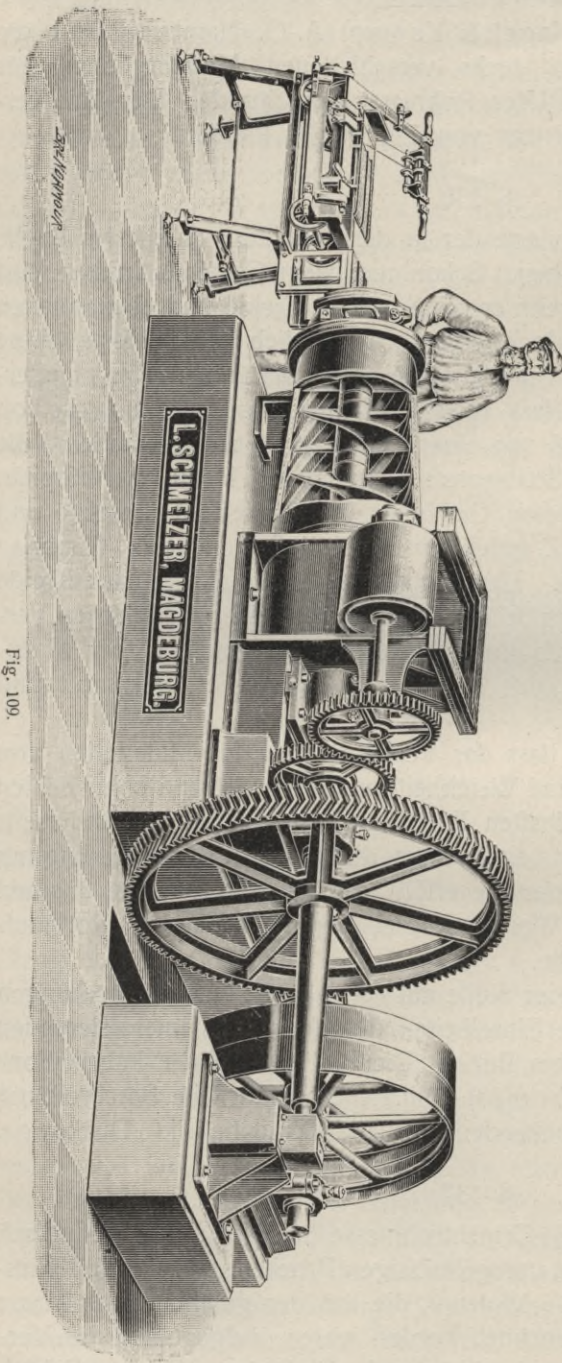


Fig. 109.

Form und von einer lichten Weite endigt, die dem gewünschten Ziegelformat entsprechend gewählt ist.

Auf einem vor das Mundstück gesetzten Tisch läuft auf vier Rädern ein kleiner Wagen, dessen Platte so hoch liegt, dass der aus dem Mundstück kommende Strang sich auf die Wagenplatte legt, wo er durch einen Handgriff mit in passenden Entfernungen eingesetzten Stahldrähten — dem sogenannten Abschneider — zerschnitten bezw. in Ziegelsteine der vorgeschriebenen Grösse und Dicke zerlegt wird. Um das Heraustreten des Stranges aus dem Mundstück zu erleichtern und zu befördern, wird das letztere an seinen Innenwandungen mittelst feiner Wasser- oder auch Dampfstrahlen benetzt.

Die Strangpresse wird öfter auch in stehender Anordnung ausgeführt, und wenn die Masse es erforderlich oder nützlich erscheinen lässt, mit einem Tonschneider kombiniert. Letzterer ist in der Bauart und Einrichtung mit der oben beschriebenen Strangpresse übereinstimmend, nur fehlt ihm das Mundstück mit dem Abschneideapparat. Man bezweckt mit seiner Anwendung ein intensiveres Durcharbeiten und Durchmischen der Masse, doch ist, bei vorzüglicher knetender Wirkung, der Mischeffekt — wie man sich leicht überzeugen kann — nur ein recht mässiger und zu dem benötigten Kraftaufwand in keinem richtigen Verhältnis stehender.

Es kommt nicht selten vor, dass man die geschlämte Cementrohmasse den Gruben in zu dünner und nicht streichrechter Konsistenz entnehmen muss, so dass die Masse in diesem Zustande von der Strangpresse nicht verarbeitet werden könnte. In solchen Fällen ist man genötigt, die Masse anzusteißen, was in der Weise geschieht, dass man ihr künstlich getrocknete Masse zusetzt (vielfach genügt schon der Abfall aus den Trockenkanälen), die man vorher mittelst Walzwerks, Desintegrators oder dergleichen grob pulverisiert hat. Man muss dabei nur einige Vorsicht walten lassen, da ein zu reichlicher Zusatz von trockener Substanz die Masse für die Bearbeitung in der Strangpresse leicht zu steif machen und auf diese Weise Brüche an dieser Maschine verursachen könnte.

Die Strangpressen werden (u. a. von L. Schmelzer in Magdeburg) gewöhnlich in drei verschiedenen Grössen bezw. mit drei verschiedenen kleinsten Durchmessern des Presskegels gebaut, von denen die kleinste für eine Stundenleistung von 1200, die mittlere für eine solche von 1800 und die grösste für eine solche von 4000 Normalsteinen (Format $250 \times 120 \times 65$ mm) bequem ausreicht. Es empfiehlt sich, die Presse grösster Nummer mit zwei Mundstücken und zwei Abschneidetischen zu versehen, d. h. den Strang zu teilen, da bei einer Mundöffnung die Geschwindigkeit des Stranges für die grosse Leistung gleichfalls sehr gross ausfallen müsste und sich dadurch Schwierigkeiten beim Abnehmen der Steine ergeben würden. An Kraft kann man pro 1000 Steine 12 bis 15 Pferde rechnen. — Je nasser man die Ziegel presst, desto mehr Kohle muss man darauf verwenden, um sie wieder trocken zu machen. In diesem Punkte arbeiten die Trockenpressen natürlich ökonomischer als die Strangpressen, auch bedürfen sie zu ihrem Betriebe eines bedeutend geringeren Kraftaufwandes. Dem steht gegenüber, dass die nass gepressten

und gut getrockneten Steine eine sehr viel höhere Festigkeit besitzen als die trocken gepressten, ein Umstand, der bei der Wahl des Ofensystems wol berücksichtigt werden muss.

Unter den Trockenpressen hat die Dorstener Steinpresse der Dorstener Eisengiesserei und Maschinenfabrik in Hervest-Dorsten (Fig. 110) wol die

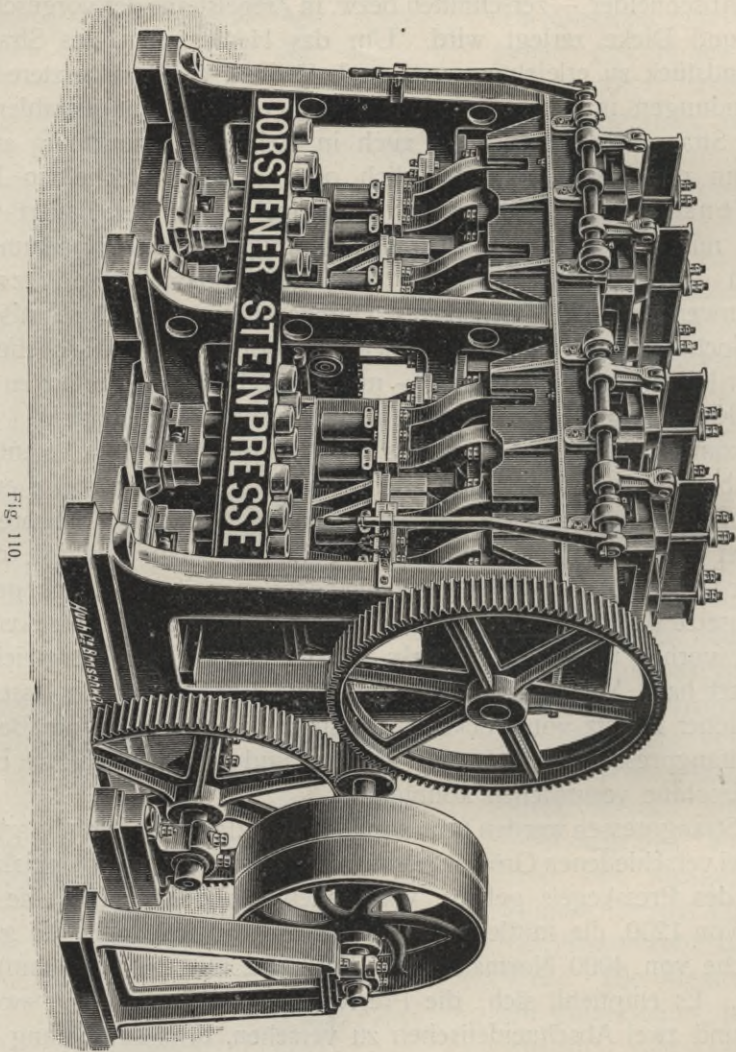


Fig. 110.

weiteste Verbreitung gefunden. Sie gehört zur Kategorie der Schlag- oder Hammerpressen, deren Wirkung darauf beruht, dass das in die Form eingefüllte, mit 8 bis 10% Wasser genetzte Rohmehl von einem frei herabfallenden, entsprechend schweren Stempel durch mehrere (gewöhnlich drei) Schläge zu einem Ziegelstein geschlagen wird, der so fest ist, dass er sich vom Presstisch bequem abnehmen, auf Wagen setzen und durch die Trockenkanäle hindurch bis zur Einsetzstelle am Ofen transportieren lässt, ohne zu

zerbrechen oder zu zerbröckeln. Die Erfüllung dieser Bedingung (ob der Stein dabei scharfkantig, gerade u. s. w. ausfällt, ist ganz gleichgiltig, da es bei dieser Fabrikation durchaus nicht auf die Schönheit, sondern in erster Reihe auf die Festigkeit ankommt) ist aber nicht allein von der Presse, sondern auch von der Sorgfalt in der Zubereitung der Masse und nicht in letzter Linie von der Eignung des Rohmaterials zur Trockenpressung überhaupt abhängig. Die Masse darf weder zu kurz, d. h. gänzlich unplastisch, noch das Gegenteil davon, also allzu plastisch, sein, da im ersteren Falle der Stein so mürbe wird, dass er sich nicht transportieren lässt, im letzteren wiederum vielfach Hängenbleiben in der Form eintritt, was einen geregelten Betrieb ebenso erschwert bezw. unmöglich macht, wie der erstere Übelstand.

Probepressungen mit einer nicht zu geringen Menge des Rohmehles (am besten nicht unter einem Doppelwagen) sind daher unerlässlich, wenn man ganz sicher gehen und sich vor Enttäuschungen bewahren will.

Die Leistungsfähigkeit der Dorstener Presse ist eine sehr grosse; sie beträgt bei der vierstempeligen Maschine bis zu 2800 Normalsteine pro Stunde, bei der zweistempeligen natürlich nur die

Hälfte davon, also bis 1400 Steine. Die letztere Konstruktion wird neuerdings von den Cementtechnikern mehr bevorzugt; man stellt trotz der höheren Anschaffungskosten lieber zwei zweistempelige Pressen auf als eine vierstempelige. Die Betriebssicherheit ist im ersteren Falle viel grösser als im letzteren, wo durch einen Bruch oder dergleichen gleich ein zu grosser Betriebsfaktor ausser Thätigkeit gesetzt wird.

Der Kraftaufwand, den die Dorstener Steinpresse erfordert, ist im Verhältnis zur Leistung ungemein gering; er beträgt bei der vierstempeligen Presse etwa 3, bei der zweistempeligen etwa $1\frac{3}{4}$ Pferde.

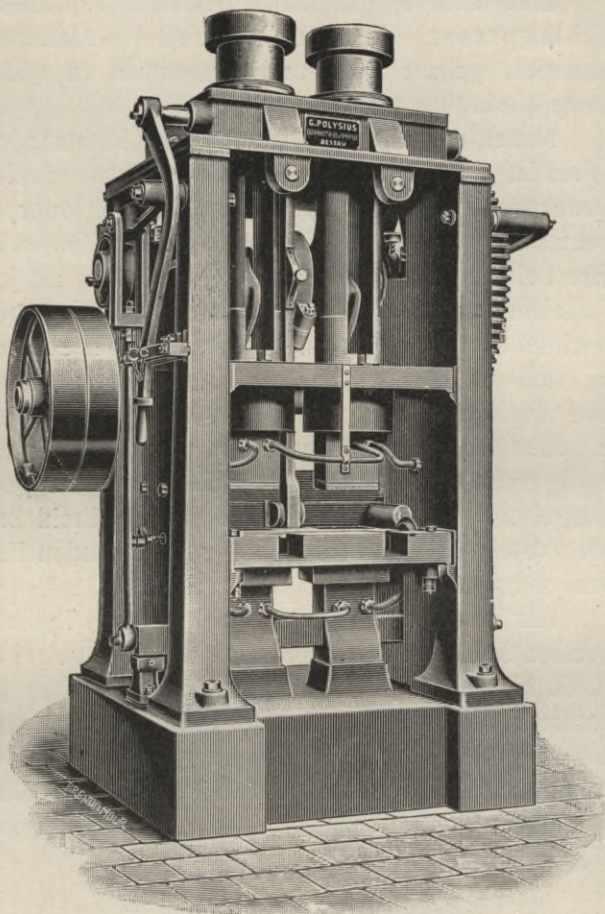


Fig. 111.

Gleichfalls eine Fallhammerpresse ist die in Fig. 111 dargestellte Trockenpresse der Firma G. Polysius in Dessau. Die Presse ist zweitempelig, die Stempel bewegen sich in runden Führungen, was anderen Führungsarten gegenüber zweifellos als ein Fortschritt angesehen werden muss. Die Bauart ist sehr solide und kräftig und die Ausführung wie die aller anderen Apparate derselben Provenienz eine ungemein saubere. Die Konstruktion hat sich sehr gut bewährt.

Eine andere, gleichfalls bewährte Konstruktion ist die Winklersche Schlagpresse, die von Pallenberg-Mannheim und Ganz & Co. in Budapest gebaut wird und namentlich in Süddeutschland und Österreich weite Verbreitung gefunden hat.

Neben diesen, mehr den Namen „Rammapparate“ denn die Bezeichnung „Pressen“ verdienenden Ziegelmaschinen sind vereinzelt auch wirkliche Druckpressen, die entweder hydraulisch oder von der Transmission aus betrieben werden, im Gebrauch. Ihre Konstruktion ist komplizierter und ihre Leistung ist naturgemäss bescheidener als jene der oben beschriebenen Fallhammerpressen, die als Massenfabrikationsapparate „par excellence“ bezeichnet werden können. Dafür haben die Druckpressen den Vorteil, dass sie sich mit einem geringen Wasserzusatz (meist nur 4 bis 5 %) begnügen und auch aus dem mürbsten Material immer noch brauchbare Steine herzustellen vermögen. Ausserdem kann man noch — unter Umständen — infolge des geringen Feuchtigkeitsgrades der gepressten Steine, diese, unter Umgehung der künstlichen Trocknung, direkt in den Schachtofen einsetzen, ein Vorteil, der dem mit Ringöfen arbeitenden Fabrikanten übrigens meistens von selbst zufällt.

Als hervorragendste Vertreter der mit hydraulischem Druck arbeitenden Pressen seien die Konstruktionen des Eisenwerkes (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg und von Huckauf & Bülle in Altona genannt. Sodann verdient die von der Transmission aus zu betreibende Kniehebelpresse der Firma C. Lucke in Eilenburg Erwähnung. Das Vorkommen der letztgenannten drei Pressenkonstruktionen in der Cementindustrie ist jedoch ein derart vereinzelt, dass wir es uns wohl versagen können, auf dieselben hier näher einzugehen.

§ 138.

Die Cementrohziegel müssen vor dem Brennen von dem Wasser, welches ihnen vorher zugesetzt worden ist, wieder befreit werden. Je vollkommener dies geschieht, desto günstiger ist es für den Brennprozess, nicht nur beim kontinuierlichen Schachtofen, sondern auch beim Ringofen; bei letzterem ist es allerdings keine „conditio sine qua non“ für die Möglichkeit, guten, ja sogar besten Portland-Cement zu erzeugen.

Das Austrocknen der mehr oder weniger nass gepressten Ziegel kann nun entweder auf natürlichem oder auf künstlichem Wege geschehen; welche von beiden Methoden anzuwenden ist, hängt ganz von den örtlichen Verhältnissen ab. Sind die Arbeitslöhne sehr niedrig und steht genügend

Terrain zur Verfügung, so ist es wohl möglich, dass die erstere Methode sich ökonomischer erweist und dass man besser daran tut, die Trocken-

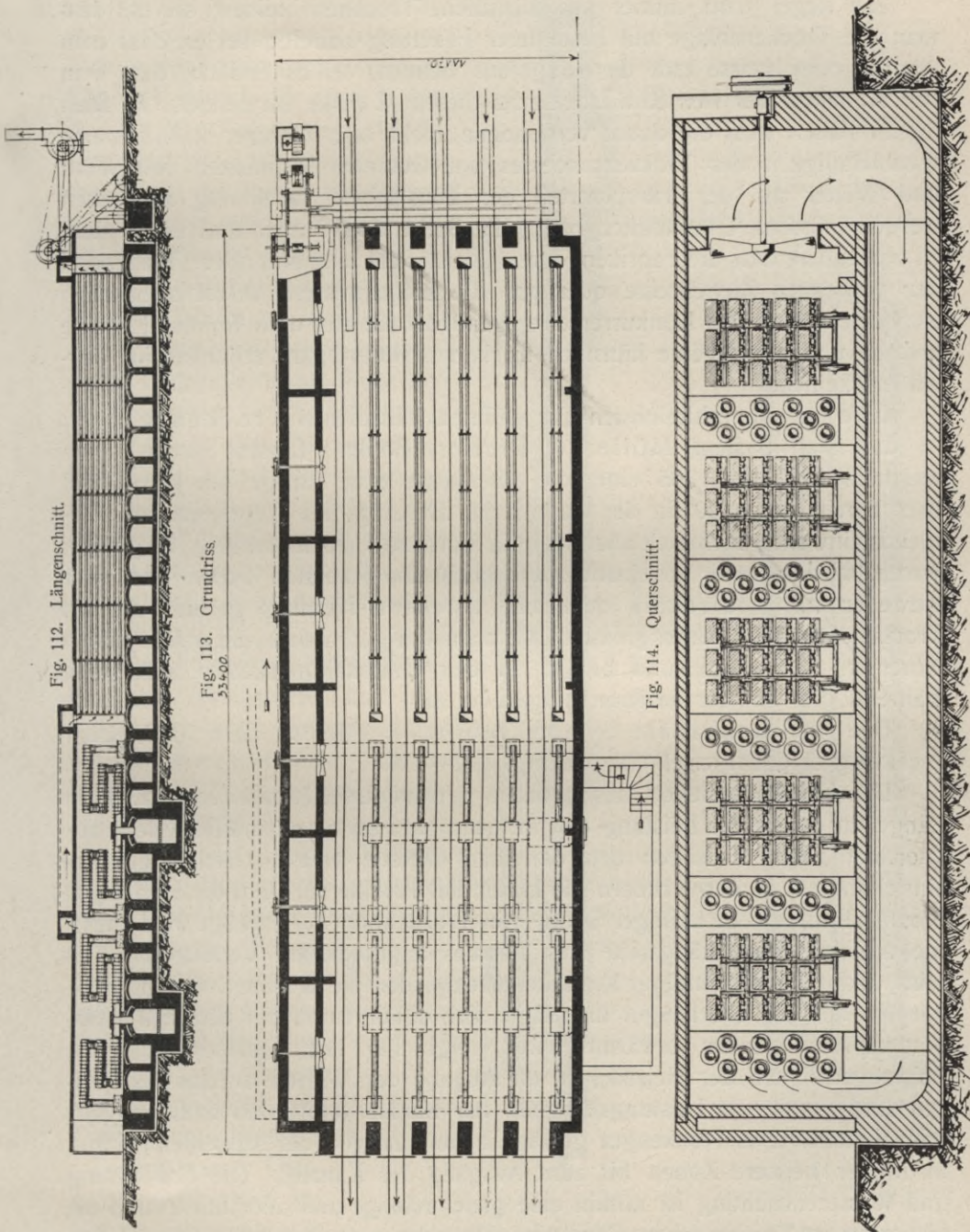


Fig. 112. Längenschnitt.

Fig. 113. Grundriss.
53500.

Fig. 114. Querschnitt.

arbeit den beiden, ohne Gegenleistung wirkenden Faktoren, der Sonne und dem Wind, zu überlassen. Diese Vorbedingungen dürften im allgemeinen

allerdings nur selten erfüllbar sein, immerhin sind Fälle denkbar, wo diese Art der Trocknerei, z. B. in tropischen Gegenden, immer noch am rationellsten erscheint.

Die Regel wird immer das künstliche Trocknen bleiben, sei es, dass man die Trockenanlage mit besonderer Feuerung betreibt, sei es, dass man Abgase oder heisse Luft des Ringofens benutzt, sei es endlich, dass man den Abdampf der Betriebsmaschine zu diesem Zwecke verwendet. In allen diesen Fällen wird die damit verbundene, mehr oder weniger vollkommene Unabhängigkeit des Trockenprozesses von äusseren Einflüssen, von Wind und Wetter als der Hauptvorteil der künstlichen Trocknung angesehen werden müssen. Umständlich bleibt die Sache aber immer und es ist nicht zu verkennen, dass die Fabriken, deren Ofensystem eine besondere Trocknerei der gepressten Ziegelsteine oder gar die Ziegelpresserei selbst entbehrlich erscheinen lässt, den Konkurrenten gegenüber, die aus dem Rohmehl Steine pressen und diese Steine künstlich trocknen müssen, ganz erheblich im Vorteil erscheinen.

Eine der am zahlreichsten ausgeführten künstlichen Trockenanlagen ist die nach System Möller & Pfeifer, Berlin. Dieses System, nach welchem im Jahre 1895 eine, die überhaupt erste Anlage, im Jahre 1898 aber bereits deren 90 (in der Hauptsache allerdings für Ziegeleien und Verblendsteinwerke, mehrfach aber auch für Portland-Cementfabriken), ausgeführt waren, wird in zwei, voneinander erheblich abweichenden Typen, und zwar entweder mit indirekter oder mit direkter Heizung gebaut, die im Trockeneffekt zwar keinen grossen Unterschied zeigen, wovon die erstere jedoch teurer in der Anlage und billiger in den Unterhaltungskosten sich stellt, während dies bei der letzteren umgekehrt ist.

Die Trockenkanäle System Möller & Pfeifer mit indirekter Heizung sind dargestellt in den Fig. 112—114.

Die Kanäle bestehen aus grossen gemauerten Räumen von ca. 35 m Länge, in denen der Leistung entsprechend zwei bis neun parallele Gleise angeordnet sind. Zwischen den einzelnen Gleisen befinden sich die Heizeinrichtungen, in deren Innern die Heizmittel zirkulieren. Um die Heizungen herum zirkuliert ein kräftiger Strom von Trockenluft, der bewegt wird durch die an der einen Längsseite des Kanales angeordneten Ventilatoren. Es wird dadurch ein ständiger Kreislauf erzeugt, der die Wärme von den Heizkörpern auf das Trockengut überträgt, sich abkühlt und am nächsten Heizkörpersystem wieder erwärmt wird (vergl. Fig. 114, Querschnitt). Die Leistungsfähigkeit der Heizflächen, die Abgabe der Wärme an das Trockengut und somit die Leistungsfähigkeit der Kanäle selbst sind dadurch ganz beträchtliche. Das Trockengut gelangt, anfangend von der Aussentemperatur, in immer heissere Zonen bis zum Ausgang des Kanales. Die Erwärmung und Wasserentziehung ist mithin eine gleichmässige und allmähliche und die Sättigung der Trockenluft im Kanal eine sehr hohe, weil nach den physikalischen Gesetzen atmosphärische Luft nach etwa hyperbolischem Verhältnis um so mehr Feuchtigkeit aufzunehmen in der Lage ist, je wärmer sie selbst wird.

Zur Erreichung grösstmöglicher Wärmeökonomie wird die heisse, mit Wasser gesättigte Trockenluft nicht direkt ins Freie geleitet, sondern durch einen in Fig. 112 ersichtlichen, auf der Decke angeordneten Kanal zurückgeleitet nach der im Anfang des Kanales angeordneten Kondensheizung, die etwa $\frac{3}{5}$ bis $\frac{2}{3}$ des Trockenraumes ausfüllt. Die gesättigte Luft streicht durch das Innere der Rohre, die aussen stark gekühlt werden, es wird mit-hin die latente Wärme, die in den Wasserdämpfen enthalten ist, für die Trocknung nutzbar gemacht. Das gewonnene kondensierte Wasser läuft am Ende der Rohrkolonnen zur Kesselheizung ab. Die in den Rohren abgekühlte und entwässerte Trockenluft wird durch einen kleinen Exhaustor ins Freie abgeführt, meist mit einer Temperatur, die nur einige Grad über Aussentemperatur liegt.

Durch die gemeinsame Wirkung der Ventilatoren und des Exhaustors beschreibt jedes Luftteilchen im Kanal einen Schraubenweg bis zum Ausgang bzw. zur Absaugung hin.

Der vordere Teil des Kanales ist mittelst Kaloriferheizung bedient. Die Gesamtheizung ist also eine indirekte, Feuer-gase kommen nicht in das Innere der Kanäle, die Betriebsmittel sind demnach vor jedem Verlust geschützt und haben unbegrenzte Lebensdauer. Die

Leistungsfähigkeit der Kanäle schwankt je nach der Gleiszahl zwischen 10 000 und 50 000 nassgepressten Cementrohsteinen pro Tag.

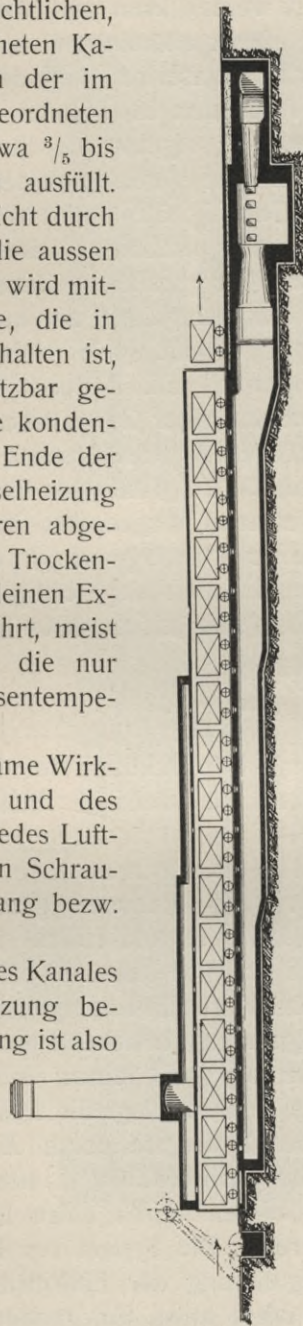


Fig. 115. Längenschnitt.

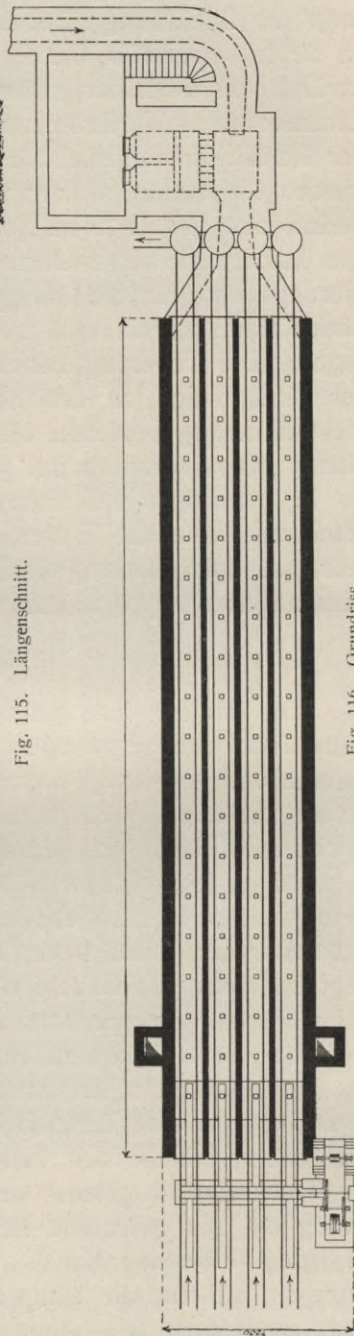


Fig. 116. Grundriss.

Die Möller & Pfeiferschen Kanäle mit direkter Heizung und Zentralheizung sind überall da am Platze, wo mit verhältnismässig schwefelfreien Kohlen gefeuert werden kann und Wert auf besondere Billigkeit der Anlage gelegt wird. Es ist allerdings nicht zu verkennen, dass infolge der Einführung direkter Feuergase ins Innere der Kanäle der Verschleiss an Betriebsmitteln in diesen Apparaten ein höherer ist als in den Trockenkanälen mit indirekter Heizung, es ergeben jedoch auch diese Kanäle mit Zentralheizung im Betrieb sehr gute Verdampfungseffekte. Die Anordnung der Kanäle ist dargestellt in den Fig. 115 und 116. Je nach der Leistung werden die Kanäle mit zwei bis acht parallelen Gleisen ausgerüstet, die Länge beläuft sich auf ca. 35 m. Jedes der parallelen Gleise ist in einem aus leichtem Mauerwerk hergestellten Gang eingebaut, der im unteren Teil den Zuführungskanal für die Heizgase enthält. Die Heizgase treten durch die Bodenöffnungen ein und werden allmählich durch Deckenöffnungen abgezogen. Die Feuerung besteht aus einer Zentralheizung, die entsprechend der Konstruktion an den Möller & Pfeiferschen Trockentrommeln mit Ejektorheizung betrieben wird, sie ist gemeinsam für zwei bis vier parallele Gleise. Der Vorschub des gesamten Wagenparks in diesen Kanälen sowol als in denjenigen mit indirekter Heizung erfolgt durch ein selbsttätiges Windwerk. Die Kanäle werden in der Anlage billig und arbeiten im Betrieb sehr gut. Die Leistung beziffert sich auf ca. 8000 bis 10000 nassgepresste Cementrohsteine pro Kanal.

§ 139.

Eine andere Trockenkanal-Konstruktion, im Betrieb und in ihren Hilfsmitteln von hervorragender Einfachheit, im Effekt aber keiner anderen nachstehend, ist das Tunnel-Trocknersystem nach Cummer, dessen Bauart aus den Fig. 117 und 118 ersichtlich ist. Die Cummersche Tunnel-trocknerei besteht aus einem oder mehreren gemauerten Kanälen von etwa 35 m Länge, 2 m lichter Breite und Höhe. Jeder Tunnel wird von zwei Gleisen durchzogen, auf welchen etwa 40 Etagenwagen (s. Fig. 119) mit zusammen 10000 Normalsteinen Platz finden. Seitwärts am Auskarrende liegt der Ofen (im Bilde fortgelassen), bestehend aus einer Cummerschen automatischen Treppenrostheizung und einem oder zwei Ventilatoren. Zwischen dem Ofen und den Tunnels liegt die Mischkammer, in welcher die im Ofen erzeugten heissen Feuergase durch Zumischung von kalter Aussenluft auf eine Temperatur von etwa 300° C. heruntergebracht und aus der sie vermittelt der Ventilatoren durch einen Querkanal hindurch in die Trockenkanäle geleitet werden. Ein System von Registern und Klappen ermöglicht die genaueste Regulierung der Eintrittstemperatur der Heizluft an jedem einzelnen Kanal. Diese muss für gewöhnlich 135 bis 180° C. betragen, während die Temperatur in den Dunstschloten normal 30° C. nicht übersteigen darf.

Die Cummerschen Tunnel-Trockenanlagen ergeben bei sorgsamem und sachverständigem Betriebe ganz hervorragende Trockeneffekte. Die Höhe

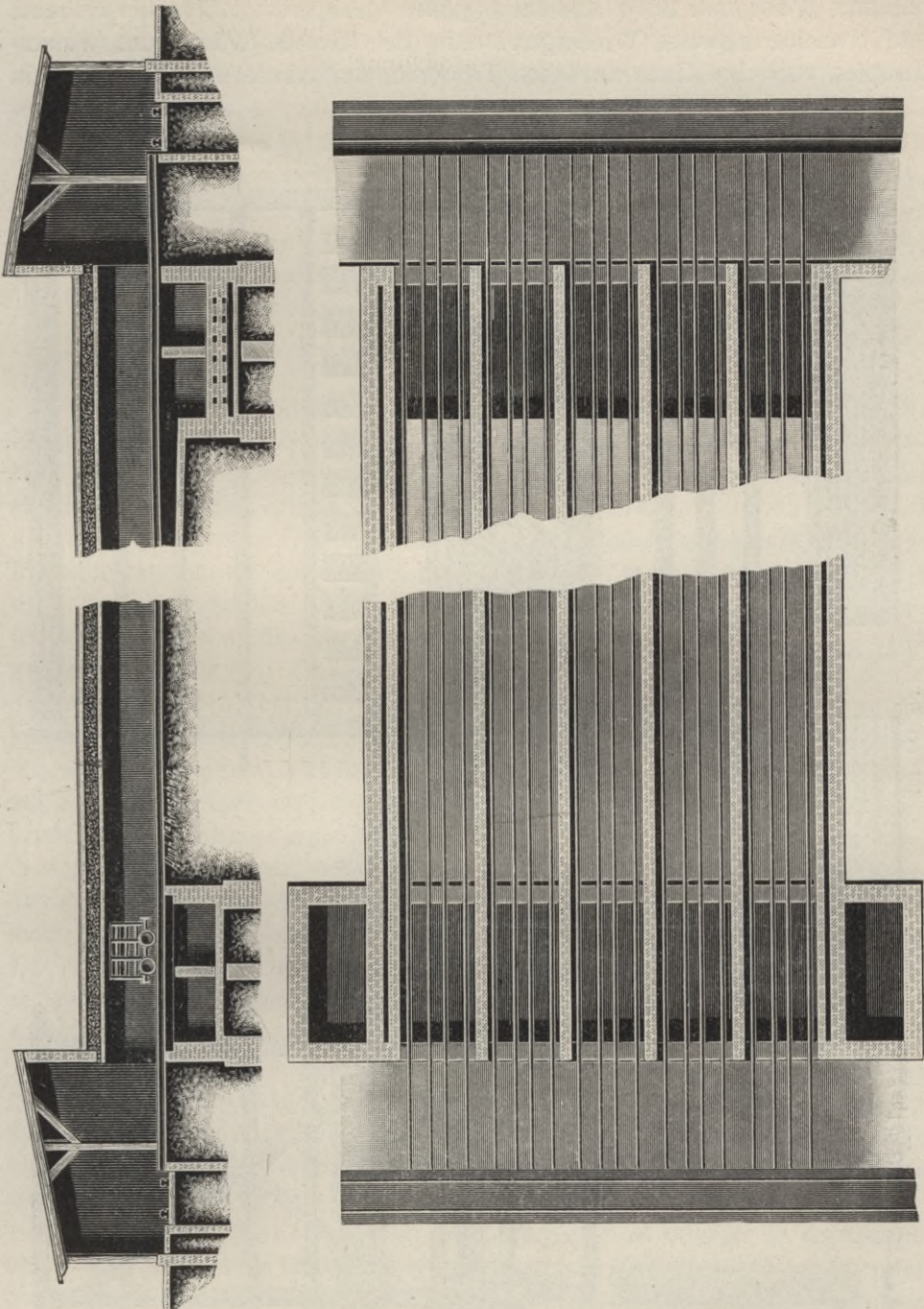
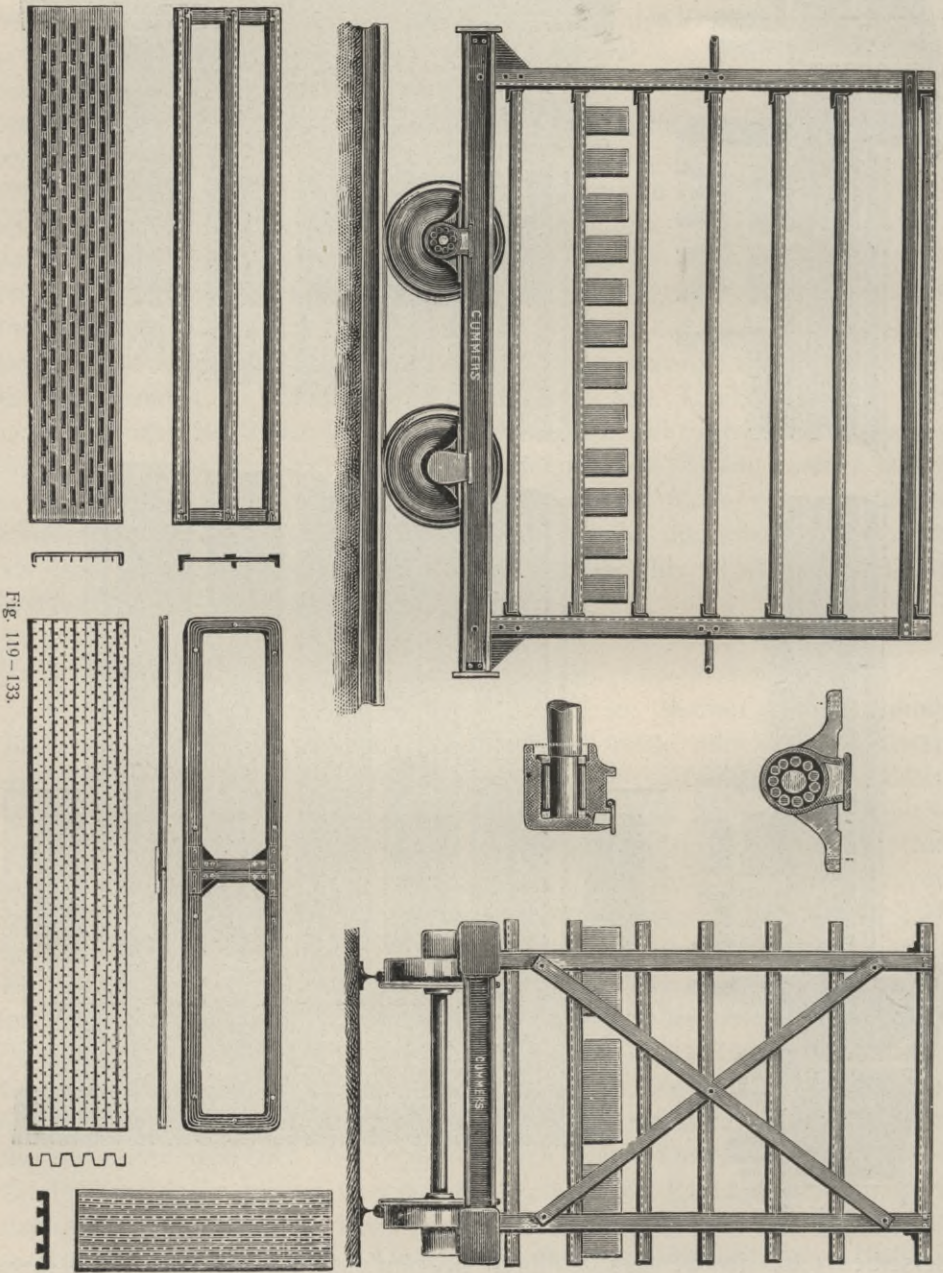


Fig. 117 und 118.

derselben*) ist derart, dass zu ihrer Begründung die Tatsache der nahezu vollkommenen Verbrennung im Cummerschen Ofen allein nicht ausreicht. Wir müssen vielmehr annehmen, dass die von Möller & Pfeifer in geist-

*) Vergl. Naske, Die Portland-Cement-Fabrikation. Leipzig, Th. Thomas.

reichster Weise und unter Anwendung aller geeigneten Hilfsmittel erstrebt und erreichte teilweise Wiedergewinnung der latenten Wärme des Wasserdampfes, auch im Cummerschen Trockentunnel erzielt wird. Wie vorhin



angedeutet, ist die Art der Bedienung der Trockenkanäle auf deren relative und absolute Leistung von erheblichem Einfluss und die an verschiedenen Orten erzielten Resultate stimmen denn auch selten miteinander überein.

Immerhin wird man jedoch im Mittel mit einer neun- bis zehnfachen Verdampfung rechnen können.

In den Fig. 119 bis 122 ist ein Etagenwagen mit seinen Details abgebildet; die Fig. 123 bis 133 veranschaulichen unterschiedliche Konstruktionen von Einlegerahmen, auf welche die frischen Ziegelsteine aufgesetzt werden.

Von hervorragender Wichtigkeit ist beim Cummerschen Etagenwagen der Anstrich, der die Eisenteile vor den zerstörenden Einflüssen von Wasserdampf und schwefliger Säure schützen muss. Ein guter Siderosthenanstrich und ein minimaler Zusatz von Ätzkalk zur Saugeluft der Ventilatoren haben sich für diesen Zweck wol bewährt.

§ 140.

Die in der Tonindustrie zu rascher Verbreitung gelangte Kellersche Methode der künstlichen Trocknung mittelst Auspuffdampfes hat in jüngster Zeit auch in der Cementfabrikation Eingang gefunden, weshalb es wohl angebracht erscheint, sie an dieser Stelle zu besprechen.

Eine Kellersche Trockenanlage besteht, ähnlich anderen Kanal- oder Tunneltrocknern, aus einem oder zwei oder mehr Gängen, deren Anzahl sich nach der gewünschten Tagesleistung richtet. Während aber in den oben beschriebenen Trockenkanälen von Möller & Pfeifer und Cummer die frisch gepressten Steine auf Etagenwagen gesetzt und durch die Kanäle durchgeschoben werden, bedient sich Keller zum Transport derselben von der Presse in die Trockengänge eines eigenartig konstruierten, sogenannten „selbsttätigen Ziegelwagens“, welcher derart eingerichtet ist, dass die an der Presse mit Steinen besetzten und in das Gerüst des Wagens eingeschobenen Ziegelbretter durch einen einzigen Hebeldruck auf Auskragungen des Mauerwerks in den Gängen abgesetzt werden. Das Ausfahren der besetzten Bretter (bezw. der getrockneten Steine) geschieht in derselben Weise, so dass sich also in dem Trockengang keinerlei bewegliche, fahrbare Teile befinden und das Zu- und Ausbringen der nassen und getrockneten Steine nur mit Hilfe einiger selbsttätiger Ziegelwagen geschieht, deren Zahl im Vergleich zu dem Wagenpark anderer Trockeneinrichtungen als verschwindend klein bezeichnet werden muss.

Die Heizung der Gänge erfolgt, wie oben schon angedeutet, durch den Auspuffdampf der Betriebsmaschine, welcher durch Rippenrohre geleitet wird, die im Innern der Gänge passend verteilt sind. Das in diesen Rohren sich beständig bildende Kondensat wird gesammelt und als reines Wasser mit einer Temperatur von 90—100° C. zum Kesselhaus zurückgeleitet.

Eigenartig ist die Konstruktion der Bedachung, zu welcher in der Hauptsache Schilf und Stroh verwendet wird und welche dem, aus den trocknenden Steinen sich entwickelten Brüden ungehinderten Abfluss gestattet, dagegen der kalten Aussenluft den Zutritt ins Innere des Ganges verwehrt. Die Anlage arbeitet ganz ohne Exhaustoren und Schlotte.

Die Resultate einer in der Lengericher Cementfabrik ausgeführten Anlage sind folgende. Die Trockenzeit beträgt drei Tage. Sechs Gänge liefern in dieser Zeit 18000 Steine und verbrauchen dabei 22000 kg Dampf, womit

13140 kg Wasser verdampft werden, so dass bei achtfacher Kesselerverdampfung (die Anlage muss mit Frischdampf arbeiten, der von 9 Atm. auf $\frac{1}{10}$ Atm. Überdruck abgedrosselt wird) für 1000 Steine 3 Centner Kohle aufgewendet werden, was einer vier- bis sechsfachen Verdampfung entspricht. Das ist — namentlich gegenüber den hohen Verdampfungsziffern der Cummerschen Tunnelanlagen — ja nicht viel, aber dazu kommt der Gewinn an reinem und nahezu 100° heissem Kesselspeisewasser, sowie der Umstand, dass ein eigentlicher Wagenpark mit seinen Instandhaltungskosten wegfällt. Ausserdem wird bei diesem System der Kraftaufwand gespart, der bei den anderen Systemen für die Bewegung der Ventilatoren und Exhaustoren erforderlich ist und welcher für 10000 Steine tägliche Leistung etwa 5 Kilowatt (6,8 PS.) beträgt.

Ist also wohl anzunehmen, dass die letztangeführten Betriebsverhältnisse der Kellerschen Trockenanlage sich günstiger gestalten als z. B. bei Cumer, so ist doch andererseits die lange Trockenzeit ein Umstand, der, wenn die Anlage einigermaßen leistungsfähig sein soll, ganz bedeutende Bebauungsflächen erfordert, die meistens nicht so ohne weiteres zur Verfügung stehen dürften.

Nach Ingenieur Meyer-Osnabrück genügt der Abdampf einer 150 PS. Maschine, um bei einem Wassergehalt von 750 g im frischen Stein, täglich 60000 Ziegel, also genügend für eine Produktion von 750 Normalfass zu liefern, wogegen der Trockenanlage nur diejenigen Kosten zur Last gerechnet werden dürfen, welche die Vorteile der Kondensation gegenüber Auspuffmaschinen darstellen und die praktisch mit nicht über 20% zu veranschlagen sind, so dass mithin der unmittelbare Kohlenverbrauch der Trockenanlage nur $3 \cdot 20 = 0,6$ Centner für 1000 Steine betragen könnte.

§ 141.

Das Cohrssche Trockensystem, das die Abwärme des Ringofens auszunutzen sucht, wurde gleich dem Kellerschen Verfahren aus der Tonindustrie

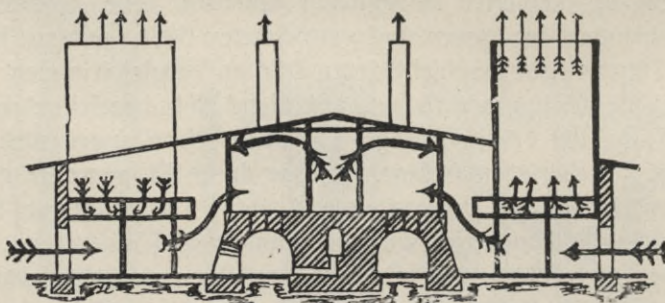


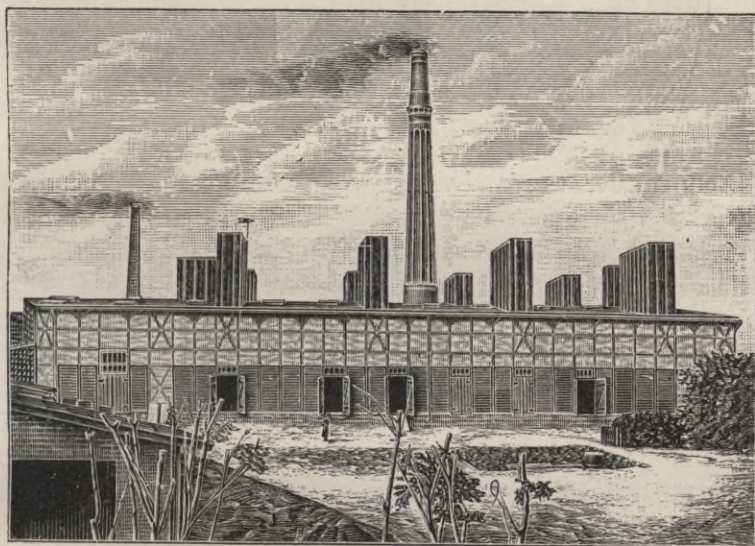
Fig. 134.

in die Portland-Cementfabrikation herübergenommen. Ursprünglich nur für die erstere bestimmt, hat es sich aber auch in letzterer bewährt und ist in den Fabriken: Dyckerhoff-Amöneburg, Grundmann-Oppeln, Alsen-Itzehoe und Quistorp-Stettin mit gutem Erfolge zur Ausführung gelangt.

Die Einrichtung besteht darin, dass (s. Fig. 134) in das Ofenhaus Kammern eingebaut werden, die oben durch das möglichst luftdichte Dach, seitwärts

aussen durch die massiven Umfassungswände und unten durch zwei Böden gebildet werden, von denen der untere Boden gleichfalls möglichst dicht hergestellt ist, und durch Unterzüge, Träger und Säulen getragen wird. Der obere Boden ist dagegen aus Brettern hergestellt, die in passender Entfernung voneinander gelegt sind. Die Zwischenräume stehen durch Luftschächte, deren eine entsprechende Anzahl angeordnet ist, mit der Aussenluft in Verbindung. Die in gleicher Höhe mit diesem zweiten Boden angeordnete Gallerie dient zum Transport der nassen Steine in die Kammern und der getrockneten Steine zu den Ablassvorrichtungen. Die Umfassungsmauer ist in Höhe der Kammern massiv, unterhalb derselben aber mit Türen und stellbaren Läden versehen, welche die Regulierung des Luftzutrittes gestatten.

Der Trockenvorgang gestaltet sich in der Weise, dass durch die letzt-



• Cohrsche Trocknerei.

erwähnten Öffnungen die Aussenluft eintritt, an den Aussenwänden des Ofens und in den Kammern, die gerade ausgetragen werden, sich erwärmend in die Höhe steigt und, da sie durch das dichte Dach nicht entweichen kann, gezwungen wird, in die Trockenkammern einzutreten, die darin aufgestapelten frischen Steine zu erwärmen und zu trocknen und, mit Feuchtigkeit beladen, durch den durchbrochenen Boden in die Luftschächte zu gelangen. Letztere üben infolge ihrer Höhe und Anordnung auf die Luft im Innern des Ringofengebäudes eine saugende Wirkung aus.

Wie die Erfahrung gelehrt hat, können in den Kammern der Cohrsschen Trockenvorrichtung nicht allein die Steine getrocknet werden, welche der Ringofenbetrieb erfordert, sondern sogar noch bedeutend mehr.

Wir werden jedoch weiter unten, bei Besprechung der Cementbrennöfen, sehen, dass der moderne Ringofen in Verbindung mit Trockenpressen die

Anlage besonderer Trockeneinrichtungen als vollkommen entbehrlich erscheinen lässt, so dass auch die Cohrssche Trocknerei nur dort am Platze sein wird, wo man — wie z. B. in Schlämmereibetrieben — gezwungen ist, die Steine nass (mit 18 bis 22% Wasser oder noch mehr) zu pressen. In solchen Fällen ist die Cohrssche Anlage aber nicht nur billig in der Herstellung, sondern — wegen minimaler Reparaturkosten und Fortfalls besonderer Heizvorrichtungen — gleichfalls billig im Betriebe und aus diesen Gründen sehr wol zu empfehlen.

XXII.

Das Brennen.

§ 142.

Das Brennen der Portland-Cementrohmasse geschieht heutigen Tages wohl ausschliesslich in Öfen mit ununterbrochenem Betriebe, während Öfen mit unterbrochenem Brande, wobei die Rohmasse in abwechselnden Lagen in unmittelbare Berührung mit dem Brennstoffe gebracht wird, wegen ihres hohen Brennstoffverbrauches und ihrer umständlichen und daher teuren Bedienung, ganz ausser Gebrauch gekommen sind. Nur der Vollständigkeit halber geben wir nachstehend die Beschreibung eines periodisch zu betreibenden Schachtofens, aus welchem sich im Laufe der Zeiten alle nachher bekannt gewordenen kontinuierlichen Cement-Brennöfen (mit Ausnahme des aus der Ziegelfabrikation herübergenommenen Ringofens und des Drehofens) entwickelt haben.

Ein solcher Ofen ist in Fig. 135 im Längenschnitt und Fig. 136 im Grundriss dargestellt. *a* ist der Rost, *b* das feuerfeste Backsteinfutter, *cc* Isolierschicht, *dd* Einsetztüren, *e* Schauloch, *f* Blechschornstein mit Absperrschieber, *gg* Lagerräume in Fachwerk. Die trockene Cementmasse, mag sie nun die Form unregelmässiger Brocken haben, oder zu Steinen gestrichen sein, wird in abwechselnden Schichten mit dem Feuerungsmittel, Koks, durch die Einsetztüren *d* eingebracht, deren mehrere in verschiedener Höhe sich befinden. Durch eine über dem Roste liegende Öffnung *a* wird das zum Anheizen dienende Holz, gewöhnlich Reiserwellen, in Brand gesetzt; nachdem das Feuer sich dem eigentlichen Brennstoffe mitgeteilt hat, vermauert man diese Öffnung. Ebenso werden die Einsetzöffnungen vermauert und zum Teil durch aussen vorliegende eiserne Türen geschlossen, welche eine Beobachtung des Brandes von oben gestatten. Der Luftzutritt findet von unten durch den Rost statt; der Brennvorgang vollzieht sich ohne weiteres Zutun des Brenners und der regelmässige Verlauf desselben hängt teils von der Trockenheit des Materials, teils von der beim Einsetzen verwendeten Sorg-

falt, teils von gar nicht zu berechnenden Zufälligkeiten ab. Es kommt mitunter vor, dass das Feuer überhaupt nicht zum Durchbrennen zu bringen ist und die ganze Ofenbeschickung wieder ausgerissen und neu gesetzt werden muss. Wenn im übrigen die Zufälligkeiten, welche auf den Gang des Brandes Einfluss haben, nicht von störender Wirkung gewesen, so hängt dessen Gelingen von der richtigen Bemessung der Menge des Feuerungsmittels ab, welche nur durch die Erfahrung festgestellt werden kann.

Für jedes Material ist der geeignete Hitze-grad durch Versuche zu erproben. Ein dichter Cementrohstoff erfordert schärferen Brand; Steinkalk und Schlämmkreide mehr Hitze als lockerer Wiesenkalk. Der Hitze-grad liegt jedoch nicht innerhalb zu enger Grenzen. Die erforderliche Temperatur ist Weissglut. Der Kalk wird schon bei dunkler Rotglühhitze ätzend und wirkt energisch auf den Ton. Bei lebhafter, nur eine Stunde anhaltender Rotglut wird sämtliche Kiesel-

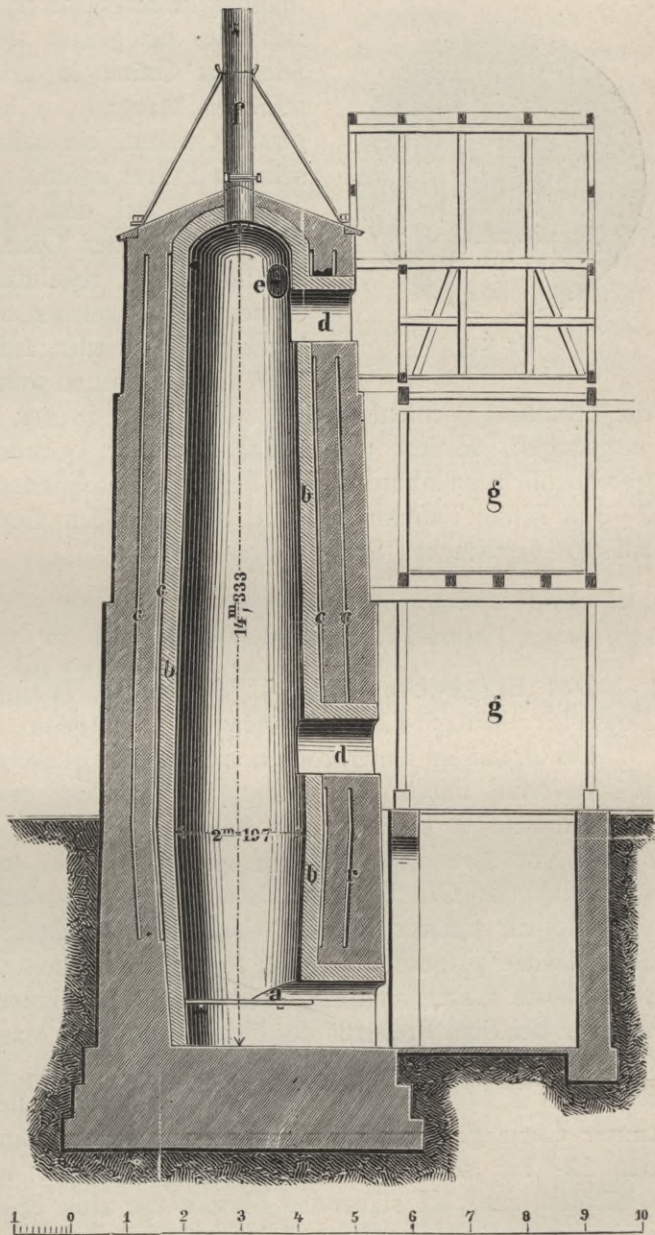


Fig. 135.

erde des Tones löslich; die Masse ist dann hellgelbgrau, erhitzt sich stark im Wasser, hat geringe Erhärtungsfähigkeit und zerfällt an der Luft. Mit der Weissglut wird die Masse grau mit einem Stich ins Grüne von einer

Eisenoxyd-, Kalk- oder Silikatbildung. Bei grösserer Hitze tritt eine blaugraue Färbung ein, die Masse wird immer dichter, basaltischer und schmilzt obsidianartig. Im ersten Stadium gibt die Cementmasse ein helles, gelb-

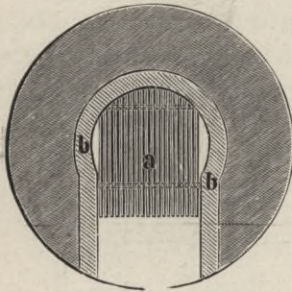


Fig. 136.

braunes, lockeres Pulver; im zweiten, dem Normalzustande, ein graues scharfes Pulver mit einem Stich ins Grüne; im dritten Stadium ist es entschieden blaugrau, während das letzte, der verglaste Cement, ein helles, weissgraues, äusserst scharfes Pulver liefert.

Selbst bei dem günstigsten Verlaufe des Brandes gibt der Ofen häufig einen Teil verbrannten, und regelmässig einen Teil ungarren Cement aus, welcher bei der folgenden Ofenbeschickung wieder aufgeworfen wird. Ist der Ofen ausgebrannt, so werden die Roststäbe gezogen, die erbrannte Cementschlacke stürzt dann in den Aschenfall hinab, wird ausgezogen, sortiert und behufs weiterer Verarbeitung fortgeschafft. Die gebräuchlichsten Abmessungen der oben beschriebenen Schachtofen betragen 2—3 m lichten Durchmesser und ungefähr 15 m Gesamthöhe, wovon 6—8 m auf den eigentlichen Schacht kommen.

§ 143.

Der Etagenofen von C. Dietzsch. (Vergl. Protokoll des Vereins Deutscher Portland-Cementfabrikanten v. J. 1884.)

Der Brand im unterbrochen arbeitenden Schachtofen bedingt ausser dem Wärmeverlust durch die jedesmalige Erhitzung der Ofenwände und ausser dem Entweichen einer grossen Menge Gases noch einen besonderen Überschuss von Brennstoff deshalb, weil auch bei der gleichmässigsten Beschüttung des Ofens grosse Teile der Masse noch gar brennen müssen, während ein anderer Teil des Cementes über Bedarf lange fortwährend der Schmelzhitze ausgesetzt ist. Der Ringofenbetrieb ist,*) wenn auch mit ihm die vollendetste Gasverbrennung verbunden ist, immerhin ein unterbrochener, welcher bei dem Kreislauf des Feuers durch die Masse fortlaufend abgekühlte Ofenwände bis zur Schmelzhitze zu erwärmen hat, und es ist zweifellos, dass dabei der Kohlenverbrauch grösser ist, als wenn umgekehrt sich die Masse durch einen gleichbleibend erhitzten Kanal bewegt. Ferner sind während des 12- bis 18stündigen Durchbrennens einer Kammer die den Heizschächten zunächst stehenden Massen um viele Stunden früher gar, als die entfernteren und in dieser Zeit erschwert der gar gebrannte Cement das Vordringen der Schmelzhitze zu der ungarren Masse.

Zur praktischen Durchführung des dem Ringofen gegenübergestellten Verfahrens, nämlich des Durchgangs des Cementes durch einen gleichbleibend

*) S. weiter unten.

heissen Raum, ist die Form des wagerechten Kanales nicht denkbar, weil unausführbare, mechanische Hilfsmittel zur Fortbewegung der Masse notwendig wären. Es kann also nur an die Anordnung des Schachtofens gedacht werden, und zwar unter der Vereinigung desselben mit den Vorzügen des Ringofens, so dass im Mittelpunkt eines etagenförmigen Kammerofensystems die Kohle zwischen die bereits vorgeglühte Masse gestreut werden kann.

Es sind seit Anfang der Portland-Cementfabrikation vielleicht von allen älteren Cementtechniken Versuche zur Herstellung eines ununterbrochenen Ofenbetriebes ins Werk gesetzt worden, ja der erste Schachtofen ist wahrscheinlich so lange ununterbrochen betrieben worden, bis sich die Schwierigkeiten einstellten, die heute noch die gewinnbringende Stetigkeit unmöglich machen, sofern sie bei schichtweiser Aufgabe des Brennstoffes im einfachen, ununterbrochenen Ofenschacht zu erreichen gesucht wird. Erstens entweicht eine Menge Gas in die Luft, und zweitens macht es der weiche Zustand des gar brennenden Cementes unmöglich, in der Mitte des Ofens eine gleichbleibende Schmelzschicht zu erhalten, von welcher der Cement gleichmässig niedergeht. Der Cement bildet unter der Last der höheren Sätze ein zusammengepresstes, schweissendes Netz, welches von der losen, halbgaren Masse durchbrochen und zerrissen wird, sobald die Unterlage sinkt; hierauf entsteht entweder ein Gemenge von Cementschlacken ungarer Masse und unverbrannten Koks, oder der an den Ofenwänden erkaltende Cement verschliesst nach und nach den ganzen Schacht.

Um einen weichen, zähen und schweissenden Stoff im gleichbleibend erhitzten Schmelzraum gleichmässig zu betten und nach dem Vorgang ohne Zurücklassen von Resten weiter befördern zu können, darf dieser Raum nicht einige Meter hoch bedeckt sein, sondern er ist so anzulegen, dass er die Spitze eines überwölbten Schachtes bildet, welche in ihrer ganzen Fläche übersehbar und bis zu einer gewissen Tiefe für Werkzeuge zugänglich ist. Setzt sich so die Masse auf den heissen, gebrannten Cement auf, so empfängt sie unmittelbar die heisse Luft, die Zugabe von Kohlen kann dem Zuge entsprechend geregelt, die notwendige Brennzeit genau abgemessen und der Schmelzraum nach jeder Ladung gereinigt werden.

Die Grundgedanken, auf welchen der ununterbrochene Brand von Portland-Cement im Etagenofen beruht, sind nach dem bisher Gesagten bereits bekannt. Das System beruht auf einer Vereinigung des Wind- oder Schmelzofens mit den seither im Grossbetriebe angewendeten Schacht- und Ringöfen; es bezweckt, in einem vergrösserten Windofen den Portland-Cement zu fritten, denselben über den kritischen Punkt des Schweissens im richtig abgemessenen Zeitraum künstlich weiter zu befördern und für den Zugang der vorgeglühten Masse, wie für den Abgang des gebrannten Cementes die natürlichen Vorzüge des Schachtofens zu benutzen. Der alte Schachtofen ist in zwei Teile auseinander geschoben und der Kanal, welcher die beiden Schächte verbindet, bildet eine Ringofenkammer.

Der praktischen Verwertung dieses Systems kommen alle Veränderungen, welche der Cement im Feuer durchmacht, zu Hilfe, denn

1. kann die feuerbeständige und widerstandsfähige Cementmasse dem selbständigen Durchgang durch einen Vorwärmeschacht bis zum Schmelzraum überlassen werden,
2. verhindert der schweissweiche Zustand der Masse nicht das freiwillige und gleichmässige Niedergehen im Schmelzraum, und
3. gestattet die willkürliche Form des Erzeugnisses jede künstliche Nachhilfe zur Weiterbeförderung.

Der Etagenofen, Fig. 137, besteht aus vier Abteilungen: *D* Kühlraum, *C* Schmelzraum, *A* Vorwärmer und *B* Schürherd. Der Kühlraum *D* bildet

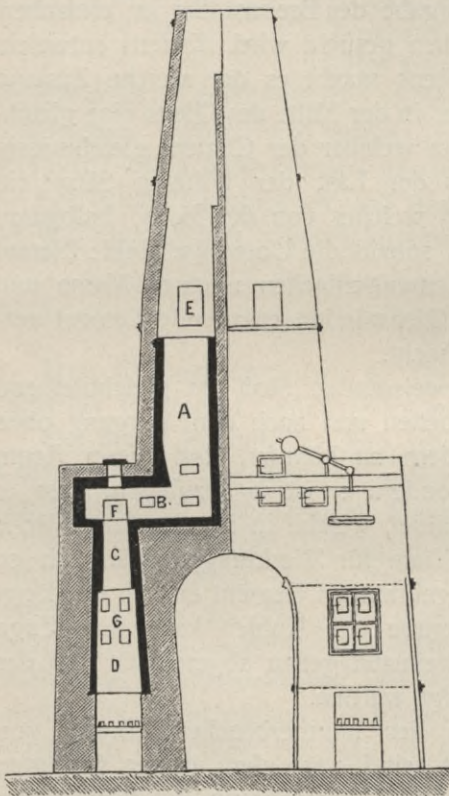


Fig. 137.

das Behältnis zur Aufnahme des gebrannten Cementes; er verengt sich nach oben, wo sich auf einen nach innen vorspringenden Kranz der Schmelzraum *C* aufsetzt. Diese beiden Räume bilden zusammen den unteren Schacht; der Kühlraum springt unter dem Kranze des Schmelzraumes schroff zurück, damit

der von oben niedersinkende heisse Cement die Wand nicht berührt, sondern ein leerer Raum bleibt, in welchem der Cement soweit abkühlt, dass er nicht mehr schweisst. In der Verengung des Schmelzraumes ist ferner Rücksicht darauf genommen, dass das Ofenfutter im Laufe der Zeit abschmilzt und dass dies geraume Zeit geschehen kann, bevor die Wände der beiden Räume eine gerade Linie bilden.

Der Schmelzraum *C* ist überwölbt und mündet in den Kanal *B*, durch welchen das Feuer nach dem Vorwärmer *A* abzieht. Letzterer wird oben durch die Öffnung *E* nur mit Cementmasse lose beschickt, die aus Stücken

von beliebiger Form bestehen kann. Der Kanal *B* hat seitlich die Arbeitsstüren *F*. Ist der obere Inhalt des Schmelzraumes gar, so wird der Kühlraum um so viel entleert, als oben sinken soll. Der Inhalt des Schmelzraumes sinkt nieder und nun wird Kohle eingeschüttet, während die vorgeglühte Masse vom Rande des Kanals *B* mittelst eiserner Haken und der Arbeitsöffnungen *F* nachgezogen und über die Fläche des Schmelzraumes verebnet wird.

Um die Sicherheit, Richtigkeit und Einfachheit dieses Betriebes völlig zu begründen, ist es notwendig, die Ursache des Anschweissens, welches seither den kontinuierlichen Schachtofenbrand verhinderte, so eingehend wie möglich zu untersuchen. Um zwei gleichartige Körper auf feurigem Wege so fest miteinander zu verbinden, dass sie nach dem Erkalten eine zusammenhängende Masse bilden, ist es zunächst notwendig, sie in den Grad der Erhitzung zu versetzen, dass die äusseren Flächen bei ihrer Berührung zusammenkleben. Dieses Zusammenkleben der schweissweichen Masse wird inniger und geht um so tiefer in den Kern der Stücke, je stärker der Druck ist, welcher auf die Flächenannäherung wirkt. Ebenso fliessen die schweissenden Körper um so inniger ineinander, je länger die Zeit dauert, in der sie sich berühren. Es liegt in der Natur, dass der weiche Zustand an sich, die bleibende Verbindung nicht bedingt, sondern dass diese erst hergestellt ist, wenn die Körper im ineinander geflossenen und gepressten Zustande durch Abkühlung erstarren; dann entspricht die Widerstandsfähigkeit der Schweisstelle der Festigkeit des Körpers selbst. Jede Bewegung und Veränderung der Lage der noch schweissweichen Körper rückt hingegen die Schweissflächen auseinander und je kürzer die Ruhepunkte sind, oder je geringer die Belastung und Annäherung der Körper ist, desto mangelhafter ist die Verbindung derselben.

Während nun im unterbrochen arbeitenden Schachtofen und im Ringofen der Cement an der Stelle abkühlt, wo er in Schweisshitze gewesen ist, also volle Zeit hat, unter Belastung und allen günstigen Umständen mit der Umgebung zusammen zu schweissen und zu erstarren, ist die Masse im Etagenofen ganz anderen Verhältnissen ausgesetzt.

Die vorgeglühte Masse ruht seitlich vom Schmelzraum *C* auf der Sohle des Kanals *B*, Kanal und Vorwärmer sind mit Masse für eine Brenndauer von 12 bis 24 Stunden gefüllt; $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ dieser Füllung ist in Glut, während die oberste Abteilung angewärmt wird. So ruht am Rande des Schmelzraumes, ohne dessen Inhalt zu berühren, ein Vorrat von hochohritzer Masse, wovon in regelmässig abgemessenen Pausen bestimmte Mengen über die Fläche des Schmelzraumes verteilt werden. Der Inhalt des Schmelzraumes ist also nicht belastet und wird zum Nachsinken gebracht, so lange er noch schweissweich ist. Durch diese Fortbewegung wird die Lage der einzelnen Stücke häufig verändert und mit dem Tiefsinken in den nach unten sich in genau berechnetem Verhältnis erweiternden Raum verliert die Masse durch Abkühlung die Fähigkeit und Gelegenheit hängen zu bleiben.

Sind die Abmessungen der Ofenteile genau und richtig bemessen und werden die Arbeitspausen genau eingehalten, so genügt die Einsicht des Zieglers oder Kalkbrenners zur gleichmässigen und ungestörten Durchführung des Brandes, bis die Wände des Schmelzraumes ausgeschmolzen sind. Anschweissen und Hängenbleiben kann der Cement nur dann, wenn mehrere Stunden die Arbeit unterlassen wird. Für diesen Fall sind die Öffnungen *GG* vorgesehen und das Schürloch über dem Schmelzraum so angeordnet, dass von oben der ganze Umfang des Schmelzraumes für Stocheisen zugänglich ist. —

Der Etagenofen hat wohl unter allen Ofensystemen die weiteste Verbreitung gefunden und ist dem, der Zeitfolge nach, ersten, wirklich brauchbaren, kontinuierlichen Cementbrennofen, dem später zu beschreibenden Ringofen, vielerorts ein erfolgreicher Mitbewerber gewesen. Über den relativen Wert der beiden Systeme sind vor Zeiten langwierige und sehr gewissenhaft durchgeführte Versuche und Berechnungen gemacht worden, deren Wiedergabe heute, unter ganz veränderten Verhältnissen und Anschauungen in der Cementindustrie, keinen rechten Wert mehr besitzt, auf die wir daher, ohne der Vollständigkeit Abbruch zu tun, verzichten wollen. Die Praxis hat, wie überall so auch hier, dahin entschieden, dass für bestimmte Verhältnisse der Etagenofen, für andere Verhältnisse aber der Ringofen besser am Platze sei und dass keinem von beiden, in ihrer Art sonst vorzüglichen Systemen, die Eignung zum „Universal-Brennapparat“ ohne jegliche Einschränkung, zugesprochen werden könne.

Die Leistung eines Dietzschschen Doppelofens beträgt im Mittel 120 Fass pro Tag, steigt jedoch bei leicht sinternden Materialien noch bedeutend höher und erreicht in Lüneburg und den Oppelner Fabriken die respektable Ziffer von 150 bis 160 Fass. Da die Ausnutzung der aufgewendeten Wärme eine gute ist, so ist auch der Brennmaterialverbrauch ein dementsprechend mässiger. Er ist mit 23 bis 27 kg pro Fass anzunehmen.

§ 144.

Ein Übelstand, der sich im Betriebe des Etagenofens nicht selten bemerkbar machte und der ausserdem der Bedienungsmannschaft gefährlich wurde, war das Herausschlagen der Flammen aus den Feuertüren beim Aufgeben des Brennmaterials. Nebenstehende Abbildung, Fig. 138, zeigt die Verbesserungen, die Hermann Schmidt in Bonn an der Etagenofen-Konstruktion vorgenommen hat, um dem erwähnten, sowie einigen anderen Übelständen zu begegnen. Im Inneren des Vorwärmers *A* bemerkt man geschlossene Schächte hinter dem feuerfesten Futter, welche unten mit dem Feuergewölbe in Verbindung stehen und oberhalb des Vorwärmers in den Schornstein münden. Während des ruhigen Ganges des Ofens sind diese Schächte oben durch Schieber aus feuerfestem Material dicht geschlossen, so dass keine Gase, also auch keine Wärme durch sie entweichen können. Soll nun der Brennraum mit vorgeglühter Rohmasse und Brennmaterial beschickt werden, so zieht der Arbeiter, bevor er die Feuertür öffnet, mittelst Kette deren Griff, der sich neben der Tür befindet, damit die Flammen durch die Schächte abziehen können.

Um das Anbacken der glühenden, weichen Cementmasse an den Innenwänden des Brennraumes zu verhüten, ist die innere Fläche dieses Raumes mit senkrechten Zügen versehen, durch welche die von unten, teils durch die in Abkühlung begriffene Masse, teils durch Seitenschächte und Düsen kommende Luft streicht und eine Isolierschicht zwischen Brenngut und Ofenwand bildet.

Endlich ist noch hinter dem feuerfesten Futter des Brennraumes ein hohler Raum ausgespart, welcher durch eine Anzahl senkrechter Zungen derart abgeteilt ist, dass kalte Luft, welche durch Züge von aussen zuströmen kann, das Futter in mäanderartigen Windungen bestreicht und abkühlt.

Demselben Erfinder (Hermann Schmidt in Bonn) ist noch durch D. R.-P. Nr. 118587 die Kombination eines langen Drehrohres mit einem aus Sammelkammer, Brennraum und Kühlraum bestehenden Ofen geschützt. Der Betrieb geht derart vor sich, dass die angenetzte (nicht in Ziegelform gepresste) Rohmasse in das etwas geneigt liegende, von den Abgasen des Ofens durchströmte Drehrohr gebracht, dortselbst getrocknet wird und als vorgeglühte Masse der Sammelkammer zufällt, wo sie so lange bleibt, bis die inzwischen gar gebrannte Masse abgezogen worden ist. Das Herüberkrücken der vorgeglühten Masse aus der Sammelkammer in den Brennraum geschieht genau wie beim Etagenofen. Senkrecht über dem Brennraum und durch ein passend gestaltetes Gewölbe von der Sammelkammer getrennt, sind Feuerzüge angeordnet, durch welche die im Brennraum sich entwickelnden Flammen und Heizgase ungehindert abziehen und in das Drehrohr gelangen können, wo sie die Rohmasse vorwärmen und vorgehnen.

Um eine gute Hitzeentwicklung und Trocknung zu erzielen, kann dieser Ofen auch mit künstlicher Luftzuführung (am besten mit Unterwindgebläse nach Civilingenieur Ad. Linnenbrügge in Hannover) ausgerüstet werden.

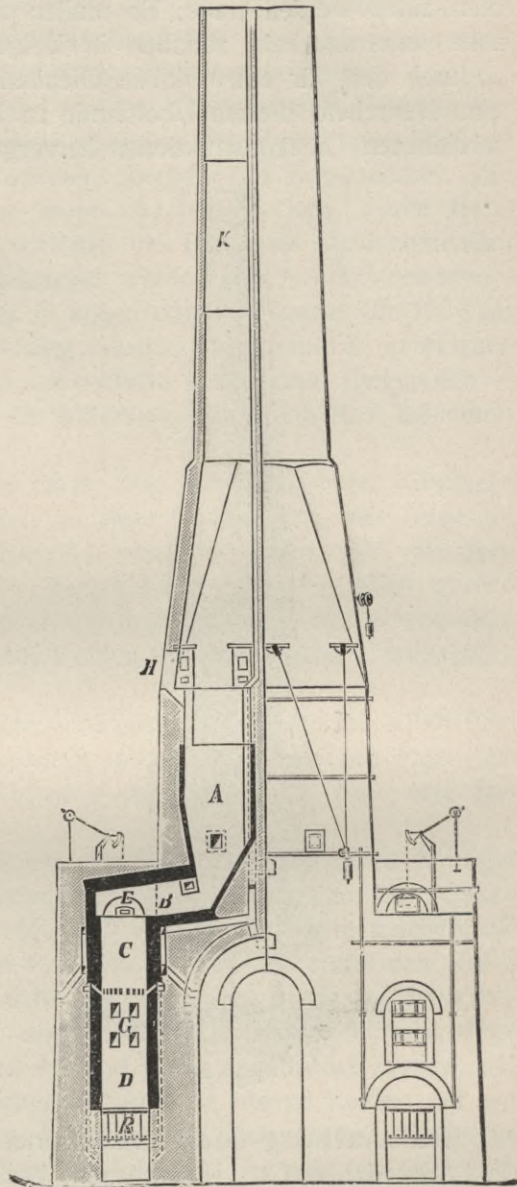


Fig. 138.

§ 145.

Manche Cementrohmaterialien vertragen, trotz Nasspressung und scharfer Trocknung, die etwas angreifende Behandlung nicht, die ihnen im Etagenofen zuteil werden muss; sie mullen auf dem Wege vom Vorwärmer bis zum Sinterraum ab, zerfallen in kleinere Stücke und Staub und verlegen dadurch den für einen flotten Ofenbetrieb unerlässlichen guten Zug. Aus dem Bestreben, diesem Übelstande zu begegnen, sind die nachstehend beschriebenen Ofenkonstruktionen hervorgegangen.

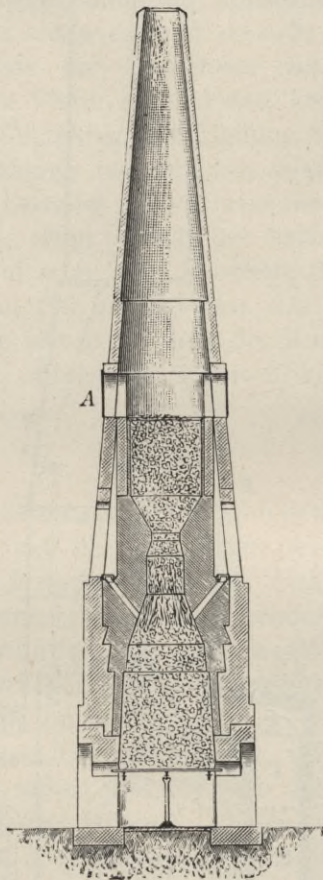


Fig. 139.

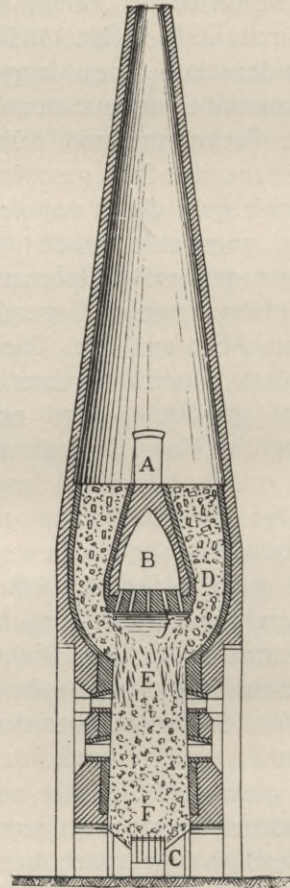


Fig. 140.

Der „Aalborg-Ofen“ (verbesserter „Schöfer“-Ofen), Patent der Herren F. L. Smidth & Co., Kopenhagen, besteht, wie aus der Querschnittsskizze (Fig. 139) ersichtlich, aus einem Schacht, welcher in der Brenn- und Sinterzone stark eingeschnürt, im Kühlraum aber wieder stark erweitert ist. Der Schornstein ruht auf dem äusseren Mauerwerk auf, infolgedessen kann das innere Mauerwerk, sowie die Chamotteauskleidung erneuert werden, während das Raughemäuer stehen bleibt. — Die in einem Kreise angeordneten Heizlöcher münden unterhalb der Sinterzone ein und werden — wenn unbenutzt — wie beim Ringofen durch kleine Deckel verschlossen gehalten.

Die Bedienung dieses Ofens gestaltet sich äusserst einfach; erforderlich sind für einen Brennraum zwei Mann bei Tage und zwei Mann bei Nacht. Das Feuerungsmaterial ist Kohle, von welcher, wie man uns mitteilt, nur 22 kg für das Fass (170 kg) gebraucht werden; der Ofen arbeitet also ungemein sparsam. Die Jahresleistung beträgt 30000 bis 35000 Fass; die Reparaturen wiederholen sich in eineinhalb bis zweijährigen Zwischenräumen.

Der „R“-Ofen (Patent Riisager), welchen nebenstehende Querschnittsskizze (Fig. 140) veranschaulicht, besitzt als besonders charakteristisches Merkmal die Passage *B* quer durch den Vorwärmer, oberhalb des Brennraumes. Die Aufgabe der Kohlen geschieht, wie beim „Aalborg“-Ofen, durch Heizlöcher *f*, welche mit gusseisernen, während des Befeuerns abzunehmenden Deckeln verschlossen sind. Die Rohziegel werden durch die Vorwärmertüren *A* eingebracht. Die Vorwärmer *D* fassen das Rohmaterial für 120 Fass Cement; sie stehen in direkter Verbindung mit dem Brennraum *E*, in welchen die Rohmasse von selbst hineinfällt, also nicht — wie beim Etagenofen — gezogen zu werden braucht. *F* ist der Kühlraum und *C* ein Rost bekannter Konstruktion.

Ein Vorteil dieses Ofens besteht darin, dass der Brenn- und Kühlraum für ca. 500 Fass Klinker Platz bietet, so dass letztere etwa vier Tage im Kühlraum bleiben und schon in diesem, wenigstens zum Teil, ablagern können. Die Abmessungen des „R“-Ofens können grösser gewählt werden als bei anderen Schachtofen, und zwar aus dem Grunde, weil es von dem Heizraum *B* aus leicht möglich ist, die Kohlen über den Raum *E* vollständig gleichmässig zu verteilen.

Die Leistungsfähigkeit dieses Ofens wird uns vom Erfinder mit 40000 Fass pro Jahr angegeben, der Kohlenverbrauch mit 25 bis 28 kg pro Fass. An Bedienung sind — einschliesslich Füllen — drei Mann bei Tage und drei Mann nachts erforderlich.

Ein, namentlich in österreichischen Portland-Cementfabriken häufiger anzutreffendes Ofensystem ist Bernard Liban in Podgórze bei Krakau patentiert. Der Ofen ist (vergl. Fig. 141—147) ein Schachtofen, in welchem die Vorwärmerzone durch Gewölbbögen *CD* von der Sinterzone und dem Kühlraum getrennt ist. *C* und *D* sind nicht über die ganze Breite des Schachtes gespannt und enthalten ausserdem noch Schlitze. Übrigens können diese Gewölbbögen in der verschiedensten Art und Weise angeordnet werden, wie dies die Fig. 143—147 veranschaulichen. Durch die oberen Reihen der mit Türen *t* verschliessbaren Öffnungen *a* erfolgt die Befeuerung, durch die Öffnungen *ll* die Beschickung mit Cementrohziegeln. *bb* sind grössere, mit Pendeltüren *pp* verschliessbare Aussparungen in der Ofenwandung; sie dienen dem Zwecke des Herabbeförderns der auf den Gewölben liegenden vorgeglühten Cementrohmasse in den Brenn- und Sinterraum. Sollen die Cementrohziegel direkt von der Trockenpresse — also mit 8 bis 10% Feuchtigkeit — weg in den Ofen eingesetzt werden, so wird knapp unterhalb der Beschickungsöffnungen *mm* ein Rost *n* eingebaut, auf welchen die frisch geformten Ziegel aufgesetzt und wo sie durch die von unten aufsteigenden

Feuergase getrocknet werden. Beim Chargieren werden die Flachroststäbe mittelst Steckschlüssels von aussen um 90° gedreht, so dass die getrockneten Rohziegel in den Raum oberhalb der Gewölbe *C* und *D* bzw. auf diese selbst gelangen.

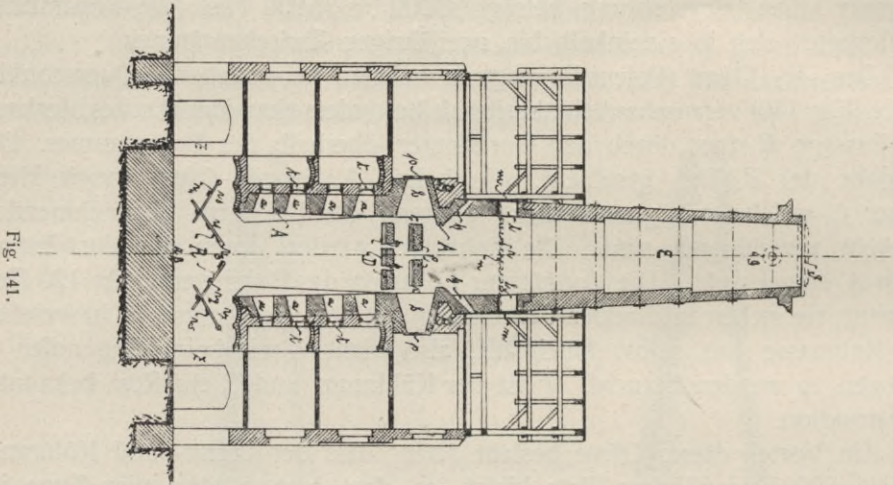


Fig. 141.

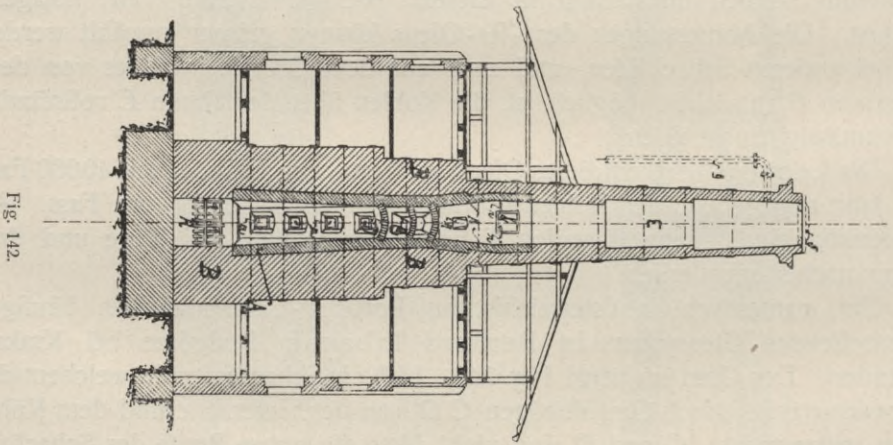


Fig. 142.

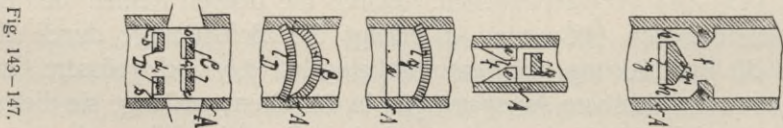


Fig. 143-147.

Die aus der Zeichnung noch ersichtliche Vorkehrung zur Erhöhung des Zuges, bestehend aus dem Deckel *F* und dem Exhaustor-Saugrohr *G* hat sich in der Praxis als unnötig erwiesen. Auch die Rosteinrichtung *n* ist, falls die Rohmasse nicht zu mürbe („kurz“) ist, als entbehrlich anzusehen. Tatsächlich arbeiten uns bekannte Portland-Cementfabriken ohne dieselbe und

setzen die mit ca. 8% Wasser gepressten Ziegel direkt, ohne jede künstliche Vortrocknung, in die Liban-Öfen ein.

Die Jahresleistung des Ofens wird mit 25 000 bis 30 000 Fass und der Steinkohlenverbrauch, wenn frisch (mit ca. 8% Wasser) gepresste Ziegel eingesetzt werden, mit 28 bis 34 kg pro Fass angegeben.

Der Steinsche Rippenofen ist ein gewöhnlicher cylindrischer Schachtofen, bei welchem die Kontinuität des Betriebes dadurch herbeigeführt ist, dass die Ofenwandung aus einer Anzahl gusseiserner, 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ m im Durchmesser haltender, 500 mm hoher Ringe, ohne jede Chamotteauskleidung, gebildet wird. Diese Ringe sind an der Aussenseite mit hohen Rippen versehen, welche in erster Reihe der Verstärkung der Konstruktion dienen, sodann das Verziehen der Ringe verhindern und durch vermehrte Wärmeabgabe nach aussen das Anbrennen und Anbacken der schweissweichen Cementmasse unmöglich machen sollen.

Die Baukosten eines solchen Ofens sind natürlich im Vergleich zu anderen Öfen sehr niedrig, und auch die Reparaturen, die sich auf das zeitweise Erneuern der Ringe in der eigentlichen Brennzone beschränken, verursachen keine grossen Ausgaben.

Die Tagesleistung des Steinschen Ofens beträgt bis zu 90 Fass, der Verbrauch an Koks oder Anthracit 30 bis 35 kg pro Fass.

Der Schneider-Ofen ist gleichfalls ein kontinuierlich zu betreibender Schachtofen, dessen Eigenart aber weniger in der Konstruktion, die kaum von der eines gewöhnlichen Schachtofens abweicht, als in der Betriebsweise liegt. Das Prinzip dieses Ofens ist: Kurze Vorwärmung, möglichst kurze Sinterzone (nicht tiefer als 1,5 bis 2 m ab Gicht) und sorgfältige Abschliessung der Chamottewandung durch Zwischenpackung eines ca. 5 cm breiten Gürtels aus Rohmaterialbrocken. — Der Betrieb geschieht nach bestimmten Vorschriften in bezug auf Koks- und Materialquanten. Neuerdings wird vom Erfinder Versetzen des Rohziegels mit Koksgrus oder Anthracitabfall empfohlen, wodurch ganz hervorragende Leistungen erzielt worden sein sollen. — Der Ofen ist leicht und angenehm zu betreiben, worin wohl der Hauptgrund für seine grosse Verbreitung (seit 1896 etwa 750 Ausführungen) zu suchen ist.

Die Tagesleistung des Schneider-Ofens wird mit 60 bis 80 Fass, der Koksverbrauch mit 28 kg pro Fass angegeben. Die Baukosten sind mässig.

§ 146.

Versuche, Portland-Cement in Öfen mit kontinuierlicher Gasfeuerung anstatt in solchen mit periodischer, direkter Feuerung zu brennen, sind schon vor einer Reihe von Jahren von Sonnet, Steinmann u. a. gemacht worden, haben jedoch — unseres Wissens — praktische und andauernde Erfolge nicht zu erzielen vermocht. Die Versuche sind neuerdings von Theurer und Hansen in Wiener-Neustadt aufgenommen worden, und da, wie man uns berichtet, zwei Öfen nach dem System der genannten Konstrukteure — mit Halbwassergasfeuerung und Gebläse — bereits seit längerer Zeit in befriedigendem Betriebe sich befinden, so lassen wir nachstehend

Abbildung (Fig. 148 und 149) und Beschreibung der interessanten Konstruktion folgen.

Der Ofen besteht aus einem teils cylindrischen, teils kegelförmigen Schacht. Im Kreise um den verengten Sinterraum sind vier Gasgeneratoren eingebaut, deren gasförmige Produkte in absteigender Richtung durch die schrägen Gaskanäle in den oberen Teil des Kühlraumes eingeblasen bzw. eingesaugt werden. Dort mischen sich diese Gase in dem von Rohmaterial freien Raum unter dem Sinterraum mit der aufsteigenden, hoch erhitzten Verbrennungsluft (Sekundärluft). Der Umstand, dass Sekundärluft und Generatorgas, von entgegengesetzten Richtungen kommend, aufeinander treffen, bewirkt eine sehr innige Mischung und dadurch intensive Verbrennung bei hoher Temperatur und mit kurzer Flamme. Letztere schlägt von allen Seiten in den Sinterraum hinein, die Cementsrohmasse vollkommen gleichmässig durchbrennend und verklinkernd. Die Primärluft für die Generatoren wird mit der Sekundärluft zusammen durch den Ofenrost eingesaugt und durchstreicht den Kühlraum, bis im oberen Teile des letzteren die Primärluft mittelst vier Dampf-injektoren abgesaugt und in die Generatoren eingeblasen wird.

Der Wasserdampf zersetzt sich beim Passieren der glühenden Brennmaterialschicht und bildet Wassergas $H_2 + CO$; die hoherhitze Primärluft (800 bis 900⁰)

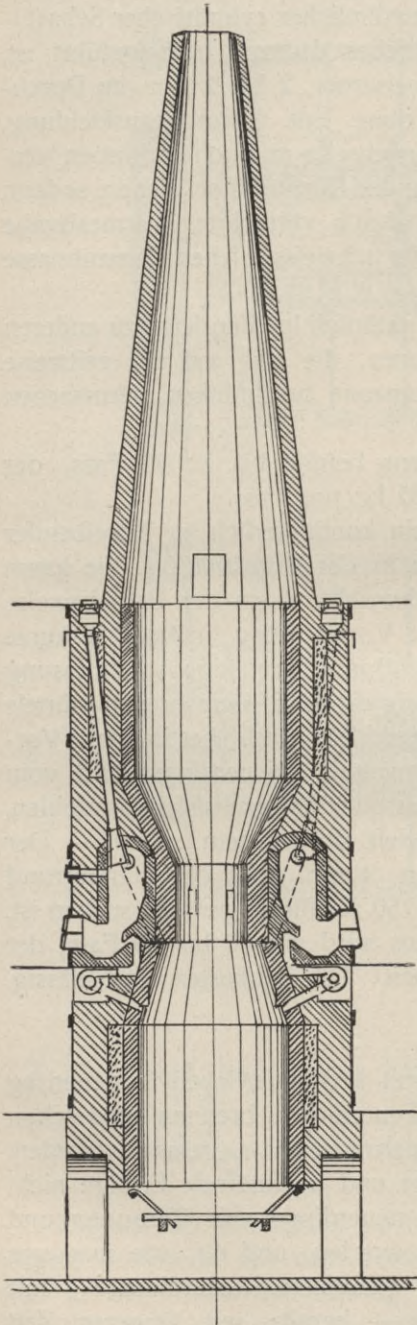


Fig. 148.

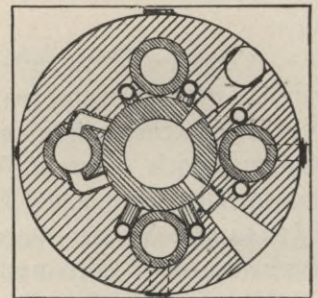


Fig. 149.

wird im Generator mit den Kohlen zu Generatorgas $\text{CO} + \text{N}$ reduziert und dieses Mischgas dann durch die Gasleitungen in den Verbrennungsraum eingeblasen.

Der Dampf für die Injektoren wird von einem kleinen Kessel geliefert, welcher im Mantelmauerwerk des Ofens, ohne besondere Heizung, eingebaut ist.

Da der Klinker mit dem Brennmaterial nicht in Berührung kommt, so bleibt er absolut frei von Schlacke und Asche, was ebenso wie die Unabhängigkeit des Betriebes von der Art des Brennstoffes, von atmosphärischen Einflüssen und von Willkürlichkeiten der Bedienung, als ein grosser Vorzug des Systems bezeichnet werden muss.

Die Leistung wird mit 25 000 kg (147 Fass) in 24 Stunden, der Kohlenverbrauch mit nur 9 bis 10% (15,3 bis 17 kg pro Fass) angegeben, was ganz ausserordentlich niedrig erscheint.

§ 147.

Der Ringofen, von Friedrich Hoffmann in Berlin erfunden, ist in der Ziegelindustrie schon seit ca. 40 Jahren bekannt und allgemein eingeführt, seit etwa 30 Jahren steht derselbe aber auch in der Cementindustrie in Verwendung. Während die alten Ziegelöfen sowie auch die ersten Öfen zum Brennen des Portland-Cementes, die Schachtöfen, periodisch, d. h. mit Unterbrechungen betrieben wurden, wobei das Beschicken derselben mit frischer Ware, das Brennen, Abkühlen und Ausfahren nacheinander stattfand, finden alle diese Stadien des Brennprozesses im Ringofen gleichzeitig nebeneinander statt. Seine Leistungsfähigkeit übertrifft daher diejenige der alten Öfen bedeutend. Die von der gebrannten Ware während der ganzen Dauer ihrer Abkühlung ausströmende Hitze dient beim Ringofen zum Vorwärmen und Erhitzen der Speiseluft für das Feuer, geht also nicht verloren, wie bei den periodischen Öfen, sondern wird dem Feuer im Ofen wieder vollständig zugeführt; ebenso wird auch die mit den Rauchgasen vom Feuer abziehende Hitze, welche bei den periodischen Öfen fast immer nutzlos ins Freie entwich, beim Ringofen vollständig zum Anwärmen und Erhitzen der noch ungebrannten Ware verwertet, ehe letztere ins Vollfeuer kommt. Seine grosse Leistungsfähigkeit verbunden mit der durch die vollkommene Wärmeausnützung erzielten Brennstoffe-Ökonomie lassen den Ringofen als einen ganz vorzüglichen, allen Anforderungen der Massenfabrikation gewachsenen Brennapparat erscheinen.

Im Ringofen sind 28 bis 33 kg Steinkohlen pro Normalfass Portland-Cement erforderlich, je nach der Güte der Kohle und der Sinterbarkeit der Rohmasse. Kleine Ringöfen liefern täglich 80 bis 100 Fass, grosse Ringöfen 400 bis 500 Fass Portland-Cement.

Der Ringofen besteht im wesentlichen aus einem endlosen oder ringförmigen, d. h. in sich selbst zurückkehrenden Brennkanal, welcher im Grundriss kreisrund oder länglichrund oder viereckig oder noch anders geformt sein kann. In diesen Brennkanal wird der zu Ziegeln geformte

Rohcement eingesetzt; derselbe ist nach oben überwölbt. Vom Brennkanal führen 16 oder mehr Rauchabzüge nach dem sogenannten Rauchsammler, welcher mit einem Schornstein in Verbindung steht. An der Mündung der Rauchabzüge in den Rauchsammler sind erstere mit Ventilen zur Regulierung des Zuges, den sogenannten Rauchglocken, versehen. Der Schornstein des Ringofens kann innerhalb, z. B. in der Mitte desselben, oder aber ausserhalb desselben stehen, in welchem Falle er durch einen Rauchkanal von grossem Querschnitt mit dem Rauchsammler in Verbindung steht.

Im Brennkanal müssen zeitweilig Scheidewände, sogenannte Schieber, eingesetzt werden, welche früher und zum Teil noch heute aus Eisenblech bestehen und durch die Türöffnungen in der Aussenmauer des Ringofens in den Brennkanal eingeschoben und demnächst wieder herausgezogen werden, daher der Name „Schieber“. Schon seit Jahren aber werden diese temporären Scheidewände vielfach aus Papier hergestellt, welches in möglichst grossen Stücken in den Brennkanal eingeklebt wird, sogenannte „Papierschieber“, obgleich dieselben nicht eingeschoben werden. Da die in Rede stehenden Scheidewände sich stets an der kühlestn Stelle des Brennkanales befinden, so ist kein vorzeitiges Verbrennen der Papierschieber zu befürchten.

Den zwischen zwei solchen Scheidewänden oder Schiebern liegenden Teil des Brennkanales nennt man eine Abteilung desselben oder eine Ofenkammer; obgleich diese letztere Benennung nicht passend gewählt ist, hat sich dieselbe in der Praxis doch derart eingebürgert, dass sie jetzt nicht mehr durch eine andere ersetzt werden kann. Je nach der Länge des Brennkanales wird derselbe beim Ofenbetriebe der Reihe nach an einer grösseren oder geringeren Anzahl Stellen durch einen „Schieber“ der Quere nach abgeteilt und man sagt dementsprechend: der Ofen habe soundsoviele Abteilungen oder Kammern; es wäre besser, einen Ringofen stets durch Angabe der Länge eines Brennkanales zu charakterisieren, da die Kammerzahl ganz unbestimmt ist und nur davon abhängt, in welchen Zwischenräumen man die „Schieber“ in den Brennkanal einsetzt bzw. einklebt. Gewöhnlich werden letztere an der einen Seite einer jeden Türöffnung in den Brennkanal eingesetzt und es ist daher begreiflich, dass man von einem Ringofen sagt, er habe 16 oder 18 Kammern, wenn er 16 oder 18 Türöffnungen in seiner Aussenwand hat. Die Türöffnungen dienen zum Einsetzen der frischen Cementziegel und zum Ausfahren des Cementes nach erfolgtem Brande; während des Betriebes sind sämtliche Türöffnungen des Ringofens zugemauert, mit Ausnahme derjenigen zwei oder drei Türen, durch welche die frischen Ziegel eingefahren und die gebrannten ausgefahren werden. Die Abbildungen (Fig. 150 bis 152) stellen Grundriss, Querschnitt und teilweisen Längenschnitt eines länglichen Ringofens mit ausserhalb stehendem Schornstein dar. Die eine Hälfte des Grundrisses zeigt einen Horizontalschnitt, die andere Hälfte eine obere Ansicht des Ringofens. Wie aus der Abbildung zu ersehen, ist der Ofen 16teilig, d. h. er hat 16 Abteilungen oder Kammern, er hat nämlich 16 Türöffnungen und ebensoviele Rauch-

abzüge. Von jeder Ofenkammer führt mindestens ein Rauchabzug in den in der Längsachse des Ofens liegenden Rauchsammler; bei langen Ofenkammern gibt man jeder Kammer zwei Rauchabzüge, die dann kleiner sein können und sich daher leichter regulieren lassen, es dabei aber doch ermöglichen, einen schnellen Fortschritt des Feuers zu erzielen.

Im Gewölbe jeder Ofenkammer ist mindestens ein Gurtbogen vorhanden; diese Gurtbögen gehen bei Ringöfen zum Brennen von Portland-Cement viel tiefer herunter als bei den Ringöfen zum Ziegelbrennen, bei welchen sie ja vielfach ganz fehlen. Durch die tiefer hinabgehenden Gurtbögen wird der beim Sintern und Schwinden des Cementes unter dem

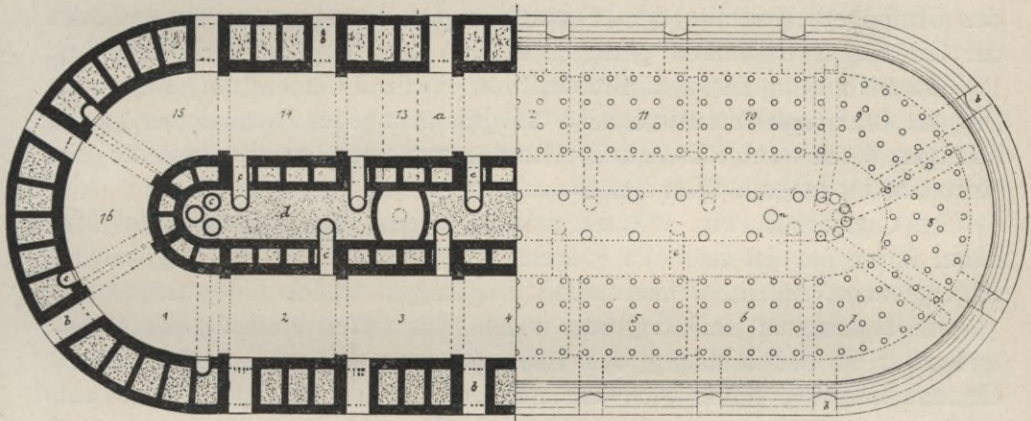


Fig. 150.

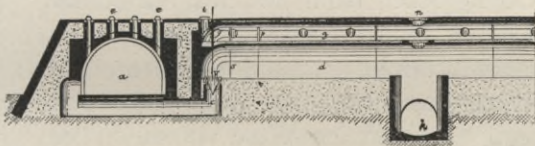


Fig. 151.



Fig. 152.

Ofengewölbe frei werdende leere Raum unterbrochen und das Feuer im Ofen dadurch gezwungen, nicht nur durch den oberen, sondern auch durch den unteren Teil des Brennkanals, also durch die schon teilweise gesinterte Cementmasse hindurchzupassieren und diese vollständig gar zu brennen.

Der ebengenannte Zweck wird noch dadurch befördert, dass durch eine oder mehrere Heizlochreihen in der Gegend des Brennkanals, wo der Cement bereits fast gargebrannt ist, früher ungar gebliebene Cementziegel mit Kohle zusammen in den Brennkanal hinabgeworfen werden, und zwar so lange, bis der durch das Schwinden des Cementes unter dem Ofengewölbe freigewordene Raum ausgefüllt ist. Durch dieses „Nachfüllen“ ungar gebliebener Cementziegel werden letztere einerseits nachträglich noch gargebrannt und andererseits wird also der unter dem Ofengewölbe freigewordene Raum ausgefüllt, ausserdem wird durch dieses „Nachfüllen“ die

Leistungsfähigkeit des Ringofens um etwa 15 % erhöht. Einige Cementfabriken haben jeder Ofenkammer zwei Gurtbögen gegeben, letztere also in kürzeren Zwischenräumen angebracht und wollen dadurch einen schnelleren Fortschritt des Feuers im Brennkanal, also eine erhöhte Leistungsfähigkeit des Ringofens erzielt haben. Andere Fabriken dagegen haben es versucht, ganz ohne Gurtbögen auszukommen und den beim Schwinden des in Glut befindlichen Cementes unterm Gewölbe frei werdenden leeren Raum nur durch das Nachfüllen ungar gebliebenen Cementes zusammen mit Kohle oder Koks auszufüllen und es hat sich gezeigt, dass diese Brennmethode allerdings auch durchführbar ist, dass man dabei aber das Feuer im Brennkanal nicht so schnell vorwärts treiben kann, als bei dem Vorhandensein der Gurtbögen, dass also die Leistungsfähigkeit des Ringofens beim Fehlen der Gurtbögen wesentlich geringer ist als beim Vorhandensein derselben.

Da beim Ringofen zum Brennen von Portland-Cement ein sehr starker Zug im Brennkanal erforderlich ist, so gibt man jeder Ofenkammer zweckmässiger Weise zwei Rauchabzüge, und zwar einen an der äusseren und einen an der inneren Seite des Brennkanales.

Im Querschnitt, Fig. 152, ist ersichtlich, dass der Rauchsammler nach oben überwölbt ist und die Ventile der Rauchabzüge, die sogenannten Rauchglocken, enthält, welche mittelst Zugstangen von oben regulierbar sind.

Im Brennkanal des Ringofens macht das Feuer beständig die Runde, und zwar in der Richtung des Luftzuges, vor sich den zu brennenden Cement findend, hinter sich die gebrannte Ware lassend, welche nach genügender Abkühlung ausgefahren wird. Der durch den Schornstein im Brennkanal erzeugte Luftzug findet in horizontaler Richtung statt; je nach der Stellung des Schiebers und der Rauchglocken kann derselbe rechts oder links herum stattfinden und geht auch das Feuer rechts oder links herum; letztere Richtung ist die am meisten gebräuchliche.

Von der Schnelligkeit, mit welcher das Feuer im Brennkanal fortschreitet, hängt das Quantum der täglich gebrannten Ware ab, ausserdem selbstredend von der Grösse des Brennkanalquerschnittes. Je schneller man brennt, d. h. je schneller das Feuer im Brennkanal des Ringofens vorwärts getrieben wird, umso weniger Brennmaterial pro Fass Cement wird verbraucht. Es ist der Erwähnung wert, dass beim Brennen des Portland-Cementes im Ringofen kein Koks erforderlich ist, wie bei manchen Schachtöfen, sondern dass Steinkohle, und zwar Kleinkohle, vollständig genügt. Auf der Portland-Cementfabrik in Marseille ist neuerdings sogar ein Ringofen für Braunkohlenfeuerung erbaut worden.

Die Befuerung der Ringöfen geschieht bekanntlich durch Einschütten der Kohle in den Brennkanal durch die bereits erwähnten Heizlöcher im Gewölbe desselben. Beim Einsetzen der zu brennenden Ziegel etc. wird unter jedem Heizloch ein sogenannter Heizschacht aufgesetzt, innerhalb dessen das Brennmaterial zur Verbrennung gelangt; die Heizschächte bzw. die dieselben umgebenden Ziegel sind durch die vom Feuer abziehenden Flammen und Rauchgase längst in Glut gebracht worden, ehe dieselben

direkt mit Kohle befeuert werden, letztere entzündet sich daher beim Einwerfen in den Heizschacht sofort durch die darin herrschende Glut.

Bevor man die rohe Cementmasse zum Brennen in den Ringofen einsetzt, wird dieselbe durch eine Ziegelpresse zu Ziegeln geformt. Die frischen von der Presse kommenden Cementziegel werden, falls nass gepresst, einer künstlichen Trocknung vor dem Einsetzen unterzogen, während trocken (d. h. mit 6 bis 10 % Wasserzusatz) gepresste Ziegel nur kurze Zeit — meist 24 Stunden — aufgestapelt zu werden brauchen, um in den Ringofen eingesetzt werden zu können. An manchen Stellen fällt auch dieses fort und kommen die Ziegel direkt von der Trockenpresse weg in den Ofen.

Der Ringofen wurde anfangs der 60er Jahre vorigen Jahrhunderts in die Cementindustrie eingeführt, zuerst bei der Firma Dyckerhoff & Söhne in Amöneburg bei Biebrich a/Rhein, welche jetzt sechs grosse Ringöfen mit einer Jahresproduktion von 600 000 Fass Portland-Cement im Betrieb hat. Demnächst wurden auf den Portland-Cementfabriken in Vorwohle, Heidelberg, Züllchow bei Stettin, in Lägerdorf bei Itzehoe, in Lehrte, Misburg bei Hannover, in Karlstadt und Offenbach a/Main, in Weisenau bei Mainz, in Mannheim, Kuppenheim etc. Ringöfen angelegt. Die meisten derselben haben eine jährliche Leistungsfähigkeit von 100 000, einige auch eine solche von 120 000 und 150 000 Fass Portland-Cement. Auch in Österreich, der Schweiz, in Frankreich, Russland, Japan und Transvaal befinden sich Ringöfen zum Brennen von Portland-Cement.

Der Hoffmannsche Ringofen hat, wie aus Obigem hervorgeht, in Deutschland eine sehr [grosse Verbreitung gefunden und dieses Land hat bekanntlich in den 70er Jahren die Führung in der Cementfabrikation übernommen. Die Vorteile des Ringofens anderen Cementöfen gegenüber sind von deutschen Technikern und Industriellen immer mehr anerkannt worden und auch dem Auslande nicht unbekannt geblieben, so dass man sich auch dort, wie schon erwähnt, in vielen Betrieben des Ringofens zum Brennen des Cementes bedient. Dass der Ringofen sich einer so hervorragenden Verwendung erfreut, liegt an den Vorteilen desselben, wodurch er manchen anderen Cementöfen überlegen ist. Unter allen Ofensystemen zeichnet der Hoffmannsche Ringofen bei sachgemässer Konstruktion und Ausführung sich durch die grösste Dauerhaftigkeit aus und erfordert nur geringen Aufwand an Brennmaterial zum Garbrande des Cementes. Dabei kann auch minderwertiges Brennmaterial verwendet werden, so dass das Brennen sich sehr billig stellt. Der Ringofen gestattet, mit der grössten Sicherheit den Garbrand des Cementes zu erreichen, auch ist es möglich, in den verschiedenen Ofenkammern verschiedene Cementsorten zu brennen, z. B. Schnellbinder und Langsambinder etc. Im Schachtofen würden verschiedene Cementsorten unfehlbar durcheinander geraten.

Der Ringofen ist der Massenproduktion im vollen Masse gewachsen, welche bei der heutigen Cementfabrikation in Betracht kommt. Das Einsetzen der rohen Cementziegel und das Ausnehmen des gebrannten Cementes gestaltet sich in einfacher Weise; dabei ist die Gefährdung der Arbeiter an

Gesundheit und Leben die denkbar geringste. Die erste Inbetriebsetzung des Ringofens vollzieht sich allerdings manchenmal nicht mit der wünschenswerten Präzision, weil vielerlei Umstände dabei zu berücksichtigen sind, die selbst tüchtig geschulte Brenner erst durch die Erfahrung beachten lernen müssen. Hingegen ist der Ringofen, wenn er und die Bedienungsmannschaft erstmal gut aufgezogen und in richtigen Gang gebracht sind, ein vorzüglicher Brennapparat, was ja auch aus der stattlichen Anzahl von Ausführungen — unter welchen gerade die durch Grösse der Jahresproduktion hervorragenden, wie z. B. in den Portland-Cementfabriken Heidelberg und Karlsruh a/M. in die letzten Jahre fallen — am überzeugendsten hervorgeht.

§ 148.

Wir kommen nun zur Besprechung des modernsten der gegenwärtig bestehenden Ofensysteme, zum Drehrohrofen oder auch kürzer Drehofen (engl.: rotatory kiln) genannt. Unter allen Systemen ist er jedenfalls dasjenige, welches dem in der heutigen Industrie herrschenden Geiste und jenen Bestrebungen unserer Zeit unbestreitbar am meisten gerecht wird, die sich in den Grundsätzen: Verkürzung des Fabrikationsganges und möglichste Vermeidung jeglicher Handarbeit — kurz und bündig zusammenfassen lassen. Daher sind alle Fortschritte der Drehofentechnik des allgemeinen Interesses sicher.

Die wirtschaftlichen Vorteile eines abgekürzten Fabrikationsverfahrens liegen auf der Hand. Es sei hierbei erwähnt, dass die weiter oben beschriebenen kontinuierlich arbeitenden Schacht- und Ringöfen eine Brenndauer von 8 bis 20 Stunden erfordern; hierzu kommt noch die Zeit, welche auf das Verziegeln und die meistens noch notwendige künstliche Trocknung der Ziegel bzw. beim Ringofen für das Einsetzen der Ziegel in die Kammern und Abkühlen des Einsatzes aufgewendet werden und die mit mindestens 24 Stunden bis zu acht Tagen angesetzt werden muss. Diesem erheblichen Zeitaufwande steht die eine Stunde, die zwischen Eintritt der Rohmasse in den Drehofen und Austritt des Klinkers aus demselben liegt, gegenüber. Die Ausnutzung der Anlage ist also bei letzterem System eine viel intensivere.

Auch die Umwandlung einer rein manuellen Betriebsweise in eine rein mechanische, ist unter allen Umständen als ein Fortschritt anzusehen und die Ersetzung eines in seinen Ergebnissen von Wind und Wetter, von der Geschicklichkeit und Zuverlässigkeit einer grossen Zahl von Händen derart abhängigen Apparates, wie es der stationäre Cementbrennofen zweifellos ist, durch eine, der Intelligenz nur eines einzigen, geschulten Arbeiters unterstellte „Brennmaschine“, gewiss ein erstrebenswertes Ziel.

Nun aber gehen wir keineswegs so weit, wie manche begeisterte Drehofenanhänger tun, die der deutschen Cementindustrie sicheren Untergang weissagen, falls sie sich nicht schleunigst zur allgemeinen Einführung des Drehofens aufschwingt; immerhin können wir uns der Erkenntnis nicht verschliessen, dass die Grösse der Umwälzung, die dieses System in der Port-

land-Cementindustrie aller Länder mit der Zeit hervorbringen wird und muss, keineswegs unterschätzt werden darf. Sicherlich verdient es, namentlich in der Bauart der Brennöfenbauanstalt zu Hamburg, der Atlas-Cement-works in Northampton (Hurry and Seaman) und der Firma F.L. Smidth & Co., Kopenhagen, von allen interessierten Kreisen ernsthaft beachtet und gründlich studiert zu werden. — Allerdings gibt es Verhältnisse, wie z. B. sehr hohe Kohlenpreise neben sehr niedrigen Arbeitslöhnen, die die Ökonomie des Drehofenbetriebes in seiner jetzigen Gestalt stark in Frage stellen können — (und auch die grossen, mit Ringöfen und nach dem reinsten Trockenverfahren arbeitenden süddeutschen und hannöverschen Cementfabriken werden schwerlich so bald zum Drehofen übergehen) —, aber andererseits ist die Sachlage manchenorts doch so, dass für den Fall der Einführung des Drehofens mit voller Sicherheit eine erhebliche Reduktion der Gestehungskosten und somit Erhöhung der Rentabilität der Anlage vorhergesagt werden kann.

Drehöfen sind für verschiedenartige Zwecke schon seit langer Zeit im Gebrauch gewesen, der erste jedoch, der sie in die Portland-Cementindustrie einführte, war der Engländer Frederick Ransome; sein englisches Patent datiert vom 2. Mai 1885. Die Idee Ransomes war, wie in der Patentschrift gesagt wird, durch die Einführung der Rohmasse in den Ofen in Form eines feinst gemahlten Pulvers, das Vermahlen des gebrannten Cements entbehrlich zu machen. Selbstverständlich wurde diese Absicht wegen der unvermeidlichen Verklinkerung der Rohmasse niemals erreicht.

Der Ransomesche Ofen wurde in England vielfach ausgeführt, bald aber für wenig zweckmässig befunden. Der Brennmaterialverbrauch war enorm, die Kosten der Instandhaltung des Ofenfutters gross und das Produkt ungleichmässig.

§ 149.

Zu gleicher Zeit, als Ransome seinen ersten Ofen in England baute, wurde die Atlas-Cement-Company zu Northampton, Pennsylvania (V. St.) gegründet, welche dem Drehofensystem vom Beginne ihres Bestehens an ein lebhaftes, in der Eigenart der dortigen Produktionsverhältnisse — billige Steinkohle, hohe Arbeitslöhne — wohlbegründetes Interesse entgegenbrachte. Eine ganze Reihe von Konstruktionen wurde ins Leben gerufen, ausprobiert, geändert, verworfen und durch immer neue Bauarten ersetzt, bis nach jahrelangen, mit zäher Ausdauer fortgesetzten Versuchen, die der Gesellschaft ein immenses Vermögen kosteten, der Ofen entstand, welcher in der Portland-Cementindustrie als Hurry & Seamanscher Drehofen bekannt geworden ist.

Die Fig. 153 und 154 veranschaulichen eine Drehofenanlage, System Hurry und Seaman. Es bedeuten: $A A_1$ die 20 m langen, 2 m am unteren, $1\frac{2}{3}$ m am oberen Ende im Durchmesser haltenden also etwas konisch gestalteten Brenncylinder, $B B_1$, die ersten Kühlcylinder von 1 m Durchmesser und 10 m Länge und C den zweiten Kühlcylinder von 20 m Länge und $1\frac{2}{3}$ m Durchmesser. Sämtliche Cylinder sind etwas geneigt gegen den

Horizont angeordnet, laufen auf Rollenlagern und werden mittelst Zahnkränzen und Rädervorgelegen angetrieben, wobei die Einrichtung getroffen ist, dass die Umdrehungszahl der Brenncylinder, den jeweiligen Verhältnissen entsprechend, zwischen 9 und 32 in der Stunde verändert werden kann. Am unteren (Ausfall) Ende der Brenncylinder sind die Kohlenstaub-Brennapparate *E* angebracht; sie bestehen aus Luftinjektoren ähnlicher Konstruktion wie die bekannten Beresnewschen oder diesen verwandten Düsen-Feuerungen für flüssige Brennstoffe (Naphtha-Rückstände und dergl.) und sind in bezug auf

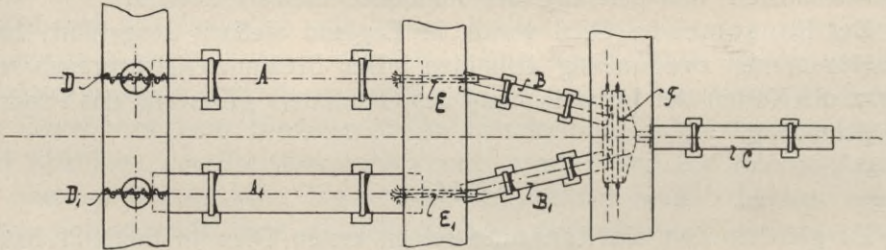
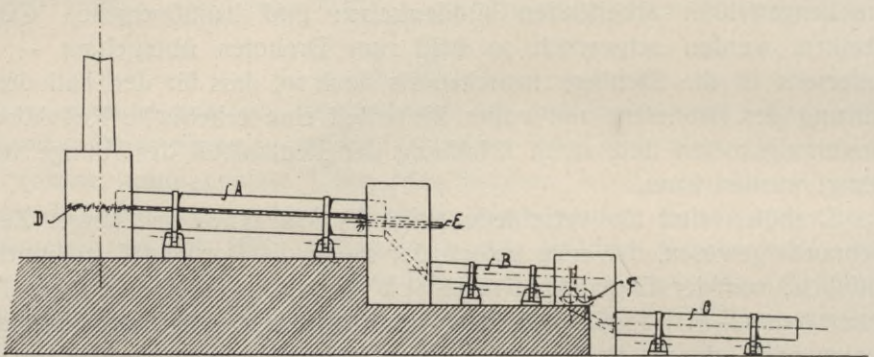


Fig. 153 u. 154.

Regulierfähigkeit und Sparsamkeit im Kohlenverbrauche den sonst üblichen Ventilatoren weit überlegen.

Das in Form von leicht angefeuchtetem Rohmehl oder (bei Nassverfahren) von Schlamm den Cylindern aufgegebenes Brenngut wandert der Flamme entgegen, wird zuerst getrocknet, dann calciniert und in der „Verklinkerungszone“, etwa 3 m vom Ausfallende, verklinkert. Die fertig gebrannten Klinker passieren sodann die ersten Kühlcylinder BB_1 , die sich etwa 6 mal so schnell drehen wie die Brenncylinder, gleichfalls mit Chamotte ausgefüttert sind und von einem künstlich erzeugten Luftstrom durchzogen werden, welcher die Abwärme des sich abkühlenden Klinker aufnimmt und sie den Luftinjektoren mit der Verbrennungsluft zuführt. Aus BB_1 fallen die Klinker auf Walzwerke *F*, deren Walzen mittelst Wasserstrahlen beständig nass gehalten werden. Die letztere Massregel bezweckt die im Cement etwa noch enthaltenen unge-

sättigten Kalkverbindungen abzulöschen und auf kürzestem Wege das zu erzielen, was man sonst durch längeres Lagernlassen der Klinker oder des fertigen Mehles zu erreichen sucht. Um ganz sicher zu gehen, wird die Wasserzugabe an den Walzen durch einen dünnen Wasserstrahl am Ende des zweiten Kühlcyinders C ergänzt. Letzterer ist mit auswechselbaren Eisenplatten ausgekleidet und mit Vorrichtungen zum Hochnehmen und Fallenlassen der Klinker versehen. — Die an den Walzwerken und im Kühlcyinder C sich bildenden Schwaden werden durch einen besonderen Schornstein abgesaugt. —

Neben der Ökonomie und der Regulierbarkeit der Feuerung ist die Frage des widerstandsfähigen Ofenfutters für den Drehofenbetrieb von höchster Wichtigkeit. Die Schwierigkeiten, die sich ihrer Lösung entgegenstellen, sind nicht gering. Bekanntlich ist das Chamotte-material in der Hauptsache aus Tonerde und Kieselsäure zusammengesetzt, es verhält sich also gegenüber dem überwiegend aus Kalk bestehenden Portlandklinker wie eine saure Substanz, welche in der Sintertemperatur mit dem basischen Klinker zusammenfließt und eine schmelzbare Masse (Schlacke) bildet. Diese Gefahr zu vermeiden, wenden Hurry und Seemann ein einfaches Mittel an, darin bestehend, dass sie das Chamottefutter in der Verklinkerungszone vor Inbetriebsetzung des Ofens mit einem dünnen Salzüberzug versehen, sodann den Ofen beheizen und Material aufgeben, welches verklinkernd auf der erhitzten Oberfläche dieser Zone festklebt und dort festgeschlagen oder festgepresst einen schützenden, zusammenhängenden Überzug bildet, der sehr zu unterscheiden ist von dem sich ohne diese Schutzmassregel bildenden, stetig wachsenden, die freie Durchgangsöffnung im Brenncyinder verengenden und schliesslich betriebs-hindernden Ring. Es muss hier bemerkt werden, dass die Anwendung von Salz nicht unbedingt nötig ist und dass der schützende Klinkerüberzug direkt auf die vorher hochehitze Chamotteauskleidung aufgebracht werden kann.

In der Tat steht und fällt der Drehofenbetrieb mit der richtigen oder unbefriedigenden Beantwortung der beiden Kardinalfragen: Feuerung und Ofenfutter, welchen gegenüber alle mit diesem (wie mit jedem anderen) Betriebe verbundenen Schwierigkeiten nur untergeordnete Bedeutung besitzen. Der staunenswerte Erfolg, den das Hurry- und Seemann-System zu erringen wusste, ist in der Hauptsache auf die glückliche Lösung der beiden gekennzeichneten Aufgaben zurückzuführen.

Die Verbreitung des Systems ist daran zu ermessen, dass die oben erwähnten „Atlas-Cement-Works“ — gegenwärtig das grösste Portland-Cementwerk der Welt mit einer täglichen Leistung von 15000 Fass — über 100 Hurry- und Seemannsche Drehöfen im Betriebe haben, und dass das Syndikat der vereinigten englischen Portland-Cementfabriken die Patente der Genannten käuflich erworben, eine grosse Anzahl solcher Öfen errichtet und in Betrieb genommen hat.

§ 150.

Viel später als in Nordamerika wandte man sich in Deutschland der Drehofenfrage zu. Als der erste, der ihr seine Aufmerksamkeit widmete und

auf dessen Veranlassung der erste deutsche Drehofen (in der Cementfabrik Lollar) gebaut wurde, muss C. v. Forell genannt werden. Nachdem die erwähnte Anlage in Lollar so weit gediehen und so weit präsentabel geworden war, um sie auch von uninteressierter Seite einer fachmännischen Kritik unterziehen lassen zu können und nachdem Probebrände mit von zahlreichen deutschen Cementfabriken eingesandten, nass und auch trocken aufbereiteten Rohmassen überwiegend zur Zufriedenheit ausgefallen waren, trat v. Forell alle seine Rechte an ein Konsortium ab, welches anfangs des Jahres 1899 die »Brennöfenbauanstalt« in Hamburg in Form einer Gesellschaft mit beschränkter Haftpflicht ins Leben rief.

Der Drehofen der Brennöfenbauanstalt in Hamburg besteht (s. Fig. 155) aus zwei schwach geneigt liegenden Trommeln, deren eine zum Brennen, deren andere zum Kühlen dient. Die erstere, oben gelegene ist mit feuerfesten Steinen ausgefüllt und ist länger und weiter (bei Trockenverfahren 2×20 m, bei Nassverfahren 2×26 — 30 m) als die untere (1×10 m). Die Trommeln liegen mit ihren Laufringen frei auf mehreren Rollenpaaren und werden mittelst eines Zahnkranzes angetrieben. In denselben greift ein Rädervorgelege ein. Im Betriebe bei vollständiger Füllung genügen für den Antrieb des ganzen Systems 10 bis 15 PS. Das obere Ende der Brenntrommel steckt mit einem schmalen Spielraum in einem gemauerten Kopfe, der zum Abführen der Heizgase mit einem Schornstein verbunden ist. Bei einzelnen Öfen genügt ein 12—14 m hoher 1 m weiter Blechschornstein, für grössere Anlagen empfiehlt sich ein höherer gemauerter Schornstein. Durch den Mauerkopf ragt in die Trommel hinein das Zugführungsrohr für das Rohgut.

Das trocken aufbereitete, aus der Rohmühle kommende Mehl wird am besten zwecks Verminderung des Staubes mit einigen Prozenten Wasser angefeuchtet. Für Schlamm ist diejenige Konsistenz zu wählen, dass er gerade noch langsam zu fließen vermag, also ca. 40 % Wasser. Auf regelmässige Zuführung ist natürlich im Interesse der Stetigkeit des ganzen Betriebes grosses Gewicht zu legen. Das in die Brenntrommel gebrachte Rohgut rückt allmählich infolge der langsamen Drehung der Neigung folgend vor, der am anderen Ende befindlichen Feuerung entgegen, und erwärmt sich stufenweise. Die erste Zone ist die der Wasserverdampfung, die zweite die der Calcination (Kohlensäurevertreibung), die dritte die der Sinterung. Das Material wird in der ersten Zone auf ca. 200, in der zweiten auf ca. 900 und in der dritten auf ca. 1500° C. erwärmt, während die Flammgase an den entsprechenden Stellen natürlich heisser sind.

Die Sinterzone hat im Anfang viel Schwierigkeiten bereitet (s. weiter oben), es hat lange gedauert, bis man gelernt hat, ihnen aus dem Wege zu gehen, doch kann heute gesagt werden, dass diese Fährlichkeit ihre hauptsächlichlichen Schrecken verloren hat.

Der weissglühende Klinker fällt am Ende der Brenntrommel heraus in eine schräge Rutsche, durch welche er in die Kühltrommel gelangt. Nach Verlauf einer halben Stunde verlässt der nussgrosse graublaue Klinker hand-

warm die Kühltrommel und kann mit Transportband oder dergleichen in die Cementmühle befördert werden. Durch die Kühltrommel und den Vorraum derselben wird ein Luftstrom gesaugt, welcher sich beim Kühlen der Klinker

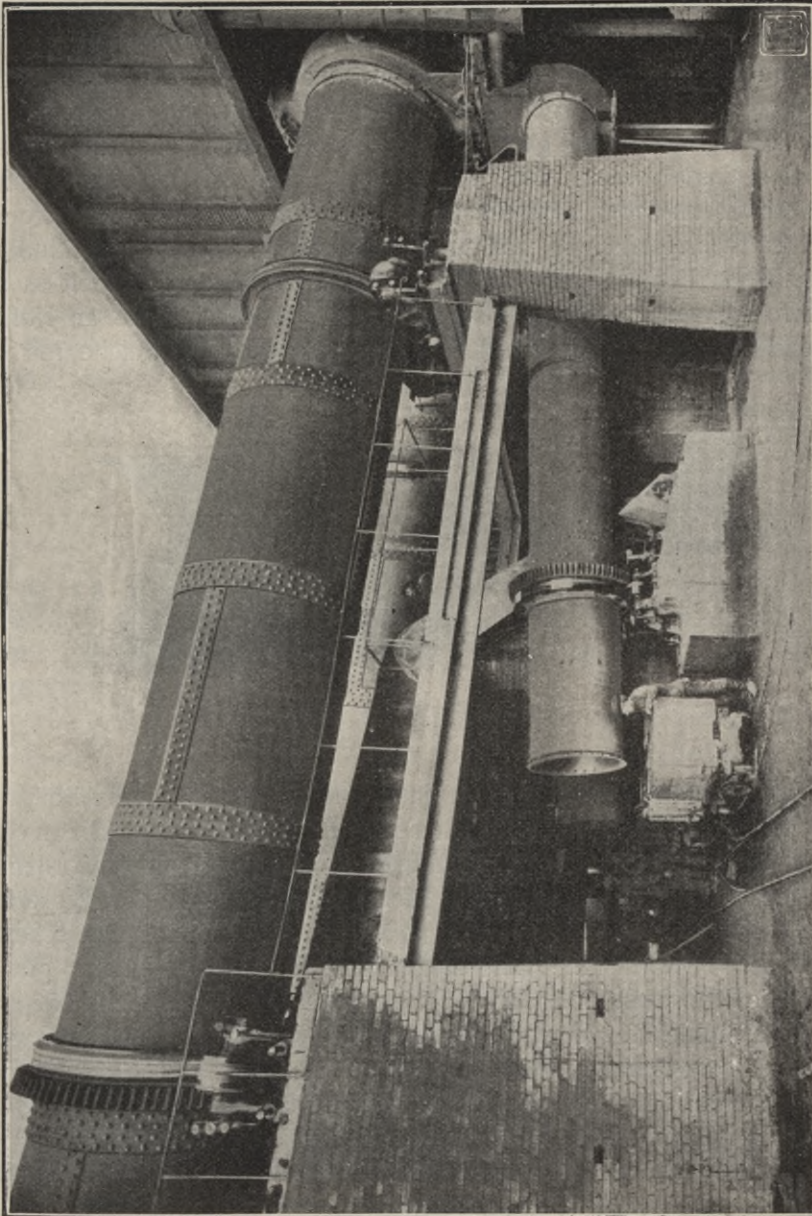


Fig. 155.

selbst erwärmt und die den Klinkern innewohnende Wärme regeneriert, indem er als Brennlufte für den Kohlenstaub dient. Dieser wird durch eine einfache Aufgabevorrichtung in den warmen, von einem kleinen Ventilator angesaugten Luftstrom eingebracht und durch eine verstellbare Düse in den

Ofen geblasen. Man kann durch Einstellen der Kohlenstaub- und Luftregulierapparate jeden Hitzegrad von schwacher Rotglut bis zur vollen Schmelzhitze des Portland-Cementes erzeugen, ebenso wie man jeden Oxydationsgrad erreichen kann, so dass es also schlechterdings keine Rohstoffe gibt, die nicht im Drehofen eine gute Ware erzeugen lassen, wenn sie in irgend einem sonstigen System eine solche zu liefern fähig sind.

Was die Herstellung des Kohlenstaubes anlangt, so ist dieselbe Gegenstand mannigfacher Versuche gewesen, und viele Bedenken und Befürchtungen sind im Laufe derselben laut geworden. Sie haben jedoch zu dem Resultate geführt, dass das Problem weit einfacher zu lösen ist, als man glaubte. Haupterfordernis ist dabei, dass die zu vermahlende Kohle möglichst trocken ist. Bei kleineren Anlagen ist das zu erreichen durch Darren oder ähnliche, unter Umständen bereits vorhandene Trockeneinrichtungen. Handelt es sich um grössere Anlagen und dementsprechend grösseren Konsum an Kohlen, so empfiehlt sich der Einbau einer Kohlentrockentrommel, welche mit den

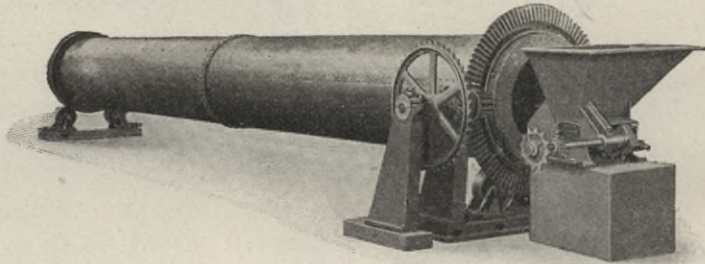


Fig. 156.

Abgasen der Öfen oder Dampfkessel zu heizen ist. Die obige Abbildung, Fig. 156, zeigt eine Kohlentrockentrommel, wie sie vom Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg mehrfach ausgeführt worden ist.

Die getrocknete Kohle ist mit Unterläufermahlgängen, Walzenstühlen oder Rohrmühlen von geeigneten Dimensionen zu mahlen und scheinen sich namentlich Walzenstühle für diesen Zweck ganz besonders gut zu bewähren; die Konstruktion ist dieselbe wie jene der früher (Seite 152, 153) beschriebenen Stühle von Amme, Giesecke & Konegen oder Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg für die Feinschrotung von Cementrohmaterial. Die befürchtete Feuergefahr lässt sich durch geeignete Massregeln umgehen. Die Qualität der Kohlen braucht keineswegs eine besonders gute, darf aber auch natürlich keine schlechte sein. Es kommt in erster Linie auf bestimmte Eigenschaften der Kohle an, über welche die Brennöfenbauanstalt nötigenfalls an der Hand von eingesandten Proben Auskunft erteilt. Das Korn ist selbstverständlich Nebensache, es empfiehlt sich sogar, schon aus Billigkeitsrücksichten, Abfallgrus zu verwenden.

Um den Betrieb möglichst kontinuierlich zu gestalten, da Unterbrechungen im Betriebe, Erkalten und erneutes Anheizen des Ofens das

Futter und die Lagerung nicht günstig beeinflussen, empfiehlt es sich, den Gang des Ofens möglichst unabhängig von seinen Zufuhreinrichtungen zu machen. Man tut daher gut, über jedem Ofen einen Vorratskasten für Kohlenstaub anzubringen und ein kleines Silo für Röhmehl, bzw. ein mit Rührwerk versehenes Schlamm bassin anzuordnen. Silo und Schlamm bassin dienen gleichzeitig zum Homogenisieren der Rohmasse und müssen selbsttätig, möglichst regelmässig, entleert werden. Auf diese Weise hat man es in der Hand, mit den Öfen ständig zu arbeiten, auch wenn in der Rohmühle, in der Schlammerei oder in der Kohlenmühle vorübergehend Störungen auftreten.

Die Abgase des Ofens sind bei Nassverfahren ca. 150 bis 300°, bei Trockenverfahren ca. 600 bis 800° C. warm. In beiden Fällen können sie, wie erwähnt, zum Trocknen von Kohlen verwendet werden, bei Nassverfahren jedoch unter Anbringung eines Reserverostes für direkte Feuerung. Bei Trockenverfahren können die Abgase ferner dadurch zweckmässig ausgenutzt werden, dass das grubenfeuchte Rohmaterial zur Vermahlung vorgetrocknet wird. Die vorgetrockneten Rohstoffe verlassen das Ofensystem am Auslauf der Trockentrommel und werden in die Rohmühle mittelst Schüttelrinne, Band oder dergl. geschafft. Das aus der Rohmühle kommende Röhmehl wird per Transportband oder Schnecke dem erwähnten Silo und von dort aus dem Einlauf der Brenntrommel zugeführt. Handelt es sich um eine Reihe von Öfen, so besteht die Möglichkeit, die Abgase beim Trockenverfahren noch rationeller auszunutzen, indem sie unter einen Dampfkessel geleitet werden, welcher den Dampf zum Betriebe der ganzen Anlage liefert.

Die Hauptfrage, welche den Cementfabrikanten interessiert, betrifft die Leistung der Öfen und den Kohlenverbrauch. Über beide lassen sich aus naheliegenden Gründen bestimmte Angaben schwer machen, doch kann im allgemeinen die Leistungsfähigkeit eines Drehofens dieser Konstruktion bei schwer sinternden Stoffen mit 180, bei leicht sinternden aber mit 230 bis sogar 250 Fass pro Tag angenommen werden. Auch die Kohlenverbrauchszahlen, welche von den durch die Brennöfenbauanstalt erbauten Werken angegeben werden, schwanken ganz ausserordentlich, jedoch liegt nach den angestellten Ermittlungen bei ordnungsmässigem Betriebe und gut geeigneter Kohle der Kohlenverbrauch bei Trockenverfahren zwischen 20 und 25 %, bei Nassverfahren zwischen 30 und 35 % des erbrannten Klinkers. Es hat sich auch herausgestellt, dass die Qualität des Cementes bei mangelhafter Leistung in der Regel ebenfalls geringer wird, während sie normalerweise, wie umfangreiche vielfach veröffentlichte Versuche ergeben haben, den besten Ring- und Schachtofencementen nicht nachsteht. Eines hängt vom andern ab. Der geübte Heizer versteht es, ohne grosse Mühe, indem er nur von Zeit zu Zeit in den Ofen hineinsieht und die Kohlen- und Luftzufuhr um geringe Beträge, aber rechtzeitig reguliert, den Ofen ständig in richtiger Glut und gutem Zustande zu halten.

Als Heizer genügt für je zwei Ofen ein Mann. Zum Nachsehen und Schmieren der Öfen selbst und der Nebenapparate wird ein weiterer Mann gebraucht, so dass also vier Arbeiterschichten für je zwei Öfen zu rechnen sind. Bei grösseren Anlagen lässt sich eine noch etwas günstigere Einteilung ermöglichen, während es sich bei einem einzelnen Ofen ungünstiger stellt. —

Nach uns von zuständiger Seite gewordener Mitteilung ist zwischen der Brennöfenbauanstalt in Hamburg und den Herren Hurry & Seaman, deren Ofensystem weiter oben ausführlich gewürdigt erscheint, neuerdings ein Vertrag geschlossen, wodurch erstere die [deutschen Patente der genannten amerikanischen Ingenieure erworben und beide Kontrahenten ihre gegenseitigen Erfahrungen ausgetauscht haben. Im Hinblick auf die wünschenswerte weitere Vervollkommnung der Drehofensache muss diese Kombination als eine glückliche und vielversprechende bezeichnet werden.

§ 151.

Der Drehofen der Herren F. L. Smidth & Co., Kopenhagen, besteht aus einem einzigen, langen, schräg montierten und langsam rotierenden Cylinder, der innen mit Chamotte ausgekleidet ist. Das obere Ende mündet in einen Schornstein und durch das untere Ende findet die Beheizung mittelst Kohlenstaubes statt, welcher in geeigneter Weise auf einer Smidthschen Rohrmühle*) gemahlen worden ist. Die Anordnung ist in der Regel derart getroffen, dass die feuchten Steinkohlen mittelst der Klinkerabwärme getrocknet, auf einer Kugelmühle**) vorgeschrotet und von der erwähnten Rohrmühle feingemahlen werden. Der Kohlenstaub wird in einen oberhalb des Drehofens angeordneten Behälter befördert, dessen Fassungsraum einem sechsständigen Ofenbetrieb entspricht, um von etwaigen kleineren Stockungen in der Kohlenmühle unabhängig zu sein. Die regelmässige Entnahme des Kohlenstaubes besorgt eine unter dem Kohlensilo angebrachte Messvorrichtung; die Befuerung geschieht durch einen Ventilator, der den Kohlenstaub zusammen mit der vorgewärmten Verbrennungsluft in den Ofen hineinbläst.

Die Kühlung der fertig gebrannten Klinker geschieht in einem besonderen Klinkerkühlapparat, über dessen Einrichtung wir näheres nicht erfahren konnten.

F. L. Smidth & Co. bauen ihre Drehöfen in zwei verschiedenen Grössen; die Leistung eines Drehofens ihres Systems — und zwar des kleineren Modells — wird uns mit 180 bzw. 200–240 Normalfass in 24 Stunden angegeben. Erstere Zahl bezieht sich auf das Brennen von Dickschlamm, letztere auf das Brennen von Trockenmehl. Der Verbrauch an englischen Gaskohlen pro Fass beträgt im ersten Falle 50 bis 55 kg, im zweiten ca. 40 kg.

*) Beschreibung s. d. folgenden Kapitel.

**) Beschreibung s. d. folgenden Kapitel.

Über Bedienungsweise und Reparaturkosten gilt auch hier das über die bereits behandelten Drehofensysteme Gesagte.

Der Smidthsche Drehofen ist schon in einer recht erheblichen Anzahl von Ausführungen vorhanden, von welchen die älteste vor vier Jahren erfolgte und seit Anbeginn in befriedigendem Betriebe sein soll. *)

XXIII.

Das Mahlen des Portland-Cementklinkers.
Lagerung und Verpackung der fertigen Ware.
Entstäubungsvorrichtungen und Hilfsapparate
der Cementfabrikation.

§ 152.

Der gut gesinterte Portland-Cementklinker stellt sich als eine spezifisch schwere Masse von dunkel graugrüner Farbe und koksartiger Struktur dar. Der Widerstand, den ein solcher Klinker, wenn frisch gebrannt aus dem Ofen gekommen, der staubfeinen Vermahlung entgegengesetzt, ist sehr bedeutend und erfordert einen hohen Kraftaufwand. Erfreulicherweise kann man jedoch letzteren auf einfache Art nicht unerheblich herabmindern, indem man den Klinker eine Zeit lang in einem möglichst nach allen Seiten offenen Raum mit lebhafter Luftzirkulation lagern lässt. Schon nach einigen Tagen bemerkt man, wie der Klinker anfängt, an der Oberfläche sich in Mehl zu verwandeln, seine ursprünglich dunkel graugrüne Farbe gegen ein immer heller werdendes Aussehen zu vertauschen und diese Veränderung schreitet, je nach der Schärfe des Brandes und der Zusammensetzung der Rohmasse so rasch fort, dass vielfach schon nach 14 Tagen, oder sogar früher, der ursprünglich so grimmig aussehende Klinker sich in ein Häuflein grobes Mehl, untermischt mit einigen derberen Stücken, verwandelt hat. Sehr scharf gebrannte Massen können allerdings auch wochen- und monatelang ihren festen Zusammenhang bewahren, doch sind diese in der Regel (weil niemand freiwillig mehr Kohle ans Brennen wendet als unbedingt nötig), den schwächer gebrannten Klinkern gegenüber, bedeutend in der Minderzahl.

Die Praxis macht sich dieses Verhalten selbstverständlich zu nutze und lässt den Klinker vor dem Vermahlen erst einige Wochen unter besonders

*) Wegen kompletter Anlagen mit Drehöfen siehe: Naske, Die Portland-Cement-Fabrikation. Leipzig, Th. Thomas.

luftig gebauten Schuppen lagern. Aber auch mit Rücksicht darauf, dass selbst der sorgsamst aufbereitete und schärfst gebrannte Portland-Cement immer noch etwas freien Kalk enthalten könnte, der erst durch den Einfluss der Atmosphäriken unschädlich gemacht wird, wird eine längere Lagerung des Portland-Cementes — geschehe diese nun im Klinkerschuppen oder im Mehlspeicher — nur als selbstverständliches Gebot der Vorsicht angesehen werden müssen. Rationeller ist es jedenfalls, den Klinker lagern zu lassen und nicht das fertige Mehl, da dieser einestheils geringeren Wert besitzt als letzteres und andertheils, wie schon oben bemerkt, der zerfallene Klinker sich leichter vermahlt und die Maschinen weniger angreift als der frische. —

Die heutige Cementmüllerei ist eine verhältnismässig einfache Sache, die mit gleicherweise einfachen Mitteln durchgeführt wird. Gewöhnlich besteht die Cementmühle aus dem Steinbrecher als Vorbrechapparat, Kugelmühlen oder Kollergängen zum Feinschroten, und Rohrmühlen zum Feinmahlen. Mahlgänge sind als Feinmühlen für Cement wegen ihres grossen Kraftbedarfs und hoher Instandhaltungskosten nicht mehr im Gebrauch; sie werden, wenn einmal vorhanden und wenn man sich von ihnen nicht trennen will, zum Feinschroten verwendet und ihr Produkt wird über Siebe geschickt, welche das Fertigmehl ausscheiden. Die Griese (Knoten) werden der Rohrmühle zugeführt.

Das Mahlprogramm wird auch öfter so gestaltet, dass man das Vorbrechen etwas weiter treibt, nebst dem Steinbrecher noch Walzwerke anwendet, und das vorgebrochene Gut in einem Durchgang von Centrifugal-Pendelmühlen fertig mahlen lässt.

Steinbrecher, Walzwerke, Kollergänge und Mahlgänge finden sich im Kapitel von der Aufbereitung der Rohmasse ausführlich beschrieben; wir wenden uns daher sofort den Kugelmühlen zu.

§ 153.

Unter Kugelmühlen versteht man Mahlapparate, bei welchen das Mahlmittel — die Kugeln — zusammen mit dem Mahlgut in einer Mahltrommel sich befindet; die Drehung der Trommel bewirkt Rollen und Überstürzen des Inhaltes und damit ein intensives Bearbeiten des Gutes durch die Kugeln sowohl als auch ein gegenseitiges Reiben und Abschleifen der Mahlguttheile untereinander. Die Kugelmühlen sind als Mahlapparate schon seit sehr langer Zeit bekannt und nachweislich bereits anfangs des vorigen Jahrhunderts in französischen Pulverfabriken, Farbenmühlen u. a. in Anwendung gewesen. Man beschränkte sich jedoch darauf, nur weichere Stoffe wie Salpeter, Kohle, Indigo, Gips und dergl. mit Kugelmühlen zu mahlen und betrieb dieselben ausschliesslich periodisch. Viel später erst ging man daran, die Kugelmühlen auch für die Vermahlung härterer und härtester Stoffe einzurichten; hauptsächlich war es die Erzmüllerei, in deren Dienste man eine ganze Reihe neuer Konstruktionen stellte, die sich aber insgesamt bald als ungeeignet und daher lebensunfähig erwiesen. Erst als man gelernt

hatte, die Kugelmühle so zu bauen, dass sie der Hauptanforderung des Grossbetriebes: der Kontinuität der Wirkung — Genüge leisten konnte, wurde diese Maschine ein wirklich brauchbarer und in manchen Fällen (wie z. B. in der Thomasschlackenmüllerei) geradezu unübertrefflicher Mahlapparat, der seitdem in vielen tausenden von Exemplaren in den verschiedensten gewerblichen Betrieben Verbreitung gefunden hat.

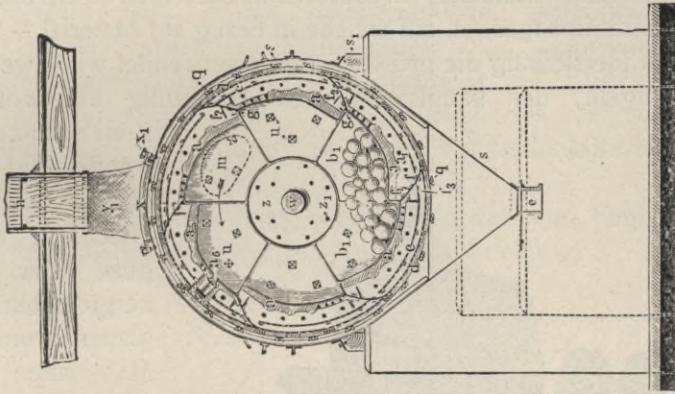


Fig. 153.

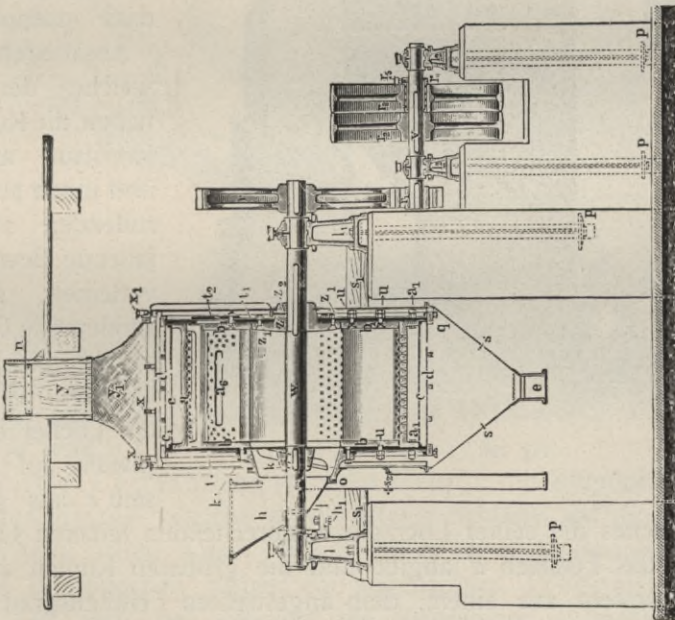


Fig. 157.

Die erste, nach dem Prinzip der „stetigen Ein- und Austragung“ gebaute Kugelmühle stammt unseres Wissens aus dem Jahre 1876; ihre Konstrukteure sind die Gebr. Sachsenberg in Rosslau und W. Brückner in Ohrdruf bei Gotha. Die Zahl der Kugelmühlenpatente ist seitdem Legion geworden und eine ganze Anzahl von Maschinenfabriken betreibt den Kugelmühlenbau als Spezialität, doch haben Fried. Krupp-Gruson-

werk in Magdeburg-Buckau und Herm. Löhnert in Bromberg, ersterer mit 2500, letzterer mit über 1200 Ausführungen, ihre führenden Stellungen auf diesem Gebiet behauptet. Nachstehend lassen wir die Beschreibung einer Kugelmühle der erstgenannten Firma folgen.

Die Kugelmühle von Fried. Krupp-Grusonwerk besteht — s. Fig. 157 und 158 — aus einer cylindrischen Mahltrommel mit durchgehender Achse *w* und schmiedeeisernen Seitenwänden *t-t*. Der Mantel derselben ist aus durchlochtem Mahlplatten *a* zusammengesetzt, auf welche in bezug auf Material — Stahl oder Hartguss — und Herstellung die grösste Sorgfalt verwendet wird, weil diese ja, nächst den Kugeln, der hauptsächlichen Abnutzung unterworfen sind.

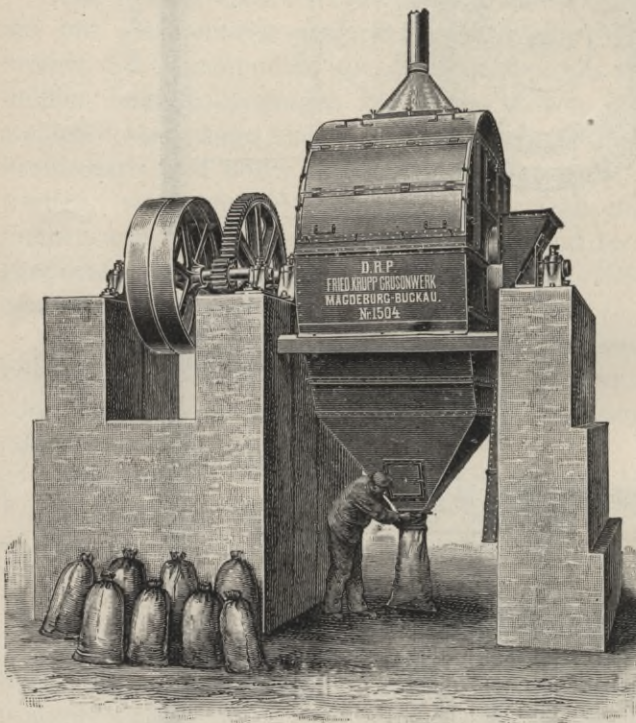


Fig 159.

Zum Schutz der Seitenwände des Mahlgehäuses dienen die gleichfalls aus Hartguss oder Stahlguss hergestellten Panzerplatten *b* und *bi*. Die Mahlplatten sind auf einer Seite verstärkt und aufgebogen, so dass treppenförmige

Absätze entstehen, welche den Zweck haben, die Kugeln vom Kreislauf abzulenken und ihnen ausser einer rollenden auch eine fallende Bewegung zu verleihen. Das grob zerkleinerte Gut, untermischt mit Mehl und Griesen, fällt durch die Löcher der Mahlplatten auf das Vorseib *c* aus gelochtem

Stahlblech, welches die seiner Lochung entsprechenden feineren Griesen und das Mehl an das Feinsieb *d* abgibt und die gröberen Knoten zurückhält. Das Feinsieb besteht aus einem, dem angestrebten Feinheitsgrad der Vermahlung entsprechenden, mehr oder minder engmaschigen Metallgewebe, welches auf hölzernen oder schmiedeeisernen Siebrahmen aufgespannt ist. Das Fertigmehl fällt durch die Maschenöffnungen des Feinsiebes in den trichterförmig zusammengezogenen unteren Teil des Gehäuses *s*, das die ganze Mahltrommel staubdicht umgibt, dem Auslaufstutzen *e* zu, wo es entweder in untergehängte Säcke aufgefangen oder mittelst geeigneter Transportvorrichtungen aufgenommen und in die Vorrats- und Packräume

befördert werden kann. Abweiser f , welche über die ganze Breite der Siebe reichen und durch passende Schlitze des Vorsiebes hindurchtreten, führen die groben Überschläge der beiden Siebe c und d beständig den Kanälen g zu und damit in das Innere der Mahltrommel zurück, wo sie erneuter Bearbeitung durch die Kugeln unterzogen werden.

h ist der Einlauftrichter, durch welchen der Mühle das Mahlgut kontinuierlich zugeführt wird, k sind schraubenförmig angeordnete Speichen, die dasselbe in das Innere der Mahltrommel hineinbefördern und durch ihre Gestaltung gleichzeitig das Herausspringen der Kugeln verhindern. $r-r_5$ sind die Antriebsteile und y_1 ein Schlauch aus Sackleinen, welcher zur Staubloshaltung der Mühle an eine Ventilationseinrichtung anzuschliessen ist.

Für ganz grobe Vermahlung kommen Vorsieb und Feinsieb in Wegfall und die Mahlplatten erhalten entsprechende Lochung.

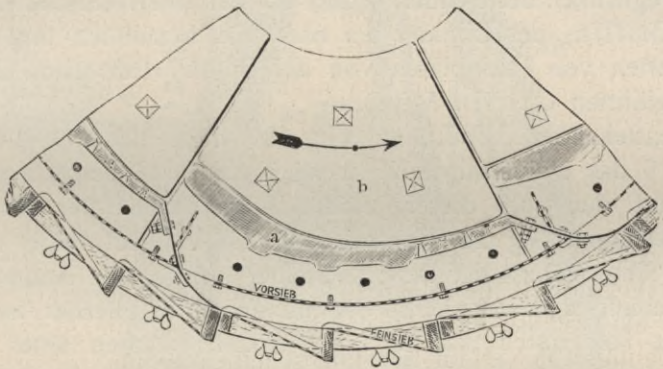


Fig. 160.

Bei griesiger Vermahlung entfällt das Vorsieb und das Feinsieb wird aus starkem Drahtgewebe oder aus gelochtem Blech hergestellt. Dieser Fall tritt in der Cementmüllerei dann ein, wenn die Kugelmühle fein vorschrotet, die Rohrmühle aber fertig mahlen soll, wovon weiter unten noch ausführlich die Rede sein wird.

Für feinste Vermahlung versieht Krupp die Kugelmühle mit Abklopfvorrichtungen, welche durch leichte Schläge auf die Rahmen die Siebgewebe rein halten sollen. Auch ist es unter Umständen vorteilhaft, anstelle des cylindrischen Siebes ein sogenanntes Treppensieb zu verwenden (s. Fig. 160), bei welchem die Siebrahmen stufenförmig und in einem bestimmten Winkel zueinander angeordnet sind. Es wird dadurch bezweckt, dass das Mahlgut von einer Siebfläche auf die andere herabfalle und die Absiebung gründlicher erfolge, als es mit dem einfachen cylindrischen Sieb möglich ist. —

Die Kugelmühlen werden in Grössen von ca. 500 mm bis 2700 mm Durchmesser, 270 mm bis 1380 mm Breite gebaut, für Füllungen von 35 bis zu 2000 kg Stahlkugeln. Kraftverbrauch und Leistung sind je nach Um-

ständen ausserordentlich verschieden. Wir müssen dieserhalb auf die Kataloge und Tabellen der Spezial-Maschinenfabriken verweisen und gehen nunmehr zur Besprechung der gebräuchlichsten Cement-Feinmahlmaschinen über.

§ 154.

Der Gedanke, einen (in der Regel etwas konisch gestalteten) Körper an einer pendelnden Stange aufzuhängen und diese Stange so rasch im Kreise herumzuführen, dass die Centrifugalkraft den gedachten Körper gegen eine kreisrunde Bahn drückt, und zwar mit einer solchen Intensität, dass Stoffe, welche zwischen Körper und Bahn gebracht werden, eine zerkleinernde Wirkung erfahren, ist nicht neu und schon vor einer Reihe von Jahren beispielsweise in der Huntington-Mühle zum Ausdruck gekommen. Der erste jedoch, der an die Stelle der bis dahin allgemein angewandten zwangläufigen Führung die freie Beweglichkeit des Pendels setzte, war der amerikanische Konstrukteur Edwin C. Griffin, der Erfinder der nach ihm benannten und seitdem in vielen hunderten von Exemplaren von der Bradley Pulverizer Company in Boston ausgeführten Griffin-Mühle.

In nebenstehender Abbildung, Fig. 161, bezeichnet 17 die Antriebsriemscheibe, 9 das Universalgelenk, welches die Bewegung auf die Pendelstange 1 und den mit dieser verbundenen Mahlkörper 31 überträgt, 8 sind Rührknaggen, 70 die Mahlbahn, 7 sind Ventilatorflügel und 38 bezeichnet das Sieb. 50 ist der Aufgabetrichter und 49 die Aufgabeschnecke, deren Umdrehungszahl mittelst Stufenscheiben regulierbar ist. Das abgeseibte Gut fällt durch Schlitze im Fundamentrahmen einer Transportschnecke zu, welche dasselbe kontinuierlich fortschafft. Das konisch gestaltete, verstellbare Lager der Riemscheibe ruht auf vier kräftigen gusseisernen Ständern 23, die ihrerseits mit dem Fundamentrahmen 24 fest verschraubt sind. Letzterer liegt auf einem Betonklotz auf, welcher wegen der beim Arbeiten der Mühle auftretenden einseitigen Fliehkräfte sehr massiv und solide hergestellt sein muss.

Die Mühle wird bei Bedarf auch für Nassvermahlung eingerichtet. — Wie aus der Beschreibung und Abbildung zu ersehen, ist die Griffin-Mühle ein Apparat, dessen Konstruktion als einzigartig und in hohem Masse geistreich bezeichnet werden muss. Tieferes Eindringen in den mechanischen Arbeitsvorgang der Mühle wird dieses Urteil bestätigen und verweisen wir den sich dafür interessierenden Leser auf den sehr instruktiven Vortrag, welchen Ingenieur H. A. Siordet in der Versammlung des Vereins Deutscher Portland-Cementfabrikanten zu Berlin im Februar 1900 über „Die Bewegung des Mahlkörpers der Griffin-Mühle“ gehalten hat.*)

Die stündliche Leistung der Griffin-Mühle an gemahlenem Portland wurde von Direktor Schott (Februar 1900) auf ungefähr 2000 kg = 11,7 Fass

*) S. a. Naske, Die Portland-Cement-Fabrikation. Leipzig, Th. Thomas.

mit 1 bis 2% Rückstand auf dem Sieb von 900 Maschen beziffert. Dr. Goslich gibt (1897) 9,87 Fass an mit 1,5 bzw. 22,4% Rückstand auf dem Siebe von 900 bzw. 5000 Maschen, während im Juni 1895 in Heidelberg nur

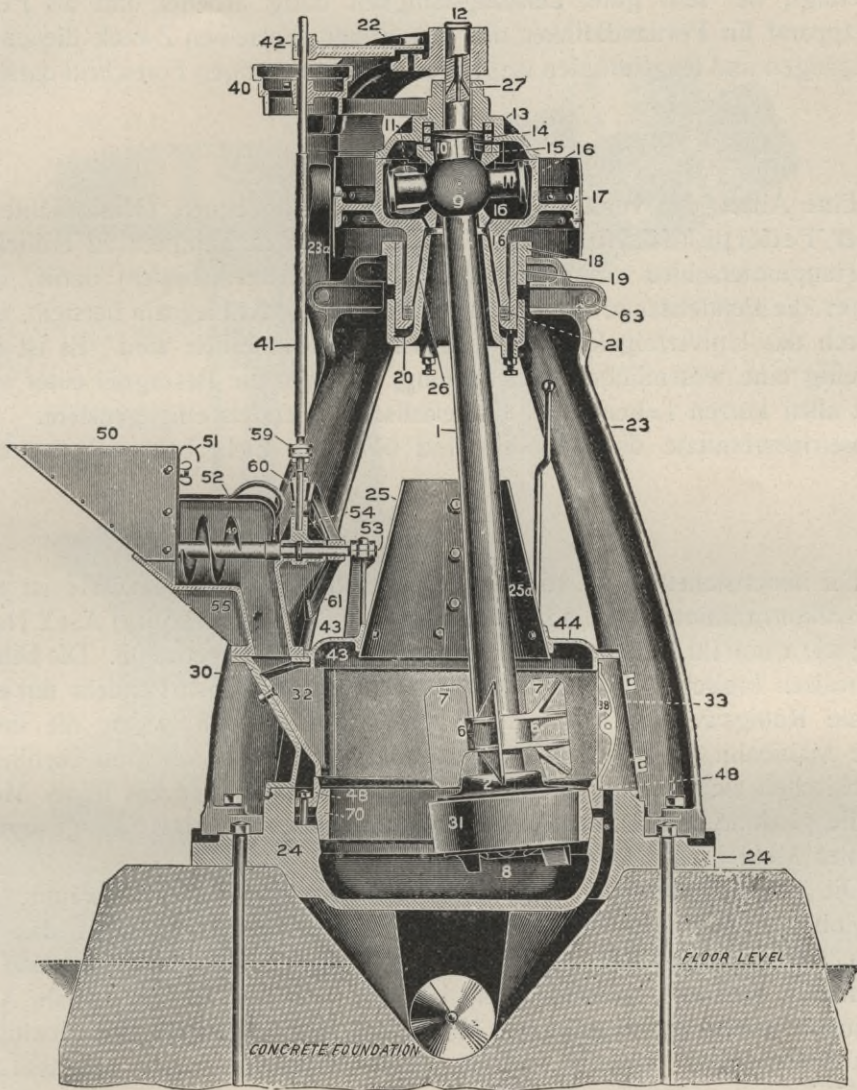


Fig. 161.

1375 kg = 8 Fass mit 1% auf dem 900-Maschensiebe und 14,9% auf dem 5000-Maschensiebe festgestellt wurden.

Den Kraftverbrauch gibt Schott mit 21–23 PS. an, während in Hemmoor 30, in Züllchow 34,5 PS. gemessen wurden.

Ebenso abweichend sind die Zahlen der Praxis über die Erneuerungskosten der Griffinmühle, welche z. B. von Schott mit 2,5 von Prüssing

mit 10 Pfennigen pro Fass angegeben werden. Tatsache ist jedenfalls, dass ausser der ortsüblichen Härte des zu vermahlenden Klinkers, die mehr oder minder sorgfältige Wartung der Mühle für die Höhe der Reparaturkosten ausschlaggebend anzusehen ist und dass die Griffinmühle, gewissenhaft beaufsichtigt, bei sehr guter Leistungsfähigkeit billig arbeitet und als Feinmahlapparat für Portlandklinker mit den früher demselben Zweck dienenden Mahlgängen und Kugelmühlen verglichen, einen gewaltigen Fortschritt darstellt.

§ 155.

Eine Abart der vorstehend ausführlich beschriebenen Griffinmühle ist in der Federpendelmühle von Otto Gaiser in Kempten zu erblicken. Der Hauptunterschied zwischen beiden Konstruktionen besteht darin, dass Gaiser die Pendelstange aus bestem Federstahl derart biegsam herstellt, dass dadurch das Universalgelenk der Griffinmühle entbehrlich wird. Es ist dies unstrittig eine wesentliche Vereinfachung, der nur die Besorgnis einer vielleicht allzu kurzen Lebensdauer des elastischen Pendels entgegensteht.

Betriebsresultate dieser Mühle sind öffentlich nicht bekannt geworden.

§ 156.

Die nebenstehend, Fig. 162, abgebildete Doppelpendelmühle ist eine Originalkonstruktion des Eisenwerks (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg; wie schon ihr Name besagt, sind hier zwei Pendel angeordnet. Die beiden Mahlwalzen kreisen mit ihren in Kugellagern aufgehängten Pendeln um eine zentrale Königswelle, werden durch die Centrifugalkraft gegen die kreisrunde Mahlbahn gedrückt und verwandeln, auf dieser Mahlbahn abrollend, das zwischen sie und die Mahlbahn gelangende Mahlgut in ein feines Mehl. Ein die gesamte Mahlkammer umgebendes Sieb bewirkt, dass nur genügend gefeintes Mehl in die Auslauföffnungen gelangen kann.

Die Pendelachsen der Mahlwalzen hängen, wie vorhin erwähnt, mit ihren oberen Spurringen in kugelförmigen Lagern, welche gestatten, dass sie gleich Centrifugalpendeln in jeder, also sowohl in radialer als auch in tangentialer Richtung ausschlagen können. Hierbei ist das radiale Ausschlagen durch die ringförmige Mahlbahn, das tangentiale Ausschlagen durch Schlepplager begrenzt, welche durch elastische Federn mit dem auf der Königswelle sitzenden Mitnehmer so verbunden sind, dass die Mahlwalzen, während sie um die Königswelle kreisen, etwas zurückbleiben können, wenn grössere, das Mahlen erschwerende Stücke zwischen die Mahlflächen gelangen.

Das Mahlgut wird durch einen die Zuführung angemessen regulierenden Speiseapparat in die Mahlkammer gebracht und dort so lange und so oft gegen die Mahlbahn geworfen, bis es unter dem Druck der über dasselbe hinwegrollenden Mahlwalzen fein genug vermahlen ist, um als fertiges Mehl durch das Sieb in die Auslauföffnungen gelangen zu können.

Verglichen mit der Griffinmühle zeigt die Doppelpendelmühle den Vorteil, dass infolge Anwendung zweier Mahlwalzen das Auftreten einseitiger Fliehkräfte, die das Fundament heftig beanspruchen, vermieden wird. Das ist ein sehr wichtiger Punkt, über den sich Dr. Goslich s. Z. (1900,



Fig 162.

Verhandlungsprotokoll des Vereins deutscher Portland-Cementfabrikanten) folgendermassen ausgesprochen hat:

„Die Hauptsache bei der Griffinmühle ist, dass sie gut behandelt wird, und die gute Behandlung geht schon damit an, dass ein tadelloses Betonfundament gemacht wird. Ist das Fundament schlecht, die Masse desselben nicht in dem Verhältnis gross, dass es nicht erschüttert werden kann, dann kann die Griffinmühle nicht halten. Ein gemauerter Sockel ist deshalb unbrauchbar. Es muss ein Betonsockel so schwer und massiv sein wie nur möglich. Ich habe deshalb

altes Eisen, Roste etc. hineingepackt, um eine gute Verankerung herbeizuführen und habe auch niemals, wie es anderswo passiert ist, mit dem Sockel Malheur gehabt. Bei uns werden die Mühlen auf das Sorgfältigste behandelt, sämtliche Schrauben und Bolzen werden täglich von Schlossern, die damit umzugehen verstehen, nachgesehen und wir haben daher wesentliche Brüche nicht zu verzeichnen gehabt. Die Brüche, die wir anfangs hatten, schiebe ich nicht auf die Konstruktion der Griffinmühle, sondern auf schlechte Arbeit der Maschinenfabrik und auf eigene Ungeschicklichkeit.“

Eine Beanspruchung des Fundamentes in der Weise, wie solches bei der Griffinmühle geschieht, findet bei der Doppelpendelmühle überhaupt nicht statt. Das ist ein Vorteil, den sie vor der Griffinmühle voraus hat; der Nachteil besteht in der grösseren Kompliziertheit der Konstruktion, die sich als unausweichliche Folge der Doppelanordnung der Mahlwalzen ergibt.

Im übrigen gilt von der Doppelpendelmühle dasselbe wie von der Griffinmühle: sie ist als Feinmahlapparat gut, ja sogar vorzüglich — aber nur so lange, als ihr die unbedingt nötige, sorgfältige Wartung zu teil wird. Mangelt es an dieser — und das ist ja leider nicht selten der Fall — so nehmen die Betriebsstörungen kein Ende.

Die quantitative und qualitative Leistung der Doppelpendelmühle ist eine hervorragende. In Hemmoor wurden (1895) stündlich 2244 kg = 13,2 Fass mit 2,3% Rückstand auf dem 900- und 14% auf dem 5000-Maschen-siebe festgestellt. In Lédecz (1898) 2500 kg = 14,7 Fass mit 2% auf 900 und 21% auf 5000. In Lengerich (1897) 2804 kg = 16,4 Fass mit 3% auf 900 und 12% auf 5000.

Der Kraftverbrauch stellt sich, als Mittel zahlreicher Indikatormessungen, auf rund 50 PS. — inklusive der Vorzerkleinerung. Hieraus folgt, dass, wenn eine mittlere Stundenleistung von 2380 = 14 Fass angenommen

wird, pro Pferdekraft $\frac{2380}{50} = 47\frac{1}{2}$ kg stündlich vorzerkleinert und staubfein

gemahlen werden, oder dass pro Fass Cementmehl $\frac{50}{14} =$ rund 3,5 Pferdekraft genügen.

Die Erneuerungskosten sind bei der Doppelpendelmühle als sehr mässig zu bezeichnen. Bruckmann (Lengerich) gibt darüber — September 1902 — folgendes an: Verbrauch an Mahlrollen, Mahlbahnen und Rührscheiben 12 190 Mk., an Drahtgewebe 4 787,40 Mk., an Riemen etc. 1 960,57 Mk., zusammen 18 937,97 Mk., für eine Leistung von 358 956 Fass, also pro Fass 5,27 Pfennige.

Ein Vorzug, den diese beiden Mühlen gemeinsam vor ihrem stärksten und unbestritten erfolgreichsten Konkurrenten, der noch näher zu beschreibenden Rohrmühle voraus haben und der schon an dieser Stelle gebührend hervorgehoben sei, besteht darin, dass die Vorzerkleinerung bei ihnen nur bis auf 2 ja sogar 3 cm zu gehen braucht, während die Rohr-

mühle eine sehr weitgehende (bis auf Stecknadelkopfgrosse) Vorschrotung erfordert. Es ist notwendig, auf diesen Umstand hinzuweisen, um Irrtümer bei Vergleichen der konkurrierenden Mahlsysteme hintanzuhalten.

§ 157.

Der Erfinder der Rohrmühle ist der dänische Ingenieur M. Davidsen in Paris; das Verdienst, dieselbe aus den ersten Anfängen heraus zu einem vortrefflichen Mahlwerkzeug entwickelt zu haben, gebührt der Firma F. L. Smidth & Co. in Kopenhagen. Das Vermahlungsprinzip, das der Konstruktion zu Grunde liegt, wird aus nachfolgenden Darlegungen am besten zu verstehen sein.

Die Rohrmühle „Dana“ ist hervorgegangen aus einer durch Jahre fortgesetzten Reihe von Versuchen, die von Ingenieur M. Davidsen ausgeführt wurden und zum Ziel hatten, die rationellste Methode zur Herstellung von feinem Mehl aus mehr oder weniger harten Körnern zu finden, eine Aufgabe, deren Lösung in zufriedenstellender Weise bisher noch nicht gelungen war.

Dass man nicht früher zu der richtigen Lösung gekommen ist, erklärt sich durch die Unsicherheit, die über das Wesen der Aufgabe bisher herrschte. Während das Zerschlagen oder Zerkleinern von greifbaren Stücken natürlicherweise die Entfaltung einer gewissen Kraftanstrengung erfordert, war man sich bisher nicht darüber klar, dass die Zerteilung eines kleinsten Körnchens selbst von den härtesten bekannten Stoffen nur eine verhältnismässig geringe Kraft beansprucht. Andererseits steigt die Anzahl der zu zerkleinernden Körper bei der zunehmenden Feinheit in solchem Masse, dass der geringe Kraftaufwand, den das einzelne Korn verlangt, unzählige Male wiederholt werden muss.

Man denke sich z. B. einen Körper von 100 mm Durchmesser. Soll derselbe nur soweit zerkleinert werden, dass man einzelne Körnchen von nur 1 mm erhält, so entstehen aus ihm schon 1 000 000 solcher Körner.

Soll jedes von diesen Körnchen wieder in Teilchen von $\frac{1}{10}$ Durchmesser zerlegt werden, so steigt die Anzahl auf 1 000 000 000. Es ergibt sich hieraus, dass die Maschine für die Feinvermahlung eine ausserordentlich grosse Mahlfläche haben muss, während der Druck zwischen den Mahlflächen nicht besonders gross zu sein braucht. Mit Rücksicht auf diese, durch Davidsen gefundene und durch eine lange Reihe von Versuchen bestätigte Theorie ist die Dana-Rohrmühle konstruiert.

Die Dana-Rohrmühle, Fig. 163, besteht aus einer rotierenden Trommel, die etwa zur Hälfte mit Kugeln oder runden Körpern von relativ kleinem Durchmesser, aber bedeutender Härte gefüllt ist. Die Trommel ist auf Zapfen an ihren Enden drehbar gelagert, von denen der eine hohl ist. Das zu zerkleinernde Material tritt durch den hohlen Zapfen ein, bewegt sich durch die Trommel bei der Drehung derselben hindurch und tritt an dem anderen Ende der Trommel in verfeinertem Zustande aus.

Es geht aus vorstehendem hervor, dass die Rohrmühle „Dana“ in jeder Beziehung der oben dargelegten Theorie der Feinvermahlung entspricht.

Es bestätigt sich dies auch dadurch, dass der Kraftaufwand bei der Rohrmühlenvermahlung auf die Hälfte des bei früher gebräuchlichen Feinmahlvorrichtungen (Mahlgängen und Kugelmühlen) erforderlichen Aufwandes gesunken ist. Es liegen zahlreiche Fälle vor, wo durch Einführung der Dana-Rohrmühle in eine vorhandene Anlage ohne Erhöhung der Betriebskraft die Leistung auf das Doppelte gebracht wurde, umgekehrt ebenso viele Fälle, wo der Kraftaufwand bei gleicher Leistung auf die Hälfte reduziert wurde.

Die Mahlkörper sind kleine, runde Natursteine (Flint- oder Feuersteine). Die Wände der Trommel sind gegen Abnutzung durch eine harte Panzerung geschützt, zu welcher je nach der Art des Mahlgutes als Material Stein oder Metall (Eisen) verwendet wird; die Befestigung geschieht mittelst eigens präparierten Diamant-Cementes oder auch mittelst Schrauben.

Die Dana-Rohrmühle hat, wie schon weiter oben betont worden ist, einen sehr geringen Verschleiss. Derselbe beträgt — laut Angabe von F. L. Smidth & Co. — bei Feinvermahlung von Cement durchschnittlich nur 1 kg Steinkugeln auf 10000 kg Cement. Die Dauer des Panzers steigt — nach derselben Quelle — bis zu 12000 Arbeitsstunden. Betriebsstörungen sind äusserst selten, so dass Betriebsperioden von 6000 Stunden häufig erreicht werden.

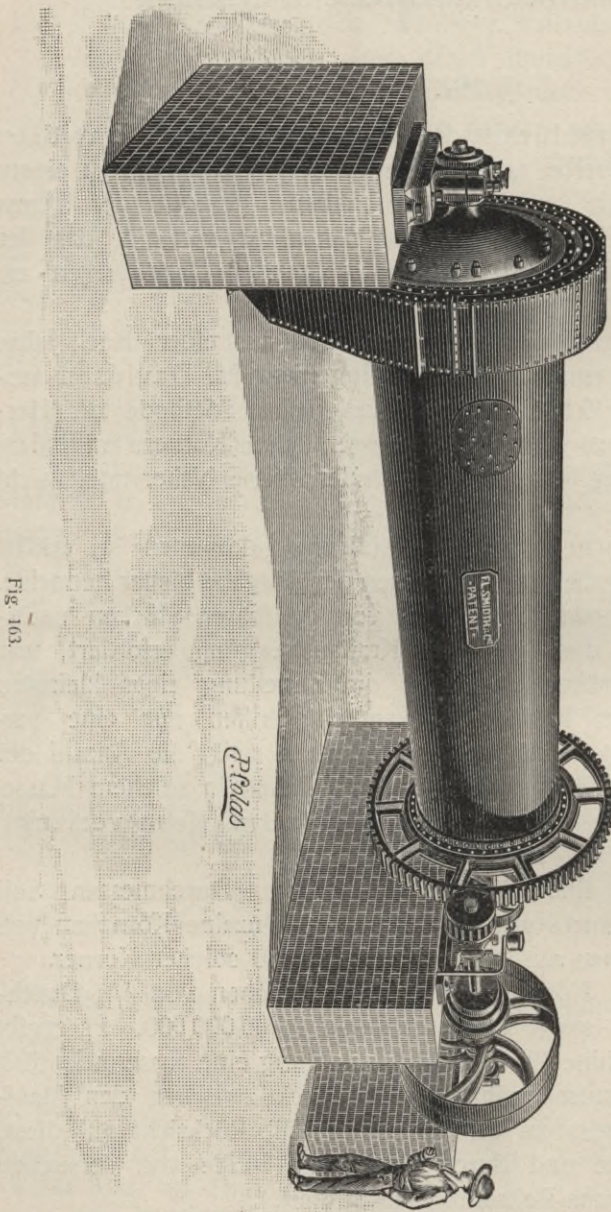


Fig. 103.

Ein grosser Vorzug der Dana-Rohrmühle ist die Zuverlässigkeit und Gleichmässigkeit der Vermahlung, so dass eine nachträgliche Absiebung überflüssig ist. Die Feinheit der Vermahlung (und damit auch die Leistung) wird in einfacher Weise durch die stärkere oder schwächere Zufuhr des Aufschüttgutes reguliert, zu welchem Behufe die Mühle mit einer genau einstellbaren Aufgabevorrichtung versehen ist.

Über die Leistungsfähigkeit und den Kraftverbrauch der Dana-Rohrmühlen liegen folgende Resultate aus der Praxis vor:

- a) Aalborg. 2 Kugelmühlen und 1 Rohrmühle und 2 Elevatoren und 1 Schnecke beanspruchen zusammen 56 PS. Leistung pro Stunde 13 Fass mit 0 % Rückstand auf dem Siebe von 900 und 12–14 % auf dem Siebe von 5000 Maschen pro Quadratcentimeter. Kraftverbrauch pro Fass und Stunde: 4,3 PS.
- b) Hemmoor. 5 Kugelmühlen Nr. 5 und 3 Rohrmühlen, 6 Sichtmaschinen, Elevatoren und Schnecken beanspruchen zusammen 319,8 PS. Leistung pro Stunde 60 Fass mit 3 % auf 900 und 20 auf 5000 Maschen. Kraftverbrauch pro Fass und Stunde: 5,33 PS.
- c) „Stern“-Finkenwalde: 1 Brechwerk und 1 Oberläufermahlgang und 2 Rohrmühlen beanspruchen zusammen 100 PS. Leistung pro Stunde 22 Fass mit 1,5 % auf 900 und 17,2 % auf 5000 Maschen. Kraftverbrauch pro Fass und Stunde: 4,54 PS.

Die Erneuerungskosten einer Mühleneinrichtung bestehend aus Dana-Rohrmühlen, Kruppschen Kugelmühlen, Zwischensichtapparaten, Elevatoren und Schnecken werden uns von einem grossen Cementwerk mit 4,79 Pfennigen pro Fass fertigen Cementes angegeben, worin enthalten sind: Kugeln, Panzerplatten, Flintsteine, Zahnräder, Siebe, Siebrahmen, Riemen, Schmiermaterial und Löhne für Reparaturen.

Die Dana-Rohrmühle wird von F. L. Smidth & Co. in verschiedenen Grössen ausgeführt; die am häufigsten angewandten Modelle sind Nr. 12 mit ca. 1,3 m Durchmesser und ca. 5 m Länge und Nr. 16 mit ca. 1,7 m Durchmesser und ca. 7 m Länge der Mahltrommel. Die weiter oben angeführten Mahlresultate aus drei Portland-Cementfabriken beziehen sich auf Dana-Rohrmühlen Nr. 12. Die Leistungsfähigkeit der Mühle Nr. 16 ist etwa zwei- und einhalbmal so gross.

Von der ausserordentlich weiten Verbreitung, die die Dana-Rohrmühle im Verlaufe von sieben Jahren — seit ihrem Bekanntwerden — gefunden hat, gibt die Tatsache Zeugnis, dass mit diesen Mühlen gegenwärtig pro Jahr 45 Millionen Fass Portland-Cement vermahlen werden.

§ 158.

Die Griesmühle von Fried. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau, Fig. 164, setzt sich ebenso, wie die Dana-Rohrmühle, aus einer langen Mahltrommel, der Aufgabevorrichtung, den Austragungs- und den Antriebs-teilen zusammen. Während aber bei der Smidthschen Mühle das fertige

Produkt durch Schlitze am Umfang des Trommelaustragendes hindurchfällt, erfolgt bei der Griesmühle die Austragung vermittelst einer im hinteren Hohlzapfen befindlichen Schnecke. Die Flintsteine werden von einem davor liegenden geschlitzten Deckel zurückgehalten und das austretende Mehl gelangt durch eine an der Mahltrommel befestigte Auslaufverlängerung auf ein mit Staubgehäuse umgebenes Steinsieb, unter dem es als fertiges Mahlgut aufgefangen wird.

Die Möglichkeit, diese Steine von dem Mehl zu trennen, wird von Krupp als ein besonderer Vorzug hervorgehoben, den der in der Mitte

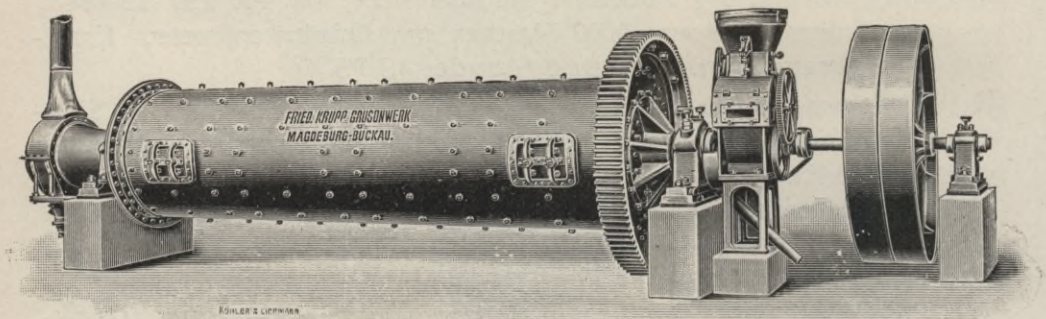


Fig. 164.

der Stirnwand angeordnete Auslauf vor solchen am Umfange der Mahltrommel hat.

Die Griesmühle arbeitet, gleich der Dana-Rohrmühle, ohne Siebe und liefert ein gleichmässig feines Produkt, welches der Nachsiegung nicht bedarf. Sie wird in fünf Modellgrössen von 1100 bis 1500 mm Durchmesser, 4 m bis 8 m Trommellänge ausgeführt. Die kleinste Mühle liefert bei 25 PS. Kraftverbrauch etwa 2000, die grösste bei 70 PS. Kraftverbrauch etwa 7000 kg Portland-Cementmehl stündlich.

§ 159.

Es kommt zwar, namentlich in Zeiten reger Bautätigkeit, nicht selten vor, dass der frisch vermahlene Cement sofort verpackt und versandt werden muss, doch ist dies nur als Ausnahme zu betrachten, während es die Regel bildet, dass das fertige Cementmehl eingelagert und den Lagerräumen den jeweiligen, oft sehr wechselnden Bedürfnissen des Versandes entsprechend, entnommen wird. Man tut also unter allen Umständen wol daran, diese Lagerräume nicht zu knapp zu bemessen, da man andernfalls, bei plötzlichen unvorhergesehenen Störungen im Klinkermühlenbetriebe, leicht in Verlegenheit geraten könnte. Ausserdem bieten grosse Lagerräume den Vorteil, dass man in stilleren Zeiten seine Fabrikanlage nicht untätig liegen zu lassen braucht, sondern sie, sei es auch vorwiegend nur um das Personal zu beschäftigen,

selbst bei stockendem Versand ausnutzen kann. Schliesslich gilt auch noch von der Lagerung des fertigen Cementes dasselbe, was in einem vorhergehenden Kapitel über den Einfluss der Lagerung der Klinker auf die Volumenbeständigkeit des Cementes gesagt wurde.

Bei der Bemessung der Lagerräume wird man also von obigen Gesichtspunkten ausgehen müssen, ohne jedoch ins Extreme verfallen zu dürfen, da die Anlage ja auch nicht unnötigerweise verteuert werden soll. Im allgemeinen hält man es für angemessen und den praktischen Bedürfnissen entsprechend, wenn die Lagerräume eine vierwöchentliche Produktion aufzunehmen vermögen.

Man unterscheidet zweierlei Art der Lagerung: a) in Kammern, b) in Zellen (Silos); demzufolge also auch zwei Arten von Lagerhäusern, Kammerpeicher und Silospeicher, die in Bauart und Betriebsweise derart grundsätzlich voneinander verschieden sind, dass wir sie auch einer getrennten Behandlung unterziehen müssen.

Der Kammerpeicher ist ein Lagerhaus von grosser Grundfläche bei relativ geringer Höhe; während man bei der Bemessung der ersteren gewissermassen unbeschränkt ist (d. h. nur an die Grösse der überhaupt verfügbaren Fläche gebunden erscheint), kann man aus Konstruktionsrücksichten bei letzterer nicht wohl über das Mass von 5 m hinausgehen. Wie schon durch die Bezeichnung ausgedrückt, wird dieses Lagerhaus durch Zwischenwände in eine Reihe von Kammern geteilt, die man gewöhnlich 5 bis 10 m breit wählt, bei einer Länge von 15 bis 25 m. Die Zwischen- und Aussenwände bestehen zweckmässig aus Rundhölzern von etwa 5 Zoll Stärke, die, dicht aneinander gefügt, mit ihren unteren Enden in einer Betonschicht eingebettet, an den oberen Enden durch Zangen zusammengefasst werden. Die Zwischenwände sind untereinander noch in geeigneter Weise durch Anker zu verbinden, welche so stark sein müssen, dass sie, im Vereine mit den oben erwähnten Zangen, den Seitendruck der lagernden Cementmasse mit Sicherheit aufzunehmen vermögen und die Übertragung des Druckes auf die Umfassungswände des Bauwerkes verhindern.

An einer, unter Umständen auch an beiden Längsseiten des Kammerpeichers, wird, in einer Mindestbreite von 5 m, der Packraum angeordnet; in jeder Kammer ist eine Einfahröffnung von beiläufig 1,5 m Breite bei 2,5 m Höhe vorgesehen, die beim Füllen der Kammer successive mit Brettern gedichtet wird. Beim Entleeren der Kammer werden die Bretter in der umgekehrten Reihenfolge entfernt.

Die Baukosten des Kammerpeichers sind verhältnismässig niedrig; sie betragen unter normalen Verhältnissen 45 Mk. für den Quadratmeter bebauter Fläche, in Gegenden, wo das Bauholz billig ist, noch bedeutend weniger. Hingegen gestaltet sich aber der Betrieb insofern teuer, als wol das Füllen, nicht aber das Entleeren der Kammern mit maschinellen Hilfsmitteln geschehen kann, sondern ausschliesslich durch Handarbeit, also Einschaufeln des Cementmehles in Säcke oder Fässer, bewirkt werden muss. Diese Methode ist kostspielig und ausserdem mit starker Staubbelästigung der

Arbeiter verbunden, trotzdem findet man sie noch in recht zahlreichen älteren Fabriken, die sich eben nicht entschliessen können oder wollen, ein wenn zwar auch nicht unerhebliches, so doch immerhin produktives Kapital in einer rationellen Siloanlage zu verbauen.

Um die praktischen Vorteile des Silospeichers mit der Billigkeit des Kammerspeichers zu verbinden, hat man an einigen Stellen die Einrichtung

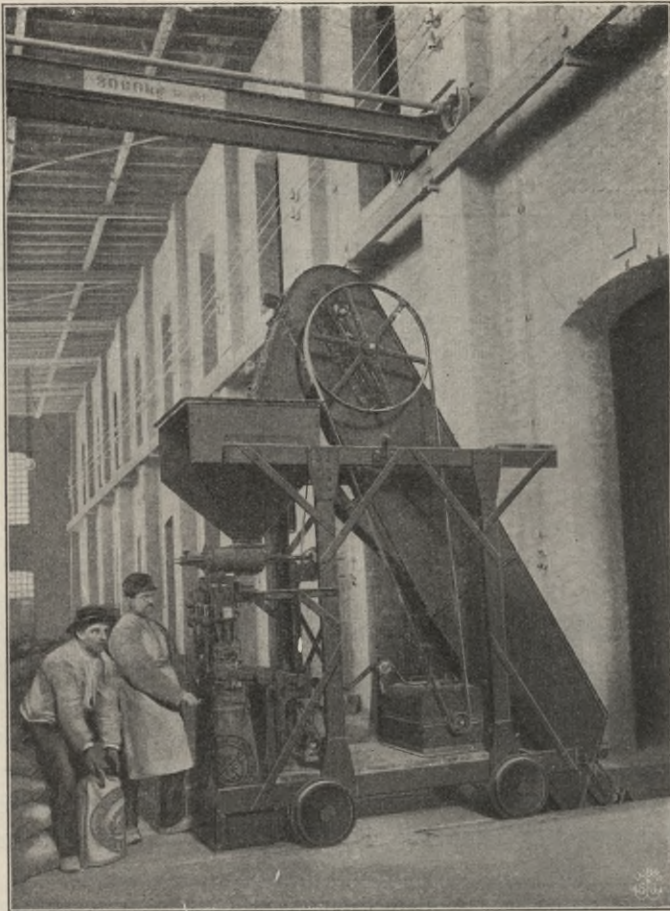


Fig. 165.

getroffen, an der einen Längsseite der Kammern eine Transportschnecke anzuordnen, welche den Cement einem Elevator zuführt, der ihn in einen oder zwei sogenannte „Pack“-Silos befördert. Letztere bieten, bis auf den kleineren Fassungsraum, alle Vorteile, deren sich die Silolagerungs-Methode im allgemeinen erfreut. Allerdings kann auch bei dieser Kombination das Entleeren der Kammern nur von Hand geschehen, da ja der Cement der Entnahmeschnecke zugeschaufelt bzw. zugekarrt werden muss, doch gestaltet

sich hinwiederum die Arbeit des Verpackens bequemer und leichter. — Das, den Cement aus der Klinkermühle zuführende Transportband (oder Schnecke) muss, vermittelt einer oder zweier Hilfsschnecken die Packsilos auch direkt füllen können, so dass das Füllen der Kammern unter Umständen (z. B. bei starkem Versand) ganz umgangen werden kann.

Denselben Zweck, den die Kombination des Kammerspeichers mit Packsilos anstrebt, sucht A. ten Hompel, Recklinghausen, dadurch zu erreichen, dass er im Boden jeder Kammer eine Schlitzrinne anbringt, auf der sich ein automatischer Säckefüllapparat bewegt. Der Apparat (D. R. G. 142317) besteht aus einem Becherwerk, einem Sammelbehälter mit Aufgabevorrichtung

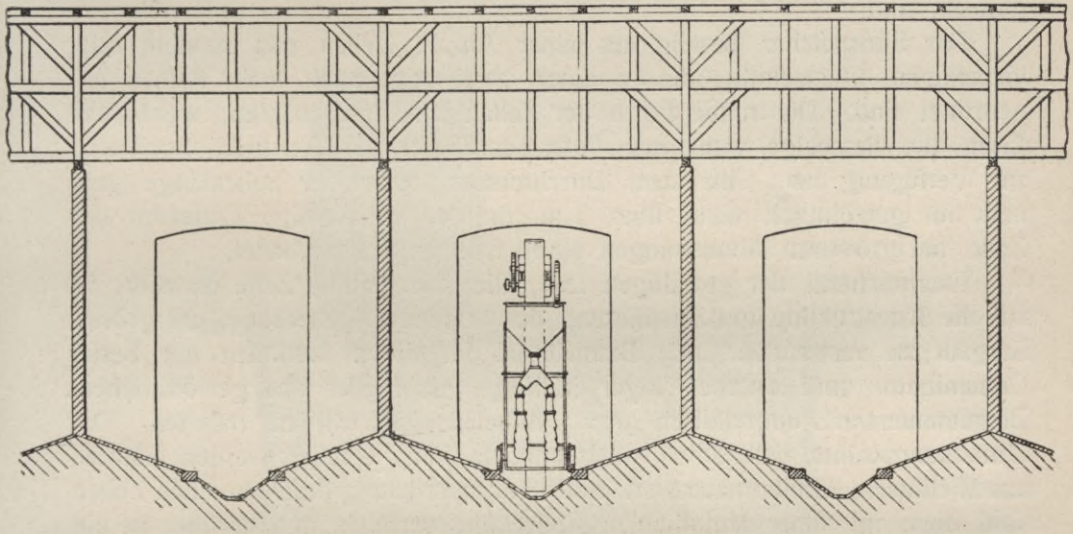


Fig. 166.

und aus einer automatischen, doppelten Sackwage (s. Seite 235), die sämtlich auf einem starken schmiedeeisernen Gestell angeordnet sind (Fig. 165). Der Antrieb wird durch einen Elektromotor bewirkt, die Fortbewegung geschieht mittelst Handkurbel. Um den Apparat anwenden zu können, muss die Sohle der Kammer zu einer Schöpfrinne ausgebildet sein, wie in Fig. 166 veranschaulicht und unter D. R. P. 114856 geschützt ist. Soll eine Kammer entleert werden, so wird die Türe unten so weit geöffnet, dass der Elevator seine Schöpfarbeit beginnen kann; entsprechend der fortschreitenden Entleerung der Kammer wird der Apparat weiter in dieselbe hineingeschoben. — Zum Umsetzen des Apparates in die nächste Kammer bedient man sich eines entsprechend stark konstruierten Laufkranes.

Den Kraftbedarf der Einrichtung gibt ten Hompel mit 2 PS., die stündliche Leistung zu 100 Säcken an.

§ 160.

Wie beim Kammerspeicher die Länge und Breite, so ist beim Silospeicher die Höhe in erster Linie für den Fassungsraum bestimmend, die Anlage eines solchen Lagerhauses wird sich also schon überall da empfehlen, wo wenig Bodenfläche zur Bebauung verfügbar ist. Aber auch die Annehmlichkeiten und Betriebsersparnisse einer rein maschinellen Speicherarbeit dürfen nicht unterschätzt werden und lassen die Silolagerung auch in dieser Beziehung der Kammerlagerung überlegen erscheinen. Dagegen sind die mit der ersteren verknüpften, höheren Baukosten zweifellos ein Nachteil, der sich auch durch reichlichere Bemessung der Zellenhöhe nicht ausgleichen lässt, da letzterer praktisch ziemlich enge Grenzen gesteckt sind.

Der Silospeicher besteht aus einer Anzahl Zellen von rundem oder viereckigem Querschnitt, die in einer, zwei oder auch mehr Reihen angeordnet sind. Die runde Form der Zellen wird man wählen, wenn man Eisen, die viereckige, wenn man Holz oder Beton als Konstruktionsmaterial zur Verfügung hat. Mit dem Durchmesser, bezw. der Seitenlänge geht man für gewöhnlich nicht über 5 m, da das vollständige Entleeren der Zelle bei grösseren Abmessungen schon Schwierigkeiten bietet.

Entsprechend der gewaltigen Last, die eine gefüllte Zelle darstellt, ist auf die Konstruktion und Ausführung des tragenden Unterbaues die grösste Sorgfalt zu verwenden. Als Baumaterial für diesen kommen nur bester Cementbeton und eiserne Träger in Frage, da Pfeiler aus gewöhnlichem Ziegelmauerwerk unpraktisch gross dimensioniert werden müssten. Die Umfassungswände, falls solche überhaupt als nötig erachtet werden, können aus Wellblech, Moniermauerwerk oder Holzverschalung bestehen. Die Zellen sind oben mit einer staubdichten Abdeckung versehen und darüber ist ein leicht konstruiertes Dachgeschoss von genügender Geräumigkeit errichtet. Der Treppenturm liegt gewöhnlich ausserhalb des eigentlichen Lagerhauses, selbstverständlich aber im unmittelbaren Anschlusse an dasselbe.

Zur Füllung der Silozellen bedient man sich, wie beim Kammerspeicher, der Transportschnecken oder der Transportbänder; erstere versieht man mit einer der Anzahl der Zellen entsprechenden Anzahl von Auslaufstutzen mit Schiebern oder Klappen, letztere erhalten Abwurfwagen.

Das Entleeren der Silozellen geschieht zweckmässig vermitteltst Transportschnecken mit darüberliegenden Drehrosten, die den Druck der darüber lagernden Masse aufnehmen. Die Konstruktion und Wirkungsweise dieser Vorrichtung ist bereits bei Beschreibung der Silos für Rohmehl angegeben und mag dort nachgelesen werden.

Über die Baukosten von Silospeichern lassen sich allgemeine Angaben kaum machen; je höher man die Zellen bei demselben Querschnitt wählt, desto kleiner wird der Koeffizient pro Einheit gelagerter Ware, desto (relativ) billiger also das ganze Bauwerk. Das ergibt sich aus der einfachen Überlegung, dass, bei gleicher Grundfläche, Dach und Unterbau nahezu eine

Konstante bilden, denn das Dach ist für den niedrigen Silospeicher dasselbe wie für den hohen, während die Mehrkosten für den stärkeren Unterbau (den die höheren Zellen erfordern) nur in ganz geringem Masse wachsen. Die Mehrkosten des höheren Silos stecken also fast nur in der Wandung, man baut den Silospeicher daher am billigsten, wenn man die Zellen so hoch wie möglich macht. Zellenhöhen von 20 bis 22 m sind, wie wir selbst gesehen haben, keine Seltenheit und in Amerika sollen sogar Höhen von 30 m und mehr vorkommen.

§ 161.

Das Verpacken des fertigen Cementmehles in Fässer oder Säcke geschah früher vielfach und geschieht auch heute stellenweise noch von Hand. Es

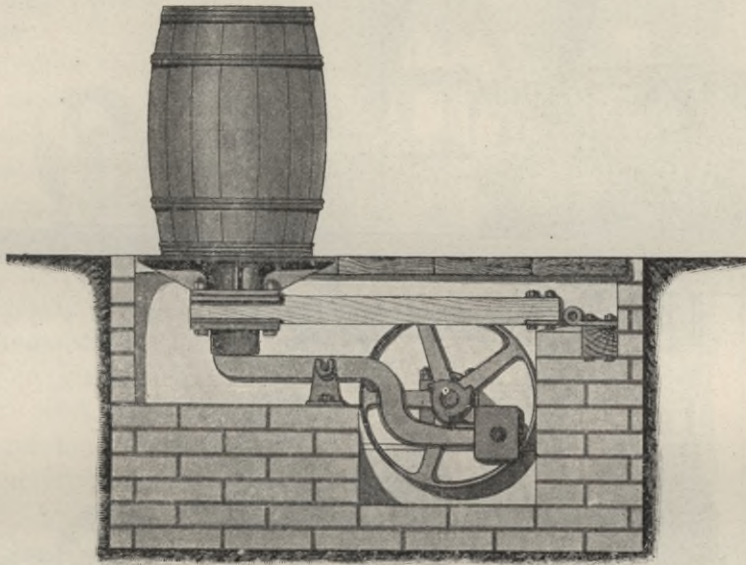


Fig. 167.

ist natürlich, dass man auch diesen Teil der Fabrikation mit maschinellen Hilfsmitteln ausgestattet hat, welche die teure Handarbeit in mehr oder minder gelungener Weise ersetzen und die im nachstehenden beschrieben werden sollen.

In Fig. 167 ist ein Fässerrüttelwerk abgebildet, dessen Konstruktion ohne weiteres verständlich ist. Die Vorteile derselben bestehen darin, dass die Fässer nicht einseitig (wie bei Rüttelwerken alter Bauart) sondern zentral gehoben und gesenkt werden, dass die Intensität der Schläge mit zunehmender Füllung des Fasses grösser wird und dass das Klopferwerk beim Abrollen des gefüllten Fasses sich selbsttätig ausrückt. Mit dieser einfachen Vorrichtung werden pro Stunde 20 Fässer gepackt.

Die in der folgenden Fig. 168 gezeigte automatische Fässerpackvorrichtung rührt vom Eisenwerk Carlshütte in Alfeld a/L. und dient nicht nur zum selbsttätigen Füllen, sondern auch zum gleichzeitigen Abwiegen der Fässer. Das Cementmehl wird am besten durch eine Schnecke dem Ein-

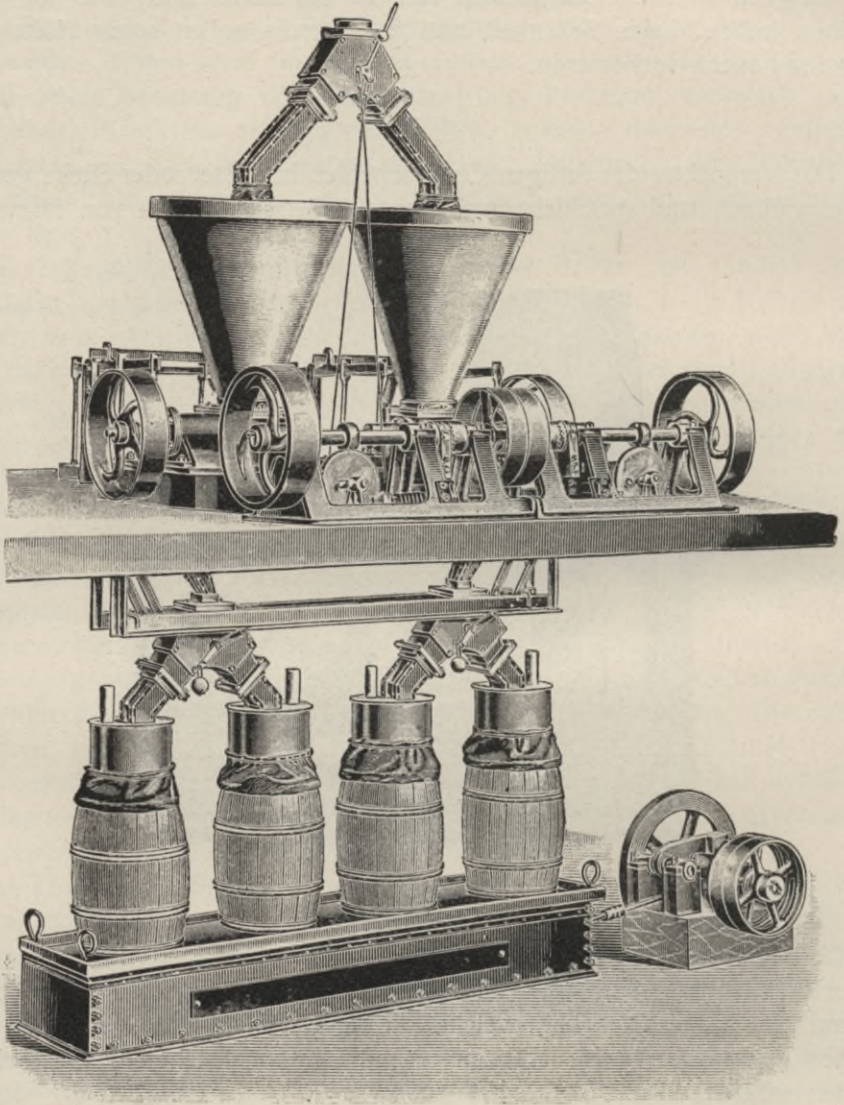


Fig. 168.

fallrohr zugeführt und läuft durch dieses auf eine Leitrinne, welche es automatisch in den linken oder rechten Trichter leitet. Jeder Trichter ist an einem Fussende mit einem cylinderförmigen Behälter und einer Transportschnecke verbunden und ruht auf einer Wage. Der Hebelmechanismus der

letzteren bewirkt bei vollendeter Füllung das Umstellen der Leitrinne zum Zwecke des Füllens des anderen Trichters, gleichzeitig wird die vorliegende Welle in Umdrehung versetzt und damit auch die oben erwähnte Schnecke, wodurch Entleerung des Cylinders und weitere Fortführung des Materiales in die Fässer erfolgt. Nach der Entleerung hebt sich die Wage mit Schnecke, Cylinder und Trichter und das Spiel beginnt von neuem. — Der beim Füllen entstehende Staub wird durch Röhren abgeleitet und kann durch einen Staubfänger mit Exhaustor (s. weiter unten) gesammelt werden.

Während des Füllens stehen die Fässer auf einer Rüttelbank, um durch das Rütteln eine genügend feste Lagerung des Materiales zu erreichen.

Die Leistung der obigen Packvorrichtung beträgt pro Schicht 500 Fässer.

Auf einem ganz anderen Prinzip als die beiden vorstehend beschriebenen Apparate beruht die automatische Packmaschine, Fig. 169, der Maschinenfabrik von Amme, Giesecke & Konegen, Braunschweig. Der Cement, welcher dieser Maschine durch eine (zum Patent angemeldete) Transportvorrichtung in gleichmässigem Strome zugeführt wird, wird nicht wie bei den erstgenannten Apparaten in dem Fass festgerüttelt, sondern durch eine eigenartig geformte Packspirale in das Fass hineingepresst. Dieses steht auf einem ausbalancierten Fahrstuhl und gleitet, entsprechend der Füllung, langsam abwärts. Nach beendeter Packung rückt sich die ganze Maschine automatisch aus und wird dann das Fass von Hand abgerollt. Die Leistung beträgt ca. 30 Fässer pro Stunde.

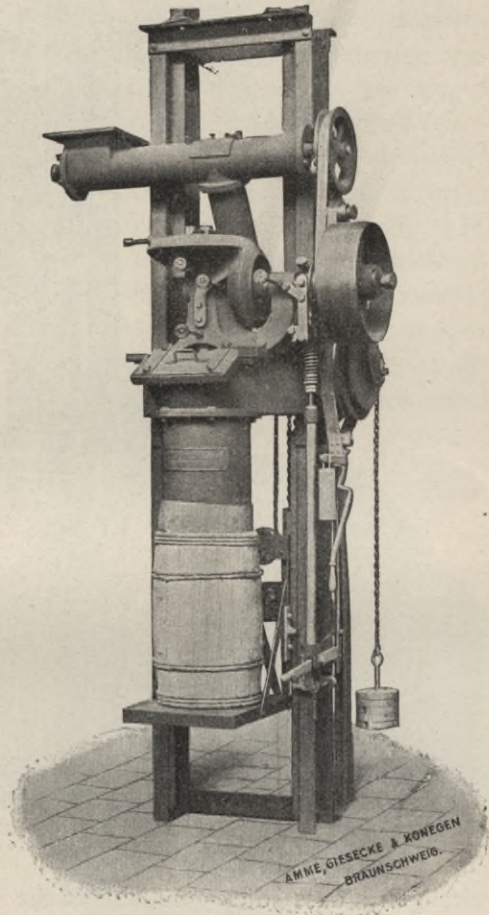


Fig. 169.

Zum selbsttätigen Füllen und Abwiegen der gefüllten Cementsäcke hat die in Fig. 170 dargestellte automatische doppelte Sackwage des Eisenwerkes Carlshütte in Alfeld a/L. vielfach Verwendung gefunden. Der Apparat wird direkt unter einem Siloauslauf befestigt, vorzuziehen ist es jedoch, das Cementmehl durch eine Transportschnecke heranbringen zu lassen. Das Umstellen der Klappe in dem Gabelrohr, wodurch der Zulauf zu dem gefüllten Sack abgestellt und der Cement nach dem leeren Sack geleitet wird,

geschieht selbsttätig. Ein Hubzähler gibt die Anzahl der gewogenen Säcke an. Wie bei dem automatischen Fassfüllapparat desselben Werkes sind auch bei dieser Wage Staubrohre vorgesehen, welche an die Saugleitung eines Staubfängers anzuschliessen sind und mit deren Hilfe das Packen der Säcke nahezu staubfrei vor sich gehen kann. Die Wage ist so hoch zu

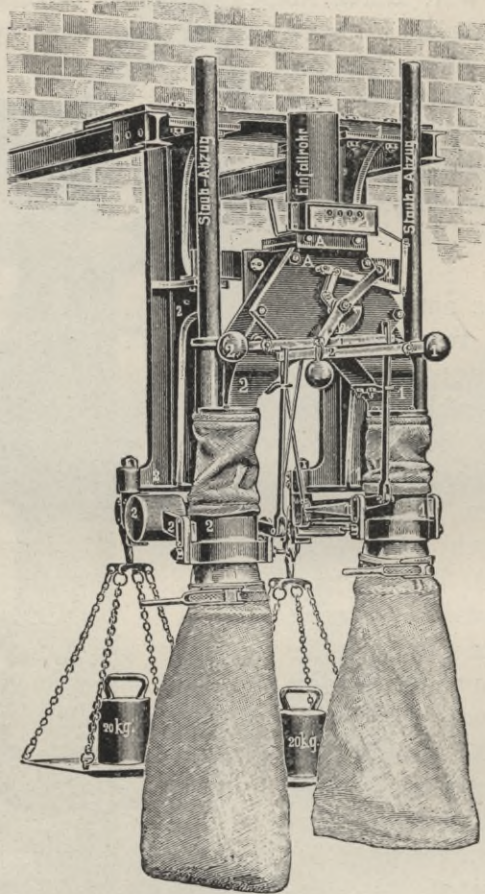


Fig. 170.

befestigen, dass die gefüllten Säcke direkt auf Sackkarren abgeschnallt werden können.

Mit einer derartigen automatischen doppelten Sackwage werden in zwölf Stunden 900–1000 Säcke (à 57 kg) gepackt.

§ 162.

Die zunehmende Verbreitung der früher selten geübten Art, den fertigen Cement in Säcke zu verpacken und der Umstand, dass die Säcke zu wiederholtenmalen gebraucht werden, bis sie endgiltig unbrauchbar geworden sind, hat dazu geführt, die vordem schon in der Müllerei, Zucker-

fabrikation und ähnlichen Betrieben allgemein gebräuchlich gewesene maschinelle Reinigung der Säcke vor ihrer Wiederverwendung auch in die Cementindustrie einzuführen.

Solche Reinigung geht nun bei Cementsäcken selbstverständlich mit einer mehr oder weniger starken und lästigen Staubentwicklung Hand in Hand; es war daher bei der Konstruktion der Reinigungsmaschinen diesem Umstande Rechnung zu tragen und gleichzeitig auf die Wiedergewinnung des wertvollen Staubes Bedacht zu nehmen. Beistehende Abbildung, Figur 171, zeigt die Sackklopfmaschine des Eisenwerks (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg. Sie besteht in der Hauptsache aus einer rasch

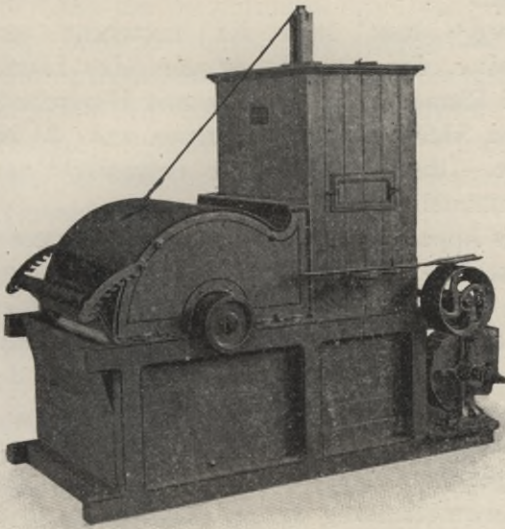


Fig. 171.

rotierenden Welle, die über denjenigen Teil ihrer Länge, welcher der lichten Weite des Gehäuses oder — was dasselbe ist — der zulässigen Sackbreite entspricht, mit einer Anzahl biegsamer Schläger besetzt ist. Diese Schläger bearbeiten nun den in die vordere Öffnung des Apparates eingeschoben und auf einer elastischen Unterlage ruhenden Sack in kräftigster Weise. Der hierbei entstehende Staub wird, zusammen mit der durch die vordere Öffnung nachströmenden Luft, von einem an der Maschine angebrachten und von dieser aus in Tätigkeit gesetzten Exhaustor durch Filtertücher hindurchgesaugt, wobei er an diesen hängen bleibt, während die gereinigte Luft ins Freie oder in eine Staubkammer geblasen wird. Zwecks Reinigung des Filtertuches wird dieses durch Ziehen und plötzliches Loslassen einer über Rollen laufenden Schnur von Zeit zu Zeit kräftig ge-

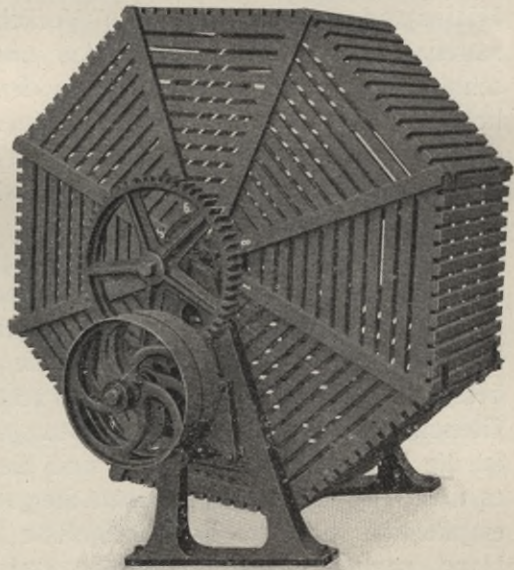


Fig. 172.

schüttelt. Der sich im Unterteil des Gehäuses sammelnde Staub wird in passenden Zeiträumen entfernt. Ein geübter Arbeiter kann mit dieser Maschine in der Stunde bis 120 Säcke reinigen.

Dasselbe „Eisenwerk - Hamburg“ baut auch die umstehend veranschaulichte Sackschüttelmaschine, Fig. 172. Es ist dies eine Lattentrommel, die durch Zahnräder und Riemenscheibe in langsame Umdrehung versetzt wird. Die zu reinigenden Säcke werden in Partien von 40 bis 100 Stück — je nach ihrer Grösse — durch eine Klappe eingebracht und etwa 10 bis 20 Minuten in der Trommel belassen.

Die schüttelnde Wirkung dieses Apparates ist natürlich nicht so intensiv wie das Schlagen der „Sackklopmaschine“, meistens aber doch zur Reinigung ausreichend, wenn der Staub den Säcken nur lose anhaftet. Auch werden die Säcke durch das Schütteln mehr geschont als durch starkes Klopfen, es wird sich letztere Methode also vorzüglich dann empfehlen, wenn der Staub krustenartig an dem Gewebe festsetzt.

Zur Verhütung der Staubbelästigung muss das Schüttelwerk in ein dichtes, mit einer Tür von genügender Grösse versehenes Gehäuse eingeschlossen werden und letzteres ist zweckmässig an die Saugleitung einer Staubfängeranlage anzuschliessen.

§ 163.

Unter allen für den Betrieb von Portland-Cementfabriken erforderlichen Hilfsapparaten nehmen die Vorkehrungen zum Transport des Rohmaterials, der Zwischenprodukte und des Endproduktes in vertikaler, schräger und horizontaler Richtung den breitesten Raum ein. Die ansehnlichen Quantitäten, die schon in kleineren Betrieben dieser Art täglich und stündlich zu bewegen sind und die Beschaffenheit der zu transportierenden Stoffe erheischen ganz besonders kräftige und widerstandsfähige Konstruktionen. —

Für die Heranschaffung des Rohmaterials vom Orte seiner Gewinnung bis zum Orte seiner Verarbeitung kommen je nach den örtlichen Verhältnissen verschiedenerlei Hilfsmittel in Betracht. Liegen diese Stellen nahe beisammen, so wird man die Rohstoffe am einfachsten mittelst Karren oder besser mittelst Kippwagen, die auf schmalspurigen, eventuell transportablen Gleisen laufen und von Hand bewegt werden, zur Fabrik heranschaffen. Ist die Entfernung grösser und sind die Bodenverhältnisse derart, dass man es nicht mit aussergewöhnlichen Steigungen bzw. Gefällen zu tun hat, so empfiehlt es sich, die Transportgefässe (Muldenkipper und dergl.) nicht von Hand, sondern durch motorische Kraft bewegen zu lassen, also Dampf- oder elektrische Lokomotiven zu verwenden. Sehr grosse Entfernungen endlich und ebensolche Unregelmässigkeiten im Gelände werden am billigsten und bequemsten durch Seilbahnen überwunden, die meistens maschinell betrieben werden. Doch kommt es nicht gerade selten vor, dass die herabgehenden beladenen Wagen die zurückkehrenden leeren Transportgefässe auf die Beladestation hinaufziehen, dass also die Seilbahn eines

besonderen Antriebes nicht bedarf. Diese Art des Betriebes stellt sich natürlich sehr billig.

Alle die vorgenannten Einrichtungen sind zu allgemein bekannt, als dass wir ihnen an dieser Stelle ausführliche Beschreibungen widmen müssten; wir verweisen diesbezüglich auf die reich illustrierten Kataloge und Druckschriften der bekannten Spezialfirmen (Arthur Koppel, Orenstein & Koppel, R. Dolberg u. s. w. u. s. w.) und wenden uns daher ohne weiteres den im inneren Betriebe der Portland-Cementfabrikation gebräuchlichen Transportmitteln zu.

§ 164.

Dem Vertikaltransport dienen: Elevatoren, Schaukel- und Fahrstuhl-aufzüge.

Die Elevatoren werden zum Heben sowohl grobstückiger (max. Faustgrösse) als auch griesiger und mehlförmiger Produkte gebraucht. Sie bestehen aus einer oberen und unteren Scheibe, über welche eine oder zwei Ketten — Gurte werden nicht mehr verwendet, weil sie durch heisses Material zerstört werden — laufen, die in passenden Abständen mit den Fördergefässen, den „Bechern“ oder „Eimern“ besetzt sind. Die Kettenstränge mit den Bechern bewegen sich in staubdichten Rohren. Hat der Elevator nur eine Kette, so kann man die Innenseite der Rohre bequem mit einer Führungsrinne für diese versehen, während Doppelketten einer besonderen Führung nicht bedürfen. Seltener sind Elevatoren anzutreffen, welche an Stelle der beiden Rohre ein entsprechend weites, beide Stränge einschliessendes Gehäuse besitzen. Die Kettenscheiben sind ebenfalls in staubdichten Kasten gelagert; die Lager von einer derselben, sei es der oberen oder der unteren Scheibe, müssen behufs Nachspannens der Kette verstellbar sein. Vielfach findet man Elevatoren, bei welchen das Nachspannen selbsttätig, unter der Einwirkung eines entsprechend schweren Gewichtes, erfolgt, womit die Achse der unteren Kettenscheibe belastet wird.

Gehäuse und Rohre werden fast ausschliesslich aus Eisen hergestellt, teils der Feuersicherheit halber (hölzerne Elevatorrohre sind zur Übertragung des Feuers aus unteren Stockwerken in die höher gelegenen sehr geeignet), teils des besseren Aussehens wegen, endlich auch deswegen, weil hölzerne Rohre für den Transport heissen Materials — und um solchen handelt es sich in diesen Betrieben vielfach — unbrauchbar sind, da sie durch die Einwirkung der Hitze bald fugenbreit, daher undicht und zu hässlichen Staubquellen werden.

Der Antrieb erfolgt entweder direkt mittelst einer auf der verlängerten oberen Kettenscheibenachse sitzenden Riemscheibe oder mittelst Räder-vorgeleges.

Fig. 173*) zeigt einen Elevator, Konstruktion des Eisenwerks (vorm.

*) Das Kettenrad in der Abbildung diente zum Antrieb einer Transportschnecke, es gehört also nicht zur Elevator-Konstruktion.

Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg, mit eisernem Ober- und ebensolchem Unterkasten, eisernen Rohren und selbstspannender unterer Kettenscheibe. Der Elevator hat Doppelkette (gewöhnliche schmiedeeiserne, kurzgliedrige Schiffskette). Die Becher sind an ihr mittelst Krampenschrauben befestigt, der hohen Beanspruchung wegen sehr stark gebaut und mit Stahlleisten armiert. Je nach Art und Menge des zu hebenden Materials werden die Elevatoren mit verschiedenen Kettenscheibendurchmessern — gewöhnlich von 575 bis 700 mm — und mit verschiedenen Becherbreiten — von 180 bis 300 mm — ausgeführt.

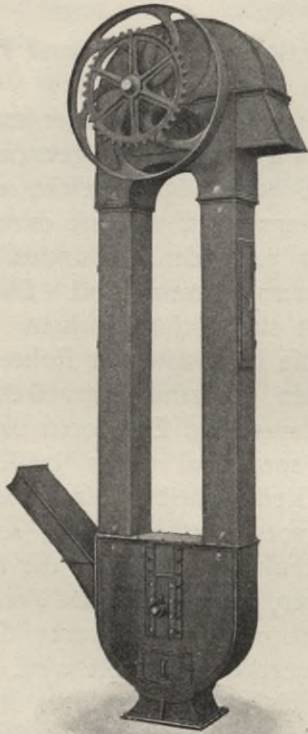


Fig. 173.

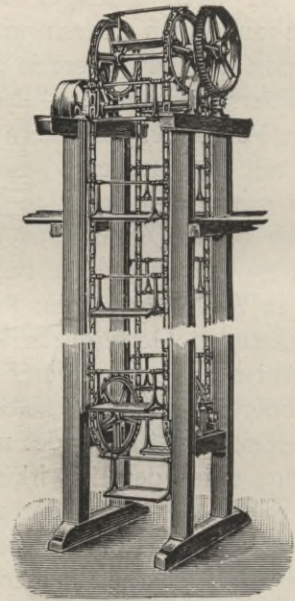


Fig. 174.

Der Kraftverbrauch ist aus dem pro Zeiteinheit zu hebenden Quantum und der Förderhöhe leicht zu ermitteln.

Der Schaukelaufzug, Fig. 174, hat den Zweck, frisch gepresste Rohcementziegel nach höher gelegenen Stockwerken zu transportieren oder aus solchen nach unten zu befördern. Die Schalen — einfache Bretter — sind an dem Doppelkettenstrang — gewöhnlich einer zerlegbaren Treibkette amerikanischer Bauart — beweglich aufgehängt und bleiben stets, auch beim Umwenden der Kette an den oberen Kettenrollen, in ihrer vertikalen Lage hängen.

Zum Aufziehen grösserer Lasten, als: mit Rohmaterial oder Klinkern beladener Kippwagen oder mit getrockneten Rohcementziegeln besetzter Etagenwagen bedient man sich der Fahrstuhlauzüge, bei welchen die Last

auf einen Fahrstuhl (Förderkorb) daraufgeschoben und mit diesem, mittelst eines Windwerkes hochgezogen wird. Die Plattform des Fahrstuhls — siehe Fig. 175 — ist selbstverständlich den Dimensionen des zu hebenden Transportgefässes entsprechend zu wählen; bei besseren Ausführungen versieht man den Fahrstuhl mit Fangvorrichtungen, die in Wirksamkeit treten, wenn das Seil oder die Kette oder der Drahtgurt reisst, an dem der Stuhl hochgezogen wird. Der letztere bewegt sich in einem Schacht, dessen Gerüst aus Holz oder Eisen konstruiert ist und dessen senkrechte Mittelständer

— Ruten — zur Führung des Förderkorbes dienen. Die Ein- bzw. Ausfahröffnungen des Schachtes sind mit Hebetüren ausgestattet, die durch den aufsteigenden bzw. niedersinkenden



Fig. 175.

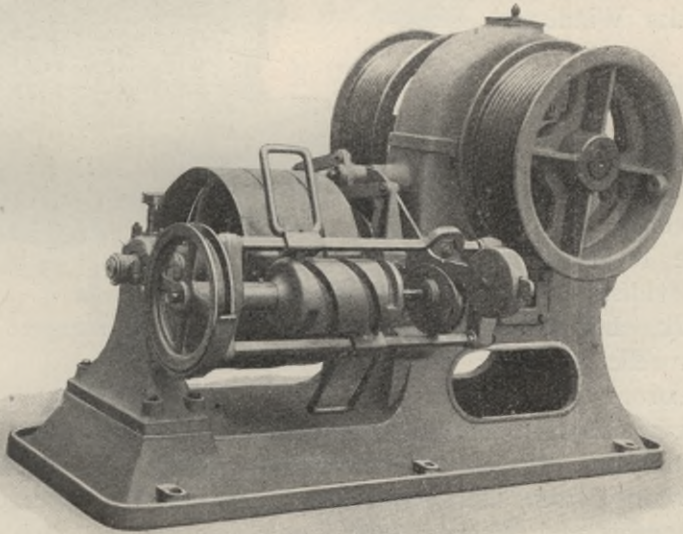


Fig. 176.

Stuhl geöffnet oder geschlossen werden, wodurch das Hineinstürzen von Personen in den Schacht und das Betreten des Schachtes von unten, bei oben schwebendem Stuhle, zur Unmöglichkeit gemacht wird.

Die Fahrstuhlauzüge werden in der Regel mit zwei Fahrstühlen ausgeführt, selbst wenn man rechnungsgemäss mit nur einem auskommen könnte, weil sich die Leistungsfähigkeit der Einrichtung dadurch verdoppelt, während die Winde bzw. die benötigte Kraft ungefähr dieselbe bleibt. Fig. 176 veranschaulicht ein Windewerk, welches von einer stetig umlaufenden Welle zu betreiben ist; es ist als Schneckenwinde konstruiert und mit der Lagerung der Riemscheiben auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte montiert. Durch einen offenen und einen gekreuzten Riemen werden mittelst einer Stahlschnecke und Bronzeschneckenrad die Trommeln, auf welche sich die Seile aufwickeln, angetrieben. Die Trommeln sind mit eingedrehten Seilrillen versehen. Schnecke und Schneckenrad laufen zur Erhöhung des Nutzeffektes und zur Verringerung des Verschleisses in einem ständigen Ölbad. Der Achsialdruck der Schnecke wird durch ein gehärtetes Kugelspurlager aufgenommen. Des weiteren besitzt das Windewerk eine kräftig wirkende Backenbremse und eine Riemensteuerung mit Schneckentrieb, welche eine leichte Handhabung des Steuerzuges gewährleistet. An den Hubgrenzen schaltet das Windewerk selbsttätig aus.

In den zahlreichen Fällen, wo die Überleitung der Kraft mittelst Riemen, Hanf- oder Drahtseilen grosse Umstände verursachen würde, bietet sich die elektrische Transmission als einfachstes Hilfsmittel dar. Ein Windewerk, bei welchem die Schneckenwelle mit der Welle eines Elektromotors zusammen-

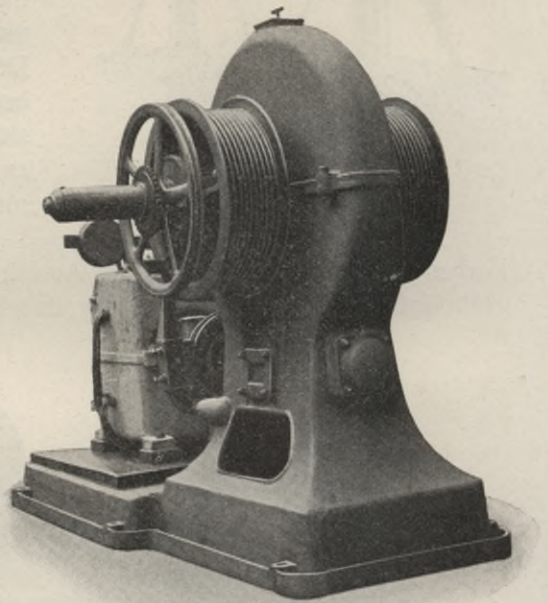


Fig. 177.

gekuppelt ist, zeigt die Abbildung Fig. 177. Der Elektromotor wird mittelst eines automatisch wirkenden Umkehranlasswiderstandes dirigiert. Letzterer (im Bilde fortgelassen) dient, wie schon durch den Namen angedeutet, zum Anlassen sowie zum Wechseln der Drehrichtung des Motors; er muss zu diesem Behufe den Magnetstrom einschalten, bzw. umkehren, er muss ferner vor der Ingangsetzung einen Widerstand in den Ankerstromkreis einschalten und denselben beim Anlassen des Motors langsam ausschalten. Endlich muss er dafür sorgen, dass der Strom in der Ruhelage des Fahrstuhles wieder ausgeschaltet ist. Die Betätigung der Einrichtung geschieht durch ein Steuerseil, welches um eine Steuerscheibe geschlungen wird und hiermit

eine Welle in Drehung versetzt, welche ihrerseits die verschiedenen Vorrichtungen einleitet.

Die Konstruktion des Windwerkes ist im übrigen gleich der des erstbeschriebenen. Beide entstammen dem Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg.

§ 165.

Zur Beförderung von Ton, angesteiftem Schlamm und dergl. wird mit Vorteil der in beistehender Fig. 178 veranschaulichte Transporteur verwendet.

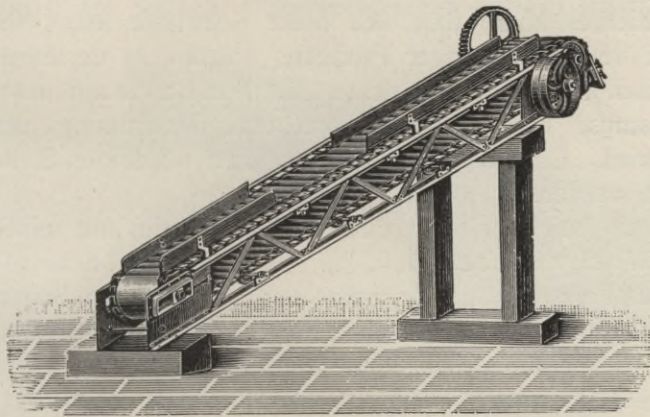


Fig. 178.

Die einfache Konstruktion ist aus dem Bilde ohne weiteres verständlich. Anstatt mit Blechbrücken kann der Doppelkettenstrang auch mit anderen, dem jeweiligen Zwecke des Transporteurs angepassten Transportelementen besetzt werden, als z. B. mit Schaufeln, Kratzern und dergl.

Zur Beförderung gewalzter Cementrohmasse hat sich ein eigenartig geflochtener, auf glatten Rollen laufender Stahldrahtgurt sehr gut bewährt.

§ 166.

Für den Horizontaltransport der Zwischen- und Endprodukte stehen verschiedenartige maschinelle Beförderungsmittel zu Gebote, unter welchen man von Fall zu Fall passende Auswahl zu treffen hat. Handelt es sich um den Transport grobstückiger Materialien, so wird man sich dazu ent-

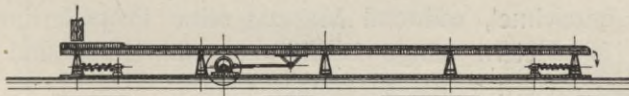


Fig. 179.

weder des in Fig. 178 abgebildeten Transporteurs — der ja nicht nur für die Beförderung in schräger, sondern ohne weiteres auch für solche in horizontaler Richtung verwendbar ist — bedienen, oder man wird eine Förderschwinde benutzen, wie solche u. a. auch von der Mühlenbauanstalt von F. H. Schule in Hamburg gebaut wird. Diese Schwinde, Fig. 179, besteht aus einer oben offenen Rinne, deren Breite und Tiefe je nach Art und Menge des Fördergutes zu bestimmen und deren Boden ähnlich den Zähnen einer Säge gestaltet ist, wodurch die transportierende Wirkung der in der Minute 100 bis 120 mal hin- und herbewegten Rinne ganz wesentlich erhöht wird. Der Antrieb erfolgt mittelst Excenters von der mit Fest- und Losscheibe ver-

sehenen Vorgelegewelle aus. Die Rinne ist auf einer Anzahl Schwingbügel gelagert, die mittelst Zahnsegmentes auf Zahnstangen abrollen und von welchen zwei (je einer vorne und hinten) mit dem unteren Rahmen federnd verbunden sind.

Die Konstruktion hat sich praktisch vielfach bewährt; sie wird von Schule in Breiten von 200 bis 1300 mm und für Leistungen (pro Stunde) von 2500 bis 65000 kg ausgeführt, wobei der Kraftbedarf für 15 m Länge von 0,2 bis 5 PS. beträgt.

Zu erwähnen ist hierbei noch, dass sich diese Schwinge leicht für gleichzeitigen Transport verschiedenartiger Produkte, sowohl in derselben als auch in entgegengesetzten Richtungen, einrichten lässt, und zwar mit demselben Antriebsmechanismus, was durch entsprechende Anordnung der Transportleisten erzielt wird. Das Fördergut kann an jeder beliebigen Stelle der Schwinge abgeladen werden.

Ein ganz neues Prinzip befolgt H. Marcus in Köln a/Rhein mit seiner Propellerrinne mit Wurfgetriebe (D. R. P.). Während bei Schüttelrinnen gewöhnlicher Bauart das Fördergut schräge zur Unterlage im Bogen nach oben geworfen und einer ununterbrochenen Folge von kleinen Stößen ausgesetzt wird, ist bei der Marcusschen Rinne die Wurfbewegung einer Schaufel derart nachgebildet beziehungsweise vervollkommt, dass das Fördergut den kürzesten Weg durchläuft und dabei keinen Stoss erleidet; das Gut selbst wird also nicht geworfen, sondern es wird ihm in der Förderrichtung möglichst viel lebendige Kraft zugeführt, wobei es — d. h. während der Aufnahme von lebendiger Kraft — auf der Unterlage in Ruhe verharrt und die Unterlage in gerader Richtung derart geführt wird, dass die Masse des Fördergutes sich nie von derselben entfernen und ein Abheben von der Unterlage niemals eintreten kann. Dadurch wird ermöglicht, dass man mit viel geringeren Umdrehungszahlen arbeiten und die Rinnen in bedeutend grösseren Längen ausführen kann als das bisher möglich war, wo das Mass von 40 Metern ungefähr die Höchstgrenze für die Länge einer Schüttelrinne bezeichnet, während Marcus seine Propellerrinne mit Wurfgetriebe mit 80 Metern Länge bereits ausgeführt hat und bis zu einer Länge von 200 Metern gehen zu können glaubt.

In die Kategorie der Transportmittel für grobstückiges Gut gehört auch die Kettenschlepprinne (Kratztransporteur). Sie besteht aus einer feststehenden Rinne, in welcher sich, an einer oder auch an zwei Ketten aufgehängt, Schaufeln (Kratzer) bewegen, die das an der Einwurfstelle in die Rinne eingebrachte Fördergut vor sich herschieben und der Auslauföffnung zuführen. Neuerdings ist die Schlepprinne mit einer Kette dadurch bedeutend vervollkommenet worden, dass man die Schaufeln mit kleinen Rollen versehen hat, die sich auf seitlichen Schienen führen.

§ 167.

Einer der ältesten Apparate für den Transport in horizontaler Richtung und für griesiges oder mehliges Fördergut ist die Transportschnecke

(Fig. 180). Der fördernde Teil derselben ist die in ihren Lagern festgehaltene Schraube, als deren Schraubenmutter man sich das Fördergut zu denken hat; durch die fortgesetzte Drehung der Schraube wird das Material in achsialer Richtung fortbewegt und der Auslauföffnung zugeschoben. Das Schraubengewinde ist auf der Welle (die vielfach als Gasrohr mit eingeschweissten massiven Lagerzapfen ausgeführt wird) sehr solide mittelst Winkeln und Blattschrauben befestigt; um Stauungen zu vermeiden, muss das Gewinde vor der Ausfallöffnung aufhören. Trog und Gewinde werden meist aus starkem Eisenblech, selten aus Gusseisen angefertigt. In älteren

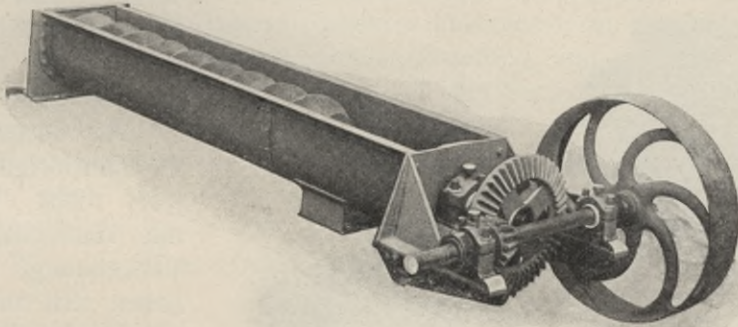


Fig. 180.

Anlagen trifft man noch Schnecken an, deren Trog aus Holz besteht; diese Bauart ist jedoch, weil Holztröge durch warmes Fördergut undicht werden und stäuben, nicht zu empfehlen.

In Cementfabriksbetrieben macht man die Schneckendurchmesser nicht unter 200 und nicht über 500 Millimeter. Für die Länge betrachtet man 50 Meter als oberste Grenze. Um dem Verwürgen der Schneckenwelle vorzubeugen, müssen lange Schnecken von beiden Seiten angetrieben werden.

§ 158.

Dort, wo es sich darum handelt, griesiges oder mehlartiges Fördergut in horizontaler oder sanft ansteigender Richtung auf grössere Entfernungen (etwa von 20 Metern an) zu transportieren, wird stets der Bandtransporteur am Platze und wohl sobald durch kein anderes Transportmittel mit Vorteil zu ersetzen sein. Eine derartige Einrichtung ist ganz ausserordentlich einfach; sie besteht aus einem breiten Gurt, der, gleich den Riemen bei einem Riemetriebe, über zwei Rollen — die Antriebs- und die Endrolle — läuft und dessen transportierendes sowie auch dessen rückkehrendes Trum durch Führungsrollen unterstützt wird. Das zu befördernde Gut wird an irgend einer Stelle auf das obere Band gebracht und, auf diesem ruhend, so lange mitgenommen, bis es durch eine feste oder verschiebbare Abwurfvorrichtung abgeleitet wird. Die letztere gestattet, dass das Band an jeder beliebigen Stelle der Längsrichtung das Fördergut abwirft; sie ist in Fig. 181

dargestellt und setzt sich zusammen aus einer oberen und einer unteren Kehrrolle, einem Ausschütttrichter mit Hosenrohr und Drehklappe und dem Fahrgestell mit Feststellvorrichtung.

Für das gute Funktionieren des Apparates ist ein gerader Lauf des Bandes erstes Erfordernis, daher sorgfältige Aufstellung und gutes, egales Bandmaterial nötig. Ausserdem muss das Band bis zu einem gewissen Grade straff gehalten werden, was man durch geeignete Spannvorrichtungen erreicht, die entweder durch ihr Eigengewicht wirken oder durch Schraubenspindeln betätigt werden. Zu starkes Anspannen des Gurtes ist jedoch zu

vermeiden, da derselbe darunter unnötigerweise leidet und an Lebensdauer einbüsst.

Als Material für die Transportgurte steht wol meist Gummi mit Hanfeinlagen in Verwendung, doch haben sich auch Balata-Gurte gut bewährt.

Stellenweise findet man Bandtransporteure, bei welchen der tragende Gurt durch

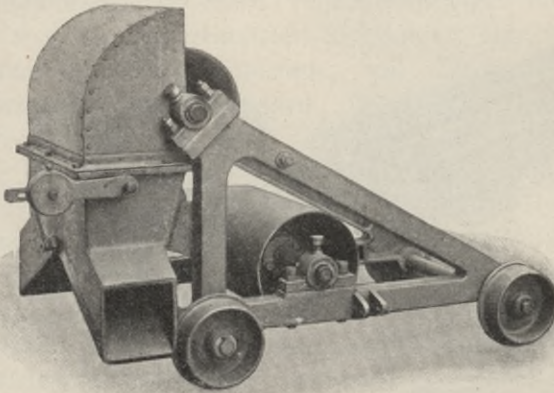


Fig. 181.

geeignete Schiefstellung der oberen Tragrollen zu einer Mulde ausgebildet ist; die Leistungsfähigkeit eines solchen Bandes ist — bei gleicher Breite und gleicher Transportgeschwindigkeit — selbstverständlich grösser, dafür aber seine Beanspruchung und Abnutzung durch das beständige Zusammen- und Aufbiegen in der Querrichtung höher und seine Haltbarkeit geringer als die des geraden Bandes.

Die Vorzüge des Bandtransporteurs gegenüber anderen Transportvorrichtungen sind

- a) geringster Kraftbedarf bei
- b) geringen Unterhaltungskosten und
- c) ruhiger, geräuschloser, staubfreier Betrieb.

§ 169.

Es gibt wenig Industriezweige, die sich an Intensität der Staubentwicklung mit der Portland-Cementfabrikation messen können. Man wird dies ganz natürlich finden, wenn man bedenkt, dass selbst bei den kleinsten Betrieben dieser Art, die Quantitäten an Kalkstein, Ton und gebranntem Cement, die tagsüber und vielfach auch noch nachts in feinstes Mehl verwandelt werden müssen, schon ganz respektable sind und sich z. B. für eine Anlage von nur 100000 Fass Jahresleistung auf stündlich etwa 100 Centner Rohmaterial und 60 Centner fertiger Ware beziffern.

Von jeher war es daher eine der wichtigsten Aufgaben der Technik Mittel und Wege zu finden, die es ermöglichen sollten, die Staubentwicklung in diesen und ähnlichen Betrieben auf ein zulässiges Mass einzuschränken oder unter Umständen sogar ganz zu unterdrücken. Im Laufe der Jahre ist die Anzahl der Konstruktionen, die dem gedachten Zweck dienen müssen, eine sehr grosse geworden; je nach dem ihnen zugrunde liegenden Gedanken lassen sich drei Gruppen derselben unterscheiden. Davon beruht die erste auf der Verminderung der Luftgeschwindigkeit, die zweite auf der Filtration, die dritte auf der Ausscheidung durch die Centrifugalkraft.

Die auf dem ersten Grundsatz beruhenden Staubkammern sind Räume, in die man den staubbeladenen Luftstrom hineinführt, wo letzterer infolge der plötzlich eingetretenen Querschnittsvergrösserung und dadurch bedingten Geschwindigkeitsverminderung einen Teil des Staubes fallen lässt, der um so grösser sein wird, je geringer die Luftgeschwindigkeit wurde. Da man nun aus naheliegenden Gründen die letztere nicht auf Null reduzieren kann und ein, wenn auch noch so schwach bewegter Luftstrom immer noch Staubträger bleibt, so ist klar, dass eine vollkommene Staubbeseitigung auf diesem Wege nicht zu erreichen ist.

§ 170.

Besser, ja unter Umständen in nahezu vollkommener Weise, wird die Aufgabe von der Filtrationsmethode gelöst, welche darin besteht, dass die verunreinigte Luft durch passend gewebte Tücher gedrückt oder gesaugt, und dadurch auf der einen Seite derselben der Staub zurückgehalten wird, während auf der anderen Seite die gereinigte Luft austritt. Nachstehend folgen die Beschreibungen einiger der bekanntesten und verbreitetsten Konstruktionen.

Der Staubfänger für Saugluft, System Nagel & Kaemp, Fig. 182, besteht aus einem allseitig mit grossen abnehmbaren Türen versehenen, in Eisen oder Holz konstruierten Gehäuse, in welchem ein sternförmiger Filterkorb an einer Zwischenwand aufgehängt ist. Die staubhaltige Luft wird von unten durch ein weites Rohr central eingeführt, verteilt sich radial in die Zwischenräume zwischen den Filterzellen und wird durch die Flanellwände der letzteren filtriert. Die gereinigte Luft steigt im Innern der Zellen auf, gelangt durch deren obere Öffnung und entsprechende Schlitze der Wand in den oberen Teil des Gehäuses und von da in zwei Exhaustoren, welche sie in eine Staubkammer oder ins Freie befördern. Der im unteren Teil des Gehäuses zurückgehaltene Staub lagert sich hier auf dem Boden ab bzw. bleibt zum Teil an den Zellenwänden hängen. Die Reinigung der Filterzellen von dem anhaftenden Staube wird periodisch durch einen Gegenluftstrom in der Weise bewirkt, dass ein Strom frischer reiner Luft ins Innere der Zelle geleitet und durch die Wände derselben hindurch getrieben wird. Periodische Schläge eines Hammers verstärken die reinigende Wirkung des Gegenluftstromes.

Zur kontinuierlichen Fortschaffung des auf dem Boden des Gehäuses sich ansammelnden Staubes dient eine Schnecke oder ein Scharwerk, welches den Staub nach dem an beliebiger Stelle des Bodens anzusetzenden Ausfallrohre befördert.

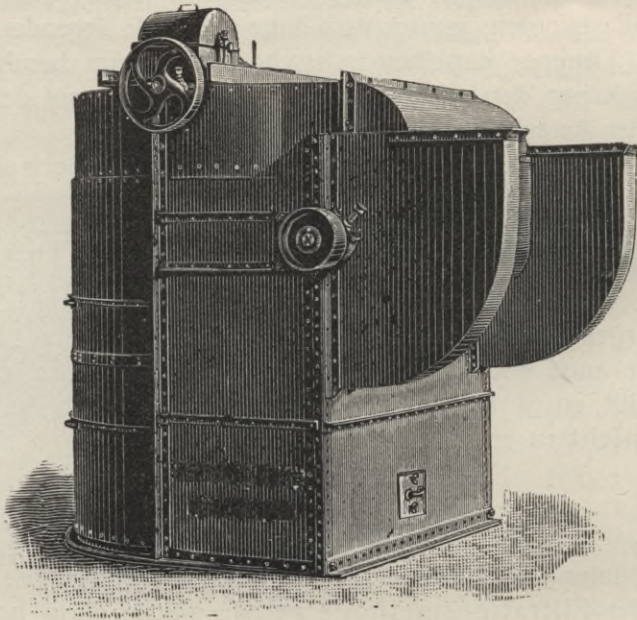


Fig. 182.

Der Schlauch-Staubsammler (Patent W. F. L. Beth) auch kurz „Beth-Filter“ genannt, besteht (Fig. 183) aus einer Anzahl von Schläuchen in Verbindung mit einem Exhaustor, der die staubbeladene Luft durch dieselben hindurchsaugt, wobei der Staub an der inneren Seite des Filterschlauches hängen bleibt, während die gereinigte Luft ins Freie geblasen wird. Die Schläuche sind paarweise in Abteilungen eines schrankartigen Gehäuses angeordnet, unten offen und in dem Boden des Gehäuses befestigt, oben durch Holzdeckel abgeschlossen und an Federwinkelhebeln aufgehängt, deren untere Enden mit einem Schaltwerk in Verbindung stehen. Die Reinigung der Schläuche erfolgt periodisch, ähnlich wie bei dem früher beschriebenen Staubfänger, vermittelt Einleitung eines reinen Aussenluftstromes, der seinen Weg von aussen nach innen nehmen muss und dessen reinigende Wirkung gleichzeitig durch das automatisch vom Schaltwerk bewirkte, mehrmals hintereinander erfolgende Schlawerwerden und Straffziehen der Filterschläuche aufs energischste unterstützt wird, so dass die letzteren nach der plötzlichen Wiedereinschaltung wieder vollkommen filtrierfähig sind. Die Reinigung eines jeden Schlauchpaares wiederholt sich alle sechs bis acht Minuten. Eine Unterbrechung der Saugwirkung des ganzen Systems findet dabei nicht statt, da dieses gewöhnlich aus vier und mehr Schläuchen be-

steht und auch bei den aus zwei oder sechs Schläuchen zusammengesetzten Apparaten zur Zeit ein bzw. drei Schläuche gereinigt werden.

Der gesammelte Staub fällt in den Rumpf unter dem Filter und wird von da kontinuierlich durch Schnecken oder dergl. weggeschafft bzw. der Wiederverwendung zugeführt.

Die ganze Konstruktion ist sehr sinnreich und dabei doch verhältnismässig einfach. Der Apparat ist in allen seinen Teilen leicht zugänglich

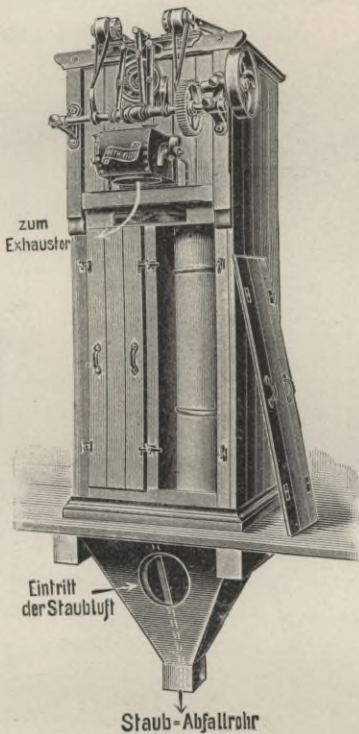


Fig. 183.

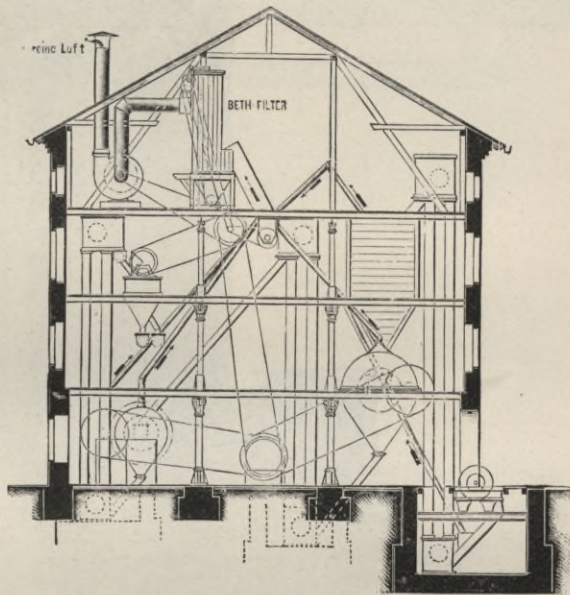


Fig. 184.

und was für die Praxis von besonderem Vorteil ist, die Schläuche sind mit wenigen Handgriffen freizulegen, leicht auswechselbar und bequem zu kontrollieren.

Die „Beth-Filter“ werden in Grössen von 2 bis 24 Schläuchen und bis zu einer ganzen Höhe von 4 m ausgeführt, die dazu gehörigen Exhaustoren mit 300 bis 1500 mm Flügeldurchmesser.

Die schematische Skizze, Fig. 184, veranschaulicht die Anordnung eines „Beth-Filters“ in einer Cementmühle. Man bemerkt einen Hauptstaubkanal in der Mitte des Gebäudes (unter dem Fussboden des Dachgeschosses), in welchen die Staubrohre der einzelnen Stauberreger einmünden und der seinerseits wieder mit dem Filtergehäuse in Verbindung steht. Letzteres ist dann an das Saugrohr des links im Dachgeschoss aufgestellten Exhausters angeschlossen. Die gereinigte Luft wird ins Freie geblasen, der gesammelte Staub dem Speicher zugeführt.

Hinzufügen müssen wir noch, dass der Kraftverbrauch des Filterapparates an sich sehr gering ist, etwa $\frac{1}{10}$ PS.; jener des Exhaustors richtet sich nach der verlangten bzw. erforderlichen Luftleistung und dem zu erzeugenden Vacuum.

Einen dem vorbeschriebenen „Beth-Filter“ ähnlichen Schlauchstaubfilter baut die Maschinenfabrik von Amme, Giesecke & Konegen in Braunschweig, welcher durch nachstehende Abbildung, Fig. 185, veranschaulicht

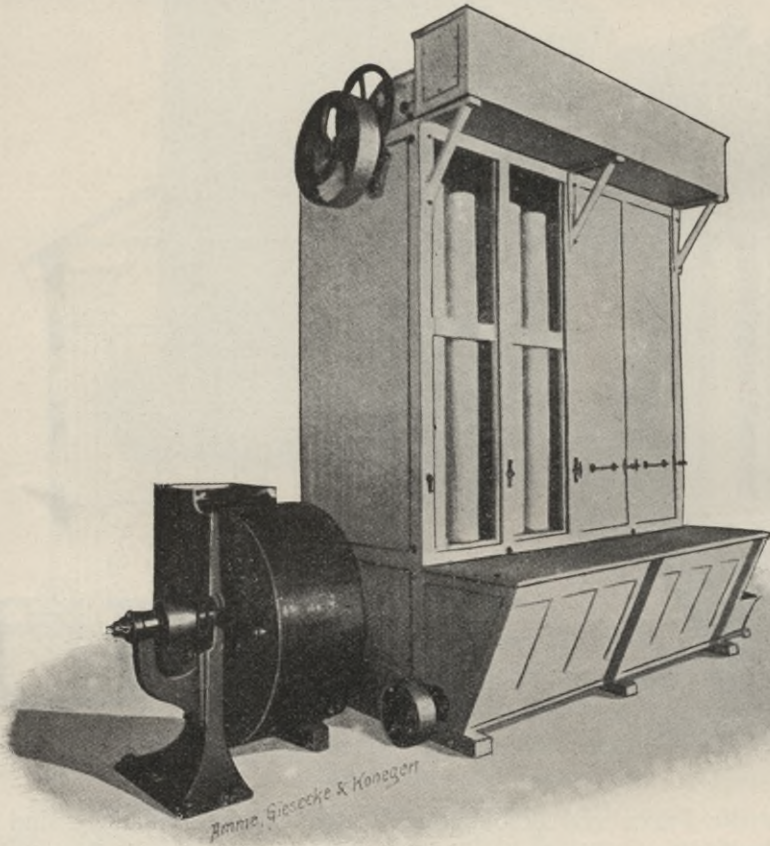


Fig. 185.

wird. Auch hier tritt die Staubluft in das Innere der Schläuche und sondert den Staub an der inneren Wandung ab, während die gereinigte Luft durch die Schläuche hindurch, der Wirkung des Exhaustors folgend, nach aussen tritt. Die Reinigung der Schläuche erfolgt periodisch und selbsttätig bei Luftabschluss durch kräftiges Schütteln. Der gesammelte Staub wird kontinuierlich abgeführt.

§ 171.

Von den bisher geschilderten Staubfänger-Konstruktionen gänzlich abweichend ist die Bauart der Aspirations-Bürstenschnecke der

Maschinenfabrik Geislingen (Württemberg). Ein Ventilator (vergl. Fig. 186) saugt die Staubluft von den Stauberregern ab und drückt sie in einen langen Hohlkörper, dessen Unterteil aus Blech und dessen Oberteil aus Flanell hergestellt ist. In diesem Hohlkörper dreht sich eine mit Bürsten in Schraubenform besetzte Walze. Die eingeblasene Luft entweicht gereinigt durch den Flanellfilter, während der Staub niederfällt und von der Schraubenbürste nach den einzelnen Abfallrohren, bezw. der darunter liegenden Sammelschnecke geschafft wird. Die Bürsten sollen ausserdem das Filtertuch reinhalten.

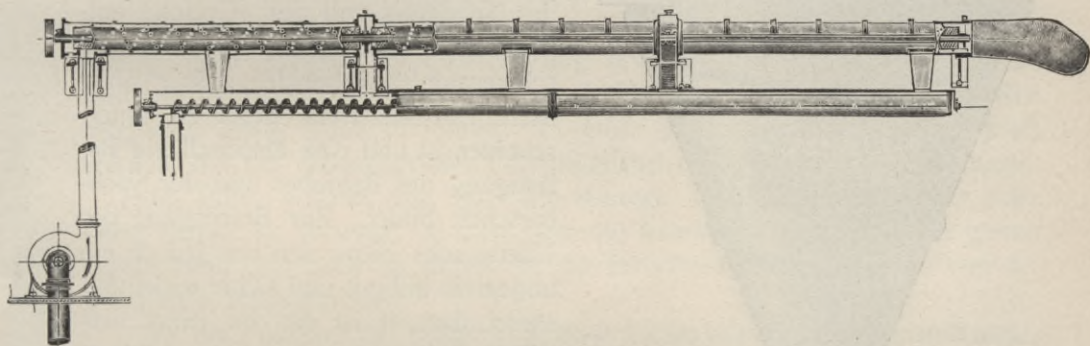


Fig 186.

§ 172.

Die dritte Methode zur Staubausscheidung beruht auf der Benutzung der Centrifugalkraft. Ein mit grosser Geschwindigkeit im Kreise herumgeführter Staubluftstrom wird zur Wirkung haben, dass die schwereren Staubteilchen nach aussen drängen und sich dort niederschlagen, während die leichteren und leichtesten Staubteilchen mehr im Mittelpunkt der kreisenden Bewegung verbleiben.

Der umstehend, Fig. 187, abgebildete Staubsammler „Cyclone“ ist obigem Gedankengange zufolge konstruiert. Er besteht aus einem oberen, weiten Blechgehäuse, in welches die Staubluft von einem Ventilator in tangentialer Richtung eingeblasen wird. Der ausgeschiedene Staub fällt, den Windungen einer Spirale folgend, der Ausfallöffnung zu, während die nahezu gereinigte Luft aus der grösseren Öffnung im Deckel entweicht und meistens durch ein aufgesetztes Rohr ins Freie geleitet wird.

Die Staubausscheidung mittelst des „Cyclone“ ist natürlich keine vollkommene. Immerhin ist dieser Apparat in solchen Fällen ganz vorzüglich verwendbar, wo die staubgeschwängerte Luft gleichzeitig warm und feucht ist und wo daher Filterapparate, gleichgiltig wie sie heissen mögen (falls nicht eine — schwer oder gar nicht zu erzielende — gleichmässige Erwärmung des den Filterstoff umgebenden Raumes die Kondensation des Wasserdampfes hintanhält), wegen Verschmierens und Verrottens der Filtertücher versagen.

Ein solcher Fall tritt vorwiegend bei der Trocknung der Cement-Rohmaterialien mittelst rotierender Trockenmaschinen ein, welche mit starken Luftströmen arbeiten und denen das Trockengut in gut vorzerkleinertem

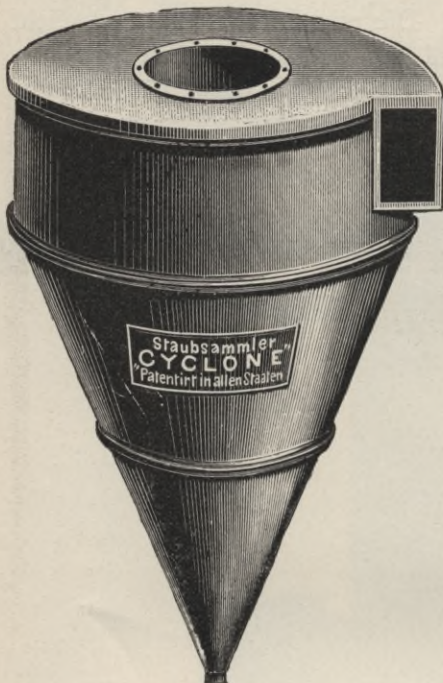


Fig. 187.

Zustande zugeführt werden muss. Enthält das Gut an und für sich wenig Feuchtigkeit und ist es überdies noch zum Verstäuben geneigt, so kann die Kalamität, trotz Staubkammer und „Cyclone“, immer noch recht unangenehm werden. Der aus den Dunstschloten des Trockners und des „Cyclon“ entweichende Wasserdampf ist dann so schwer mit Staub beladen, dass er praktisch von letzterem kaum zu unterscheiden ist und eine empfindliche Belästigung des Betriebes und der Nachbarschaft bildet. Zur Beseitigung des Übelstandes bietet sich uns jedoch ein ungemein billiges und sicher wirkendes Mittel dar; es ist das im feinst verteilten Zustande und an den richtigen Stellen angewendete Wasser.

Die Kombination des „Cyclon“ mit der Wassereinspritzung zum Niederschlagen des letzten, im Wasserdampf feinst verteilten Staubrestes, ist unseres

Wissens zuerst an Trockenmaschinen, Patent Cummer, angewendet und vom Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A. G. mit bestem Erfolge vielfach ausgeführt worden.*)

§ 173.

Es erübrigt nur noch zur Vervollständigung dieses so wichtigen Kapitels, einiges über die Regeln mitzuteilen, welche bei Einrichtung von Entstäubungsanlagen zu beachten sind. Zunächst hat man darnach zu trachten, die Entstehung des Staubes möglichst einzuschränken und die stauberzeugenden Maschinen so viel wie möglich einzukleiden, um zu verhindern, dass Staub nach aussen dringt. Kann man eine stauberzeugende Maschine so umhüllen, dass gar kein Staub herausdringt und Menschen belästigt, so ist eine weitere Entstäubungsanlage nicht nötig. Meistens wird dies jedoch nicht möglich sein; einerseits sind die Einkleidungen häufig nicht staubdicht zu erhalten, andererseits müssen bei den Maschinen Öffnungen verbleiben, welche nicht verschlossen werden dürfen, wie z. B. die Einschüttöffnungen von Steinbrechern, wenn das Material von Hand eingeschauft wird.

*) S. Naske, Die Portland-Cement-Fabrikation, Leipzig, Th. Thomas.

Man sucht daher in diesen stauberzeugenden Maschinen eine geringe Luftverdünnung hervorzubringen dadurch, dass man sie an das Saugrohr eines Staubfängers anschliesst. Diese Luftverdünnung muss so bemessen sein, dass sie nur eben das Herausdringen von Staubluft aus den Öffnungen der Maschine verhindert.

Beim Zerkleinern und Mahlen wird in den Maschinen gewöhnlich Wärme entwickelt, so dass ein Streben der warmen, staubhaltigen Luft nach oben eintritt. Es empfiehlt sich daher in diesen Fällen meistens, diese natürliche Luftbewegung zu benutzen und die absaugenden Rohrleitungen oben an die Maschinen anzuschliessen.

Die Anschlüsse der Saugleitungen an die Maschinen werden zweckmässig nach letzteren zu trichterförmig erweitert, damit die abzusaugende Luft mit geringer Geschwindigkeit aus den Maschinen tritt und infolgedessen möglichst wenig Staub mitnimmt. Es muss überhaupt darauf hingearbeitet werden, mit der abzusaugenden Luft möglichst wenig Staubteile mitzureissen. — Jedes Rohr, welches eine Maschine absaugt, ist mit einem Schieber oder einer Klappe zu versehen, so dass man die Intensität des Luftstromes genau regeln kann und auch im stande ist, die betreffende Maschine ganz von der Ventilation abzuschliessen.

Bei der Führung der Saugerohrleitung ist zu beachten, dass man Knicke, scharfe Biegungen und schroffe Querschnittsänderungen vermeidet. Die Luftgeschwindigkeit soll in der Leitung überall nahezu dieselbe und so gross sein, dass der mitgeführte Staub innerhalb der Röhren nicht zur Ablagerung kommt, sondern mitgerissen wird. Horizontale Leitungen sind ganz zu vermeiden.

Die Staubfänger sind möglichst nahe den abzusaugenden Maschinen und oberhalb derselben aufzustellen. Die aus dem Staubfänger austretende gereinigte Luft kann man entweder innerhalb des Gebäudes oder ins Freie ausströmen lassen. Letzteres hat den Vorteil, eine beständige Lufterneuerung im Arbeitsraume zu bewirken.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass für das dauernd gute Funktionieren der Staubsammelapparate aller Systeme eine gewissenhafte Beaufsichtigung und Instandhaltung derselben die unerlässliche Vorbedingung bildet. —

XXIV.

Die Eigenschaften des Portland-Cementes und die Prüfungs-Methoden.

§ 174.

Der Portland-Cement ist im wesentlichen eine Verbindung von Kalk, Kieselsäure und Tonerde (Eisenoxyd^{*)}). Die chemische Zusammensetzung des Portland-Cementes ist keine feststehende, durch eine knappe Formel

^{*)} Dr. W. Michaëlis, Die hydraulischen Mörtel.

präzise auszudrückende, vielmehr schwankt dieselbe in — allerdings nicht sehr weiten — Grenzen.

Als Grenzwerte nimmt man gegenwärtig an:

Kalk	59—65 $\frac{0}{0}$
Kieselsäure	20—26 $\frac{0}{0}$
Tonerde und Eisenoxyd	7—14 $\frac{0}{0}$
Magnesia	1—3 $\frac{0}{0}$
Alkalien	Spuren — 3 $\frac{0}{0}$
Schwefelsäure	„ — 2 $\frac{0}{0}$

Zeigt die chemische Analyse eines Cementes starke Abweichungen von diesen Grenzwerten (vergl. das über die Rohmischung und den „hydraulischen Modul“ Gesagte Seite 129.), so ist Vorsicht geboten und eine Prüfung des fraglichen Cementes auf alle seine technisch wichtigen Eigenschaften am Platze. Als solche sind anzusehen:

1. Die Feinheit der Mahlung,
2. Die Farbe und das spezifische Gewicht,
3. Die Bindezeit,
4. Die Festigkeit,
5. Die Raumbeständigkeit,
6. Die Reinheit.

§ 175.

Portland-Cement soll sehr fein gemahlen sein. Je feiner die Mahlung, desto ausgiebiger ist der Cement, da die Energie der Umsetzung mit Wasser erheblich wächst, je mehr Angriffspunkte der Cement dem Wasser bietet, d. h. je mehr Oberfläche er zur Verfügung hat — also, je feiner er gemahlen ist. Sind es doch überhaupt nur die feinsten Teilchen im Cement, die beim Abbinden (und nachherigen Erhärten) in Reaktion treten, während die gröberen nur ganz oberflächlich davon berührt werden. Weiter findet dann eine viel innigere, also dichtere Anlagerung der einzelnen Cementkörnchen an die Sandkörner statt, wodurch eine wesentlich bessere, weil vollkommenerere Verkittung derselben und somit eine höhere Festigkeit des erhärtenden Mörtels erreicht wird.*)

Die groben Körner im Portland-Cementmehl wirken tatsächlich im Anfang nicht anders wie Sand und kommen erst nach langer Zeit und ganz allmählich zur Geltung; je grösser der Prozentsatz eines Cementes an solchen, also je gröber er gemahlen ist, desto minderwertiger ist er. Andererseits darf jedoch die Feinheit der Mahlung auch nicht zu weit getrieben werden, da, namentlich bei Betonschüttungen unter Wasser, das allzu feine Cementmehl sich leicht von dem Sand und Steinschlag trennt, an der Wasseroberfläche schwimmend verbleibt und somit nicht zur Wirkung kommt.

Es ist nützlich noch darauf hinzuweisen, dass tonerereiche und sonst unsachgemäss aufbereitete Portland-Cemente sich besonders leicht feinmahlen lassen; sie sind trotz der grösseren Feinheit selbstverständlich den gröber

*) Dr. Schoch, Die moderne Aufbereitung.

gemahlenen, dabei aber gut gesinterten Cementen gegenüber minderwertig. Die Feinheit der Mahlung allein stellt daher noch keinen zuverlässigen Wertmesser für die Güte eines Portlandes-Cementes dar.

Nach den „Normen“ (s. weiter unten) soll die Feinheit der Mahlung nur mittelst eines Siebes geprüft werden, das auf den Quadratcentimeter 900 Maschenöffnungen aufweist, bei einer Maschenweite von 0,222 mm und einer Drahtstärke von 0,111 mm. Normenmässig feiner Portland-Cement darf nicht mehr als 10% Rückstand auf diesem Siebe hinterlassen — eine Grenzzahl, die von der Praxis seit Jahren schon bedeutend unterschritten ist, so dass tatsächlich nicht der Rückstand auf diesem, sondern auf dem Siebe von 5000 Maschen pro Quadratcentimeter als massgeblich bei der Beurteilung der Feinheit angesehen wird. Nicht nur bei sogenannten „erstklassigen“ Portland-Cementen, sondern bei ganz gewöhnlicher Handelsware sind heute Siebrückstände von höchstens 3% auf dem 900- und 18 bis 20% auf dem 5000-Maschensiebe als Regel zu betrachten.

Die Feststellung der Siebfeinheit ist eine sehr einfache Sache; man bedient sich zu diesem Behufe zweier, meist viereckiger Handsiebe von etwa 200 mm Seitenlänge — eines 900- und eines 5000-Maschensiebes — deren Rahmen genau ineinander passen. Nachdem man 100 g des zu untersuchenden Cementes abgewogen, auf das 900-Maschensieb — das obere von beiden — aufgegeben und mittelst zweier, ebenfalls genau auf die Siebrahmen passender Deckel einen allseitig geschlossenen Kasten hergestellt hat, schüttelt und klopft man diesen so lange, bis man festgestellt hat, dass die Siebe nichts mehr durchlassen. Rückstände und Feinmehl werden sodann gewogen und, bei genaueren Untersuchungen, die Resultate durch einen zweiten Siebversuch kontrolliert.

§ 176.

Die Farbe des Portland-Cementes ist ein grünliches Grau; schwächerer Brand wird durch eine mehr gelbliche Färbung angezeigt, während zu stark gesinterte, fast geschmolzene Klinker im gepulverten Zustand bräunlich gefärbt erscheinen.

Das spezifische Gewicht des gut gesinterten Portland-Cementes ist im Vergleich zu anderen Bindemitteln sehr hoch; es schwankt bei ausgeglühtem Cement zwischen 3,12 bis 3,25. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes ist deswegen von grosser Bedeutung, weil es im direkten Verhältnis steht zu dem angewandten Brenngrade und seine Höhe ohne weiteres einen Rückschluss zulässt auf die Vollkommenheit des Brandes.

Von den Apparaten, deren man sich zur Ermittlung des spezifischen Gewichtes bedient, möge hier das Volumenometer von Schumann beschrieben werden.

Die Methode Dr. Schumanns beruht darauf,*) dass man den, durch eine gewogene Quantität des Cementes eingenommenen Raum ermittelt,

*) Tonind. Ztg. 1883, S. 236.

indem man den Cement in ein mit Terpentinöl gefülltes Gefäß bringt und beobachtet, um wieviel das Niveau der Flüssigkeit steigt. Das Volumenometer, Fig. 188, besteht aus einem, etwa 100 bis 150 cbcm haltenden Gefässe und einem mit Hilfe eines Glasschliffes eingesetzten Rohre, welches 40 cbcm faßt und in Zehntel Kubikcentimeter eingeteilt ist. Beim Gebrauche nimmt man das Rohr *B* von dem Kolben *A* ab, füllt letzteren zunächst bis an den Hals mit Terpentinöl, trocknet, wenn nötig, Kolben und Röhrende mit Fliesspapier ab und dreht dann das graduierte Rohr *B* fest auf den Kolben ein; dann giesst man mittelst einer Pipette Terpentinöl bis zum Nullpunkte ein. Hierauf lässt man durch einen aufgesetzten Glastrichter mit einem Rohr 100 g Cement, bis auf Milligramm genau abgewogen, portionsweise vorsichtig in das Rohr hinabgleiten, wobei man nur darauf zu achten hat, dass das Rohr sich nicht verstopft (eventuell hilft man durch Aufklopfen und Schütteln nach).

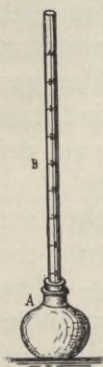


Fig. 188.

Der Cement sinkt sofort unter, die Luft entweicht aus dem Pulver momentan und das Terpentinöl steigt in dem Masse in der Röhre empor, als der Cement in *A* die Flüssigkeit verdrängt. Nachdem aller Cement eingefüllt ist, verschliesst man das Rohr *B* mit einem Korkstopfen (zur Vermeidung der Verdunstung während des Absetzens) und lässt die Flüssigkeit sich soweit klären, als für ein genaues Ablesen des Niveaus (unterer Meniscus) erforderlich ist, was nach beiläufig 10 bis 15 Minuten der Fall sein wird, und notiert den Stand der Flüssigkeit. Durch Division mit der gefundenen Zahl der Kubikcentimeter ergibt sich das spezifische Gewicht.

Zur Vermeidung von Messungsfehlern ist es notwendig, dass Cement, Apparat und Terpentinöl längere Zeit im Versuchsraum nebeneinander gestanden haben, damit sie beim Versuch die gleiche Temperatur besitzen und dass während der Versuchsdauer die Temperatur sich nicht ändert.

Suchier hat das Schumannsche Volumenometer verbessert, indem er durch eine andere Gestaltung der Glasröhre der Bildung des „Cementpfropfens“ vorzubeugen sucht; Beck erstrebt dasselbe durch Verwendung von Tetrachlorkohlenstoff anstelle des Terpentinöls, welches eine beträchtliche Viscosität besitzt, so dass das Cementmehl leicht zu Boden fällt, ohne eine Emulsion zu geben.

Die Bestimmung des Raumgewichtes des gemahlten Cementes gestaltet sich wesentlich einfacher. Man unterscheidet zwischen dem Raumgewicht des in das Messgefäß lose eingelaufenen und jenem des fest eingerüttelten Cementpulvers. Besondere Vorschriften für die Ausführung dieser Bestimmung liegen nicht vor. Nach Dr. Schoch setzt man das Litergefäß (ein aus Messing hergestelltes cylindrisches Gefäß in den, durch die preussische Aichordnung für ein Litergefäß zum Messen körniger Substanzen vorgeschriebenen Abmessungen) auf eine feste Unterlage auf, und bringt darüber eine Rutsche aus Zinkblech an, mit einem Neigungswinkel von etwa 45° und mit einer Länge von 500 mm, deren unteres Ende nur 1 cm über

der Oberkante des Litergefässes ausmündet. Nun schüttet man löffelweise den Cement über die Rutsche in das Gefäss bis es gehäuft voll ist, streicht das Überstehende, ohne irgend welches Rütteln, Anklopfen oder Aufstossen, mit einem Messer glatt ab und wägt. Nach Abzug der Tara für das Gefäss wird man — im Durchschnitt — ein Gewicht von etwa 1200 g für 1 Liter lose eingelaufenen Cementes finden. — Wird das Gefäss jedoch, während man den Cement einlaufen lässt, energisch und ununterbrochen mit seiner ganzen Bodenfläche fest aufgestossen, so wird man im Durchschnitt auf etwa 1800 g für 1 Liter eingerüttelten Cementes kommen.

§ 177.

Das Erstarren des mit Wasser zu einem Brei angerührten Portland-Cementes nennt man Abbinden und die Zeit, die zwischen dem Beginn dieser Erscheinung und dem Zeitpunkte liegt, wo die Cementmasse dem Druck des Fingernagels widersteht, heisst die Bindezeit.

Man unterscheidet zwischen Cementen, die einer längeren Zeit bedürfen — nach den „Normen“ mindestens zwei Stunden — um abzubinden (den sogenannten „Langsambindern“) und solchen, die in einer kürzeren als der angegebenen Zeit abbinden (den „Schnellbindern“). Kieselsäurereichere Rohmischungen ergeben meist langsamer bindenden, tonerdreichere Mischungen meist rascher bindenden Cement; der Fabrikant hat es also in der Hand, die eine oder die andere Sorte herzustellen. In der Tat liefern die meisten Cementfabriken folgende Sorten: 1) Raschbinder von fünf Minuten bis eine Stunde für Putz, Formenguss, Betonierungen bei Wasserandrang und dergl., 2) Mittelbinder von einer bis drei Stunden für Cementwaren und dergl., 3) Normalbinder von drei bis fünf Stunden, gewöhnlich bei Staatsbauten vorgeschrieben, 4) Langsambinder von fünf bis zehn Stunden und darüber.

Schwach gebrannte Cemente pflegen meist rasch bindend zu sein, wogegen es nicht selten vorkommt, dass auch schärfst gebrannte Cemente sich gleichfalls als Raschbinder erweisen.

Bereits abgebundener Cement darf nicht abermals mit Wasser angemacht und verwendet werden, da er dann nur äusserst langsam oder auch gar nicht abbindet. Abgebundene Mörtelreste sind daher unter allen Umständen zu beseitigen.

Von Einfluss auf das Abbinden des Cementes sind: die Temperatur der Luft und Temperatur und Menge des zum Anmachen des Breies benutzten Wassers. Wärme und Trockenheit der umgebenden Luft wirken beschleunigend, Kälte und Feuchtigkeit dagegen verzögernd auf diesen Prozess; auch wird der steif angerührte Brei rascher erstarren als die flüssigere und dünnere Mischung.

Manche Stoffe haben die Eigenschaft, wenn sie dem Cement oder dem Anmachwasser selbst in nur geringen Mengen zugesetzt werden, die Bindezeit desselben zu beeinflussen; so machen Alkalien den Cement rasch bindend, während schwefelsaurer Kalk (Gips) auf den Abbindevorgang verlangsamend einwirkt.

Wie oben erwähnt, ist die Menge des Anmachewassers von grösstem Einfluss auf die Bindezeit eines Cementes; man müsste dieselbe also einheitlich bestimmen, um zu einer sicheren Basis für die Beurteilung in dieser Richtung zu gelangen. Leider gibt die bisher übliche Ermittlung der sogenannten „Normalkonsistenz“ — mit Hilfe eines in den Brei eintauchenden dünnen Cylinders —, ganz unsichere Resultate und eine andere einwandfreie Methode für diese Bestimmung ist noch nicht gefunden. Die Königliche Versuchsanstalt in Charlottenburg hat daher an Stelle der Normalkonsistenz die „Sirupkonsistenz“ gesetzt, was so zu verstehen ist, dass man den Cement unter allmählichem Wasserzusatz zu einem Brei solcher Art anrührt, dass dieser, vom Messer ablaufend, lange, dünne Fäden zieht. Diesem sirupartigen Brei, welcher von 32 bis 38 % Wasser erfordert, setzt man nun unter beständigem Umrühren noch weiter Cementmehl zu, bis die Masse nicht mehr an den Wandungen des Gefässes haftet und auf der Oberfläche ein glänzendes, speckiges Aussehen gewonnen hat.

Aus dieser Masse formt man einen Kuchen, der zur Bestimmung der Bindezeit dient in der Weise, dass man als solche den Zeitraum ansieht zwischen dem Beginn des Erstarrens und dem Zeitpunkt, wo der Fingernagel keinen Eindruck mehr auf dem Kuchen hinterlässt.

Zur genaueren Bestimmung der Bindezeit bedient man sich des Vicat'schen Nadelapparates, Fig. 189. Dieser besteht aus einer Normalnadel, welche unten einen cylindrischen Querschnitt von 1 qmm Fläche hat und senkrecht zur Achse abgeschnitten ist. Die Nadel ist in einem Ständer mit runder Führung verschiebbar und besitzt ein Gewicht von 300 g. Man füllt nun eine konische Hartgummidose von 75 bzw. 65 mm Durchmesser und 40 mm Höhe mit dem auf oben beschriebene Weise angemachten Brei und bringt diese unter den Nadelapparat. Der Zeitpunkt, in welchem die Nadel beim Durchdringen des noch weichen Kuchens 5 mm über dem Boden stehen bleibt, wird als Beginn des Abbindens angesehen und der Cement gilt für abgebunden, wenn die Nadel auf dem Kuchen keinen Eindruck mehr zu hinterlassen vermag.

Meistens überzieht sich die Oberseite des Kuchens mit einer dünnen, schwammigen Haut, auf welcher die Nadel noch Eindrücke hervorzurufen vermag, wenn auch der Cement schon lange abgebunden haben sollte. Um daraus resultierende Beobachtungsfehler zu vermeiden, wird nach dem Beginn des Abbindens die Dose von der ihr als Unterlage dienenden Glasplatte abgezogen, umgedreht und, mit der vollkommen ebenen Unterseite nach oben, wieder auf die Glasplatte unter die Nadel gebracht.

Die Temperatur der Luft und des Anmachewassers hat, wie wir wissen, auf die Bindezeit grossen Einfluss; man sollte also die Versuche, zwecks Erlangung übereinstimmender Resultate, bei einer mittleren Temperatur von 15 bis 18° C. vornehmen. Die Temperaturerhöhung des Langsambinders während des Abbindens darf nur gering, jene des Raschbinders dagegen wesentlich höher sein.

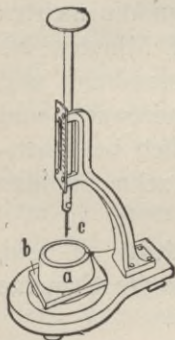


Fig. 189.

Zur Messung der Luft- und Wasserwärme dient ein in halbe Grade eingeteiltes Thermometer, das in unmittelbarer Nähe des Vicatschen Apparates aufgehängt sein muss, während die Erhöhung der Temperatur des zu untersuchenden Cementbreies mittelst eines in Fünftelgrade eingeteilten Maximalthermometers gemessen wird.

Auch die Feuchtigkeit der Luft ist, wie oben schon bemerkt, von erheblichem Einfluss auf den Verlauf des Abbindens. Man misst daher zweckmässig auch diese und verwendet zu diesem Zwecke ein gutes Hygrometer.

Wie aus den obigen Darlegungen ersichtlich, ist die bisherige Methode zur Ermittlung der Bindezeit des Portland-Cementes noch sehr wohl verbesserungsfähig; der Verein Deutscher Portland-Cementfabrikanten ist daher darangegangen, gemeinsam mit den Versuchsanstalten in Charlottenburg und Stuttgart ein neues, zuverlässiges, von der Geschicklichkeit und Erfahrung des Untersuchenden weniger abhängiges Verfahren zu ermitteln.

§ 178.

Nachdem der Portland-Cement abgebunden hat, beginnt er zu erhärten (versteinern), und zwar ebensowohl im Wasser als an der Luft. Die Festigkeitszunahme ist in der ersten Zeit eine rapide, schreitet dann langsamer voran und findet in der Regel erst nach Verlauf mehrerer Jahre ihre Höchstgrenze. An der Luft erreicht der Cement eine etwas höhere Festigkeit als im Wasser, vorausgesetzt, dass er in den ersten Tagen genügend feucht gehalten wird; die höchste Festigkeit konstatiert man jedoch, wenn er abwechselnd in der Luft und im Wasser erhärtet.

Das Tempo, das die einzelnen Cemente bei diesem Vorgang einzuhalten pflegen, ist kein für alle übereinstimmendes, so dass zur Beurteilung der Festigkeit eine längere Beobachtungsdauer notwenig erscheint. Die „Normen“ (s. weiter unten) schreiben daher als kürzesten Prüfungstermin eine Zeit von 28 Tagen vor. Die Festigkeit des Mörtels nach einem ganzen Jahre beträgt dann — erfahrungsgemäss — ziemlich genau das $1\frac{1}{2}$ fache der ermittelten 28-Tagefestigkeit.

Über die Vorgänge, die sich bei der Erhärtung des Portland-Cementes abspielen, ist genaueres nicht bekannt. Zwar bestehen darüber fast ebensoviele Theorien, als sich Fachgelehrte mit diesem Gegenstand beschäftigt haben; da jedoch diese Theorien alle gleich wahrscheinlich sind, so wollen wir es uns versagen, sie hier anzuführen und verweisen auf die Fachliteratur, wo Ausführliches darüber zu finden ist. Nur soviel scheint tatsächlich festzustehen, dass 1. beim Erhärten an der Luft ein Teil des Kalkes in kohlen-sauren Kalk übergeht; 2., dass der Portland-Cement beim Erhärten Wasser in chemischer Verbindung aufnimmt und 3., dass er beim Erhärten im Wasser Alkalien und geringe Mengen von Kalk und Kieselsäure an dieses abgibt.

Soll Portland-Cement erhärten, so muss man ihm vor allen Dingen während des Abbindens Ruhe gewähren und ihn in den ersten Tagen vor zu raschem Austrocknen schützen, da er zum Erhärten des Wassers bedarf und bei Mangel an diesem, niemals seine volle Festigkeit zu erlangen vermag.

In den allermeisten Fällen wird der Cement in den Bauausführungen auf Druck beansprucht, trotzdem wird bei Vergleichung verschiedener Cemente die Zugfestigkeit in erster Reihe herangezogen, weil die Ermittlung der letzteren bedeutend rascher und einfacher zu bewerkstelligen ist, als jene der Druckfestigkeit. Als entscheidende Probe wird aber nur die Druckprobe angesehen. Die Druckfestigkeit ist im allgemeinen etwa acht- bis zwölfmal grösser als die Zugfestigkeit.

Die Ermittlung der Festigkeit des reinen Cementes ist zwar auch üblich, doch nicht massgeblich für seine Beurteilung, da Portland-Cement ja niemals rein, sondern stets mit einem grösseren oder geringeren Sandzusatz verarbeitet wird, sein Verhalten im reinen Zustande also noch keinen sicheren Rückschluss zulässt auf seine Sandkapazität. Nach den „Normen“ ist das für die Herstellung der Probekörper geeignete Verhältnis: drei Gewichtsteile Sand auf einen Gewichtsteil Cement.

Bei der Erhärtung des Portland-Cementes wirken zahlreiche Faktoren mit, als Temperatur, Menge und Beschaffenheit des Mörtelwassers, Energie der Bearbeitung des Mörtels und Beschaffenheit des Sandes.

Zum Anmachen des Mörtels darf nicht mehr Wasser genommen werden, als unbedingt nötig, da bei starkem Wasserzusatz das verdunstende, überschüssige Wasser eine Menge von Poren im Mörtel hinterlässt und diesem dadurch ein lockeres Gefüge verleiht. Der Mörtel darf nur so viel Wasser erhalten, dass sich nach längerem Durcharbeiten etwas von diesem an der Oberfläche zeigt. — Die Temperatur ist insofern von Einfluss, als hohe Wärmegrade die Erhärtung des Cementes beschleunigen, niedrige dieselbe verzögern. — Auch die chemische Beschaffenheit des Mörtelwassers ist für den Erhärtungsvorgang von Bedeutung; hartes Wasser erhöht die Festigkeit des Mörtels, während Seewasser sie verringert. *)

Eine grosse Rolle spielt ferner die Beschaffenheit des Sandes. Um daher zu dauernd gleichbleibenden und vergleichbaren Versuchsergebnissen zu gelangen, ist es nötig, den Natursand fabrikmässig, und zwar so zu behandeln, dass er als wirklicher „Normal“-Sand angesehen werden kann, dessen Eigenschaften in bezug auf Korngrösse, Reinheit und Gleichmässigkeit auch den höchsten Anforderungen genügen. Durch gemeinschaftliche Beschlüsse der Versuchsanstalten und des Vereins Deutscher Portland-Cementfabrikanten sind im Jahre 1901 die Eigenschaften des preussischen Normalsandes wie folgt festgelegt worden:

„Bis zur Schaffung eines anderen wird der Normalsand aus tertiärem Quarzsand eines bestimmten Flötzes der Freienwalder Grube Hammerthal durch Waschen und Sieben gewonnen.

*) Über den Einfluss des Meerwassers auf Bauten aus Portland-Cement existiert eine ganze Litteratur. Diese wichtige Frage hat in den Jahresversammlungen des Vereins Deutscher Portland-Cementfabrikanten eine sehr gründliche Beleuchtung erfahren, namentlich durch R. Dyckerhoff und die sogen. „Meerwasser-Kommission“. Näheres ist in den Protokollen des genannten Vereins nachzulesen.

Der Normalsand soll mindestens 90 % SiO₂ und nicht mehr als 0,1 % abschlämmbare Teile enthalten.

Seine Körner sollen durch kreisrunde Löcher von 1,35 mm fallen und auf kreisrunden Löchern von 0,776 mm liegen bleiben. Die Bleche der Kontrollsiebe sollen 0,25 mm dick sein. Bei der Kontrolle mit diesen Sieben dürfen nicht mehr als 2 % zu grobe und 20 % zu feine Körner zugelassen werden. Die Kontrolle geschieht durch die Königliche Versuchsanstalt zu Charlottenburg. Der Sand wird in Säcken abgegeben, die mit einer Plombe der Versuchsanstalt geschlossen sind.“

Die Bereitung des Mörtels für die Zwecke der Festigkeitsuntersuchung kann von Hand oder auf mechanischem Wege geschehen; letzteres ist entschieden vorzuziehen, da alle Unregelmässigkeiten und Zufälligkeiten, die mit der Handarbeit verknüpft sind, hier entfallen. In dieser Erkenntnis und um zu einer einheitlichen Gestaltung des Mischverfahrens zu gelangen, schreibt die von der Königlichen Versuchsanstalt zu Charlottenburg gemeinsam mit dem Verein Deutscher Portland-Cementfabrikanten ausgearbeitete und vom Minister der öffentlichen Arbeiten in Preussen durch Erlass vom 19. Februar 1902 genehmigte Ergänzung der „Normen“ (s. weiter unten) für die Herstellung des Normalmörtels ausdrücklich die maschinenmässige Arbeitsweise mittelst des Steinbrück-Schmelzerschen Mörtelmischers vor.

Da der Wasserzusatz, den die Cemente zur Bereitung des Normalmörtels erfordern, kein feststehender ist, sondern von der Beschaffenheit derselben — ob Schnell- oder Langsambinder, feiner oder gröber gemahlen u. s. w. — abhängt, so muss er vorerst für jeden einzelnen Cement ermittelt werden, was nach der Methode zu geschehen hat, die in dem Anhang zur Ergänzung der „Normen“ (s. weiter unten) angegeben ist und dort nachgelesen werden mag.

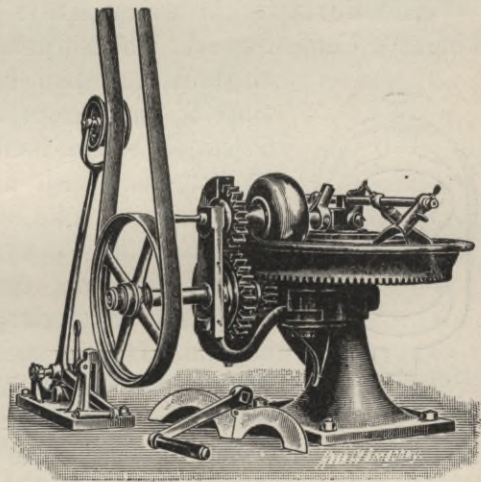


Fig. 190.

Der Mörtelmischer, Bauart Steinbrück-Schmelzer, Fig. 190, setzt sich in der Hauptsache zusammen aus einer rotierenden Mischschale und einer massiven Walze, die durch ihr Gewicht den Mörtel niederdrückt und bearbeitet. Sie bewegt sich in gleicher Richtung wie die Schale, aber mit anderer Umfangsgeschwindigkeit als diese, so dass eine stark reibende und schiebende Wirkung auf den Mörtel entsteht, die, im Verein mit dem Schaben und Wenden der an einer Traverse aufgehängten Abstreicher, die Handarbeit in glücklicher Weise nachahmt, vor dieser aber die vollständigste Gleichmässigkeit voraus hat. Abstreicher, Traverse und Walze können um einen

Scharnierbolzen herausgeschwenkt und zurückgelegt werden, worauf sich die Schale bequem entleeren und von anhaftendem Mörtel reinigen lässt.

Der Mischer kann sowohl von Hand als auch von einer Transmission aus in Tätigkeit gesetzt werden und erhält im ersteren Falle statt der Riemenscheibe eine Kurbel aufgesetzt. Im letzteren Falle wird der Riemen mittelst einer Spannrolle an die Scheibe angedrückt; hebt man die Rolle ab, so steht die Schale augenblicklich still. Die Schale soll in der Minute acht Umgänge machen; sie fasst bequem 2 kg trockene Masse. Die für Normalmörtelmischung erforderlichen 500 g Cement und 1500 g Normalsand werden vorher abgewogen und in einer Schüssel mit einem leichten Löffel eine halbe Minute lang trocken gemischt. Dem trockenen Gemisch wird die vorher bestimmte Wassermenge zugesetzt. Die feuchte Masse wird abermals eine halbe Minute lang gemischt und dann in der Schale des Apparates gleichmässig verteilt. Nachdem die Schale 20 Umdrehungen gemacht hat, also nach $2\frac{1}{2}$ Minuten, wird der Apparat still gesetzt (bezw. bei Handbetrieb mit dem Kurbeln aufgehört), die Traverse mit Abstreichern und Walze aufgeklappt und der fertige Mörtel mittelst einer eigenartig geformten Schaufel der Schale entnommen. Zu beachten ist, dass der unter der Walze vorkommende Mörtel zuerst den äusseren und dann den inneren Abstreicher passieren muss.

Die Formen, in welche der Normalmörtel, eventuell der reine rasch bindende Cement zwecks Untersuchung auf seine Zugfestigkeit mit der Hand eingeschlagen wird, haben (s. Fig. 191) ungefähr die Gestalt einer 8; ihr Querschnitt beträgt an der eingeschnürten Stelle

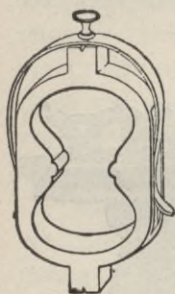


Fig. 191.

5 qcm (22,5 mm Breite \times 22,2 mm Höhe). Sie sind aus Messing hergestellt und der Länge nach durchgeteilt; eine entsprechend starke Blattfeder hält die Hälften zusammen. — Man füllt die Formen gehäuft voll mit Mörtelmasse und schlägt diese mit einem flachen Eisenspatel so lange, bis der Mörtel plastisch geworden ist und Wasser auszutreten beginnt. Hierauf streicht man die überstehende Masse vorsichtig mit einem breiten, unelastischen Messer ab und glättet die Oberfläche sorgfältig; sodann wird der Probekörper mit der Form auf eine dicke Glasplatte gelegt und in einen Zinkkasten gesetzt, um etwaiges Sonnenlicht und Zugluft abzuhalten. Eine halbe Stunde nachdem der Körper in den Zinkkasten gesetzt worden ist, kann die Form entfernt werden.

Die Probekörper, welche auf Druckfestigkeit untersucht werden sollen, haben eine kubische Gestalt von 50 qcm Fläche, dementsprechend hat die (zweiteilige) Würfelform eine innere Seitenlänge von 71 mm.

Die Probekörper, welche auf Druckfestigkeit untersucht werden sollen, haben eine kubische Gestalt von 50 qcm Fläche, dementsprechend hat die (zweiteilige) Würfelform eine innere Seitenlänge von 71 mm.

Zur maschinenmässigen Anfertigung der Probekörper steht in Deutschland allgemein der Böhmesche Hammerapparat im Gebrauch. Dieser (s. Fig. 192) besteht aus einem Schwanzhammer, dessen Fallgewicht 2 kg beträgt und aus einer starken gusseisernen Grundplatte mit Lagerböcken, die auf ihrer Unterlage — einem festen, schweren Tisch oder einem Betonklotz —

sehr solide angebracht werden muss. Der Hammer wird durch ein Daumenrad mit Vorgelege in Bewegung gesetzt und schaltet sich nach 150 Schlägen selbsttätig aus. Die Formen müssen, der Intensität der Schläge entsprechend, gleichfalls sehr sicher festgehalten werden; die Festhaltung (nach Prof. Martens) ist derart konstruiert, dass sowohl Zug- als auch Druckformen leicht eingesetzt und wieder entfernt werden können.

Mit den Probekörpern wird sodann den Vorschriften der „Normen“ entsprechend verfahren; sie werden vorerst — wie bereits oben erwähnt —

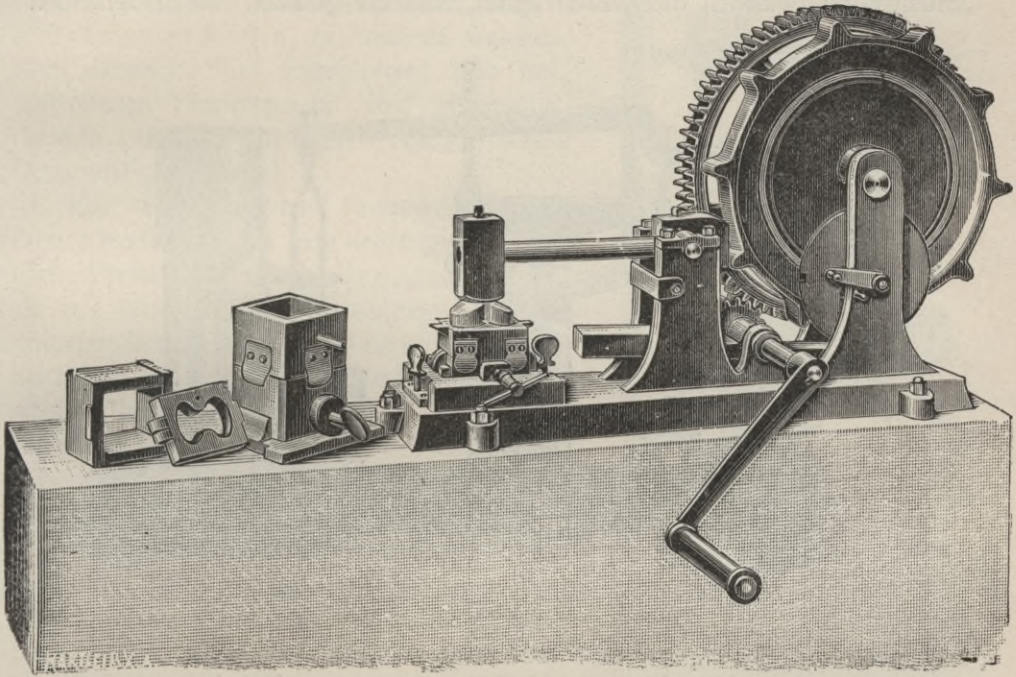


Fig. 192.

in einen mit feuchter Luft erfüllten Zinkkasten gesetzt und die Zugformen nach einer halben Stunde, die Druckformen aber erst nach etwa 20 Stunden entfernt. Zum Entformen der Zugprobekörper bedient man sich am besten eines für diesen Zweck konstruierten Apparates von Michaëlis & Cramer.

Es sei hier noch bemerkt, dass die „Normen“ in Streitfällen die maschinenmässige Herstellung der Probekörper als die massgebende vorschreiben. Indessen können sehr rasch bindende Cemente nicht maschinenmässig eingeschlagen und muss in solchen Fällen auf die Handarbeit zurückgegriffen werden.

Um den Dichtigkeitsgrad der Mörtelproben vor der (Zug- oder Druck-) Prüfung und deren Gleichmässigkeit festzustellen, empfiehlt sich die Ermittlung des Raumgewichtes derselben mittelst eines Volumenometers. Die Königliche Versuchsanstalt zu Charlottenburg bedient sich zu diesem Behufe des Volumenometers von Seger.*)

*) „Die deutsche Portland-Cement- und Betonindustrie“, Düsseldorf 1902.

Zur Bestimmung der Zugfestigkeit der Probekörper dient der in Fig. 193 abgebildete Zerreißungsapparat von Frühling-Michaëlis, dessen Gesamt-Hebelübersetzungsverhältnis 1:50 beträgt. Der Apparat wird in folgender Weise gehandhabt.

Unter Weglassung des Eimers bringt man durch Verschieben und Festklemmen des Laufgewichtes das Hebelsystem derart ins Gleichgewicht, dass die obere Seite des längeren Hebels mit einer am vorderen Ständer angebrachten Marke zusammenfällt, hängt sodann den Eimer ein und bringt die Cementprobe zwischen die Klauen derart, dass die geraden Enden derselben

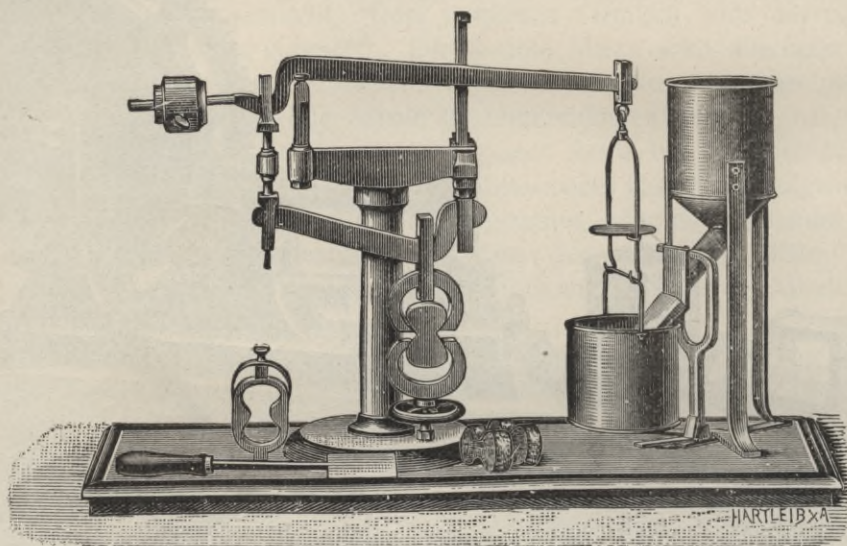


Fig. 193.

in parallele, wagerechte Ebenen zu liegen kommen. Die Klauen sind an den inneren Greifflächen so abgerundet, dass sie den Körper in der Mitte der Seitenflächen nur an einem Punkte fassen; anders würde man leicht durch schiefe Zugrichtung falsche Resultate bekommen. Nun wird der Schrotzuführungsapparat an den Eimer herangerückt und durch Drehen des Handrädchens an der unteren Klaue der Eimer möglichst nahe an die Ausflussmündung des Schrotzuführers herangebracht, worauf man den Schieber des Schrotzulaufes so weit anhebt, dass er in einer bestimmten Lage feststeht und Schrot in den Eimer abzufließen beginnt. In dem Augenblick des Bruches der Cementprobe stürzt der Eimer nach unten auf einen Ausrückhebel, welcher im selben Moment den Schieber herabzieht und den Schrotzulauf aufhebt.

Letzterer ist so geregelt, dass pro Sekunde 100 g Schrot in den Eimer laufen, was man von Zeit zu Zeit zu kontrollieren bezw. durch Höher- oder Tieferstellen des Schiebers mittelst einer Schraube richtig zu stellen hat. Eimer und Füllung werden auf einer Tafelwaage abgewogen und — da die Hebelübersetzung 1:50, der Bruchquerschnitt aber 5 qcm beträgt — das

gefundene Gewicht mit 10 multipliziert, wodurch man die Zugfestigkeit des Probekörpers für einen Quadratcentimeter erhält. Erfolgte z. B. der Bruch eines Probekörpers bei 2100 g Belastung, so ist die Zugfestigkeit $2100 \times 10 = 21$ kg.

Ausser dem beschriebenen Zerreibapparat sind noch stellenweise solche von L. Schopper und von Martens in Gebrauch. Näheres über diese ist durch das Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Seger & Cramer in Berlin, zu erfahren, welches auch sämtliche hier abgebildeten und beschriebenen Einrichtungen und Hilfsmittel für den Laboratoriumsbetrieb von Portland-Cementfabriken liefert.

Zur Prüfung der Probewürfel auf Druckfestigkeit ist jede beliebige hydraulische Presse verwendbar, vorausgesetzt, dass sie mit hinreichender Genauigkeit arbeitet und dass ihre Reibungsverhältnisse genügend bekannt sind, um bei der Bestimmung des effektiv ausgeübten Druckes in Rechnung gestellt werden zu können. — Hebelwerke haben sich für diesen Zweck nicht bewährt.

Als sehr gut und genau arbeitend hat sich die hydraulische Presse von Amsler & Laffon (Fig. 194) erwiesen. Die Pressplatten derselben bestehen aus sehr hartem Stahl; die obere Platte stützt sich gegen eine starke Schraubenspindel und führt sich seitlich an den Säulen, während die untere mit einer kugelförmigen Fläche auf dem Presskolben aufliegt. Letztere Platte ist auch mit einem feinen Netz zur Centrierung des Würfels versehen und von einem Blechgefäss umgeben, welches die Trümmer des Probekörpers aufzunehmen bestimmt ist. Zwischen diese beiden Platten wird der Versuchswürfel eingelegt und die obere Pressplatte, die während des Versuches stehen bleibt, mit Hilfe der Schraubenspindel auf dem Würfel zu vollkommenem Anliegen gebracht. Der Druck geht von der unteren Platte aus; er wird dadurch erzeugt, dass mittelst eines kleinen, von Hand mit Kurbel und Zahnrädern zu betreibenden Pumpwerks Öl in den grossen Cylinder gepresst wird.

Der Pressdruck wird durch eine sinnreiche Anordnung von Kolben reduziert und auf die Quecksilbersäule eines Manometers übertragen, dessen Steighöhe ungefähr 150 cm beträgt; dieser Höhe entspricht ein Druck von 30000 kg unter dem Presskolben. Es kann mit dieser Presse somit auf den Normalwürfel ein Druck von 600 kg auf den Quadratcentimeter ausgeübt

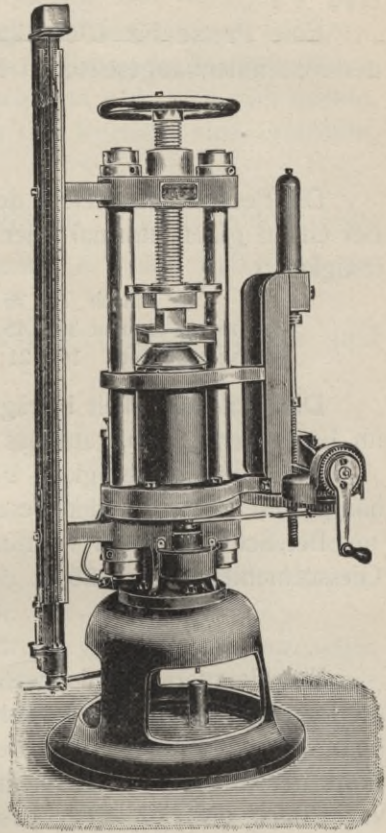


Fig. 194.

werden. Ein besonderes Fundament ist für diese Presse nicht erforderlich; es genügt, wenn der Boden fest genug ist, um das Gewicht des Apparates (etwa 650 kg) zu tragen.

Die Amsler-Laffonsche Presse arbeitet sehr genau, der Fehler beträgt etwa $\pm 1\%$.

Eine Presse für 40000 kg Druck, von Martens konstruiert, wird von der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg ausgeführt.

§ 179.

Die Festigkeiten, welche der Portland-Cement erlangt, sind sehr bedeutend. Bei einem guten, normal oder langsam bindenden Cement erreicht die Zugfestigkeit*)

	nach 7	28	90 Tagen	1	2	3 Jahren	
bei reinem Cement	36	45	54	66	72	75	kg pro Quadratcentimeter,
bei Normalmörtel	16	21	25	30	34	36	„ „ „

Die Druckfestigkeit beträgt im Anfang das 9- bis 10fache, wächst aber im Laufe der Zeit bis auf das 12- bis 16fache der Zugfestigkeit.

Die Adhäsionsfestigkeit beträgt etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Zugfestigkeit, sie hängt wesentlich von der Beschaffenheit des betreffenden Haftkörpers ab.

Bei Schnellbindern vermindern sich diese Festigkeiten um ca. 15%, bei Giesscementen um ca. 25%.

§ 180.

Ein Haupterfordernis, welches der Portland-Cement zu erfüllen hat, ist die Raumbeständigkeit, worunter zu verstehen ist, dass der Cement sowohl beim Abbinden als auch bei der späteren Erhärtung die einmal angenommene Form bewahren muss und keinerlei Formveränderung aus sich selbst heraus vornehmen darf, die über das Mass der durch die natürlichen Temperaturschwankungen bedingten Ausdehnung und Zusammenziehung hinausgeht. Tritt letzterer Fall ein, so bezeichnet man dieses Verhalten des Cementes mit Quellen oder Treiben und einen Cement mit derartiger Eigenschaft, die ihn für die praktische Verwendung vollständig unbrauchbar macht, ja ihn direkt gefährlich erscheinen lässt, als Treiber.

Das Verfahren zur Ermittlung etwaiger treibender Eigenschaften des Cementes ist äusserst einfach. Man formt zu diesem Zwecke ähnliche Kuchen, wie bereits weiter oben für die Kuchenprobe zur Bestimmung der Bindezeit mit dem Fingernagel ausführlich beschrieben sind, legt sie für 24 Stunden in einen feucht gehaltenen Zinkkasten und bringt sie sodann unter Wasser, wo sie noch 27 Tage lang liegen bleiben müssen. Zeigen die Kuchen nach Verlauf dieser Zeit keine Veränderung, bleiben sie eben und (an der Unterseite) glatt, so ist der Cement raumbeständig; hat man es aber mit einem Treiber zu tun, so werden sich schon nach einigen Tagen der Wasserlagerung

*) Dr. Schoch, Die moderne Aufbereitung.

an dem Kuchen Risse zeigen, die, radial verlaufend, am Rande des Kuchens am weitesten klaffen. Schwächeres Treiben erzeugt nur netzartige Risse und Sprünge, die nicht mit den sogenannten „Schwindrissen“ verwechselt werden dürfen. Letztere entstehen schon während des Abbindens und sind auf zu heftiges Austrocknen der Probekörper in der ersten Zeit nach ihrer Anfertigung zurückzuführen. Ausserdem sind die Schwindrisse daran zu erkennen, dass sie unregelmässige, oft in sich selbst zurücklaufende Kurven bilden, während die Treibrisse (die ausnahmslos erst nach dem Abbinden sich zeigen), wie oben gesagt, radial verlaufen, am Rande des Kuchens sich erweitern, gegen das Innere zu sich verengen.

Die Ursachen des gefährlichen und gefürchteten Treibens können sein:

1. Fehlerhafte Zusammensetzung, insbesondere zu hoher Kalkgehalt der Rohmischung,
2. Mangelhafte Aufbereitung der Mischung (schlechtes Mahlen und Mischen),
3. Mangelhafter Brand,
4. Zu hoher Gips- oder Magnesiagehalt.

Zu Punkt 4 sei noch bemerkt, dass das Treiben infolge zu hohen Magnesiagehaltes am gefährlichsten ist, weil die Treiberscheinungen nicht wie in den anderen Fällen nach einigen Tagen, sondern erst nach längerer Zeit, bisweilen erst nach Jahren, sich einstellen.

Das oben beschriebene Verfahren zur Ermittlung treibender Eigenschaften im Portland-Cement entspricht den Vorschriften, welche die „Normen“ (s. weiter unten) für diesen Teil der Cementprüfung aufstellen. Unleugbar ist es ein Übelstand, dass die Normenprobe zu lange Zeit erfordert, um fehlerhafte Cemente zu erkennen. Es sind daher von verschiedenen Forschern abgekürzte Verfahren (Darrprobe, Heintzelsche Kugelprobe, Kochprobe von Michaëlis, Kugelkochprobe von Tetmajer, Hochdruckdampfprobe von Erdmenger, Maclaysche Heisswasserprobe, Prüssingsche Presskuchenprobe) erdacht worden, welche die Raumbeständigkeit eines Cementes schon nach wenigen Stunden nachweisen lassen sollen; leider können jedoch diese Methoden nicht als allgemein und in jedem Falle entscheidend angesehen werden, weil sie nicht nur tatsächlich raumunbeständige Cemente als solche bezeichnen, sondern auch öfter — wenn wir so sagen dürfen — über das Ziel hinausschiessen und harmlose, gutartige Cemente als raumunbeständig verdächtigen, die nur den Fehler haben, die etwas gewaltsame Behandlung, die all diesen Methoden eigen ist, nicht gut vertragen zu können. Immerhin haben die abgekürzten Verfahren in vielen Fällen grossen Wert namentlich für die Untersuchung magnesiahaltiger Cemente. Ausführlich beschrieben finden sie sich u. a. auch in Naske, Die Portland-Cement-Fabrikation, Leipzig, Th. Thomas.

Zur genauen Messung der Raumänderungen, welche Cementkörper erleiden, bedient man sich des Bauschingerschen Tasterapparates (Fig. 195).

Dieser Apparat*) eignet sich besonders dafür, Probestäbe aus Mörtelmasse während einer längeren Versuchsdauer zu messen. Die Probestäbe sind kleine Parallelepipeden von 100 mm Länge und 5 qcm Querschnitt, welche an den Enden kleine, viereckige Vertiefungen enthalten, in die Achatplättchen mit konischen Vertiefungen eingekittet werden.

Hauptbestandteil des Apparates ist ein bügelförmiger Taster, dessen rechter Schenkel eine Mikrometerschraube enthält, während der linke Schenkel den Sitz eines empfindlichen Fühlhebels bildet. Der kürzere Arm des Fühlhebels endigt in eine schwach abgerundete Taster Spitze und wird durch eine am längeren Arm wirkende Blattfeder der Messschraube entgegengedrückt. Der Taster ist mit einem Spitzengehänge versehen und kann nach jeder Richtung leicht bewegt werden. Die Umdrehungen der Mikrometerschraube werden an einer über der Schraubentrommel angebrachten Skala gemessen,

deren Teilung den Schraubengängen entspricht. Ein Umgang der Schraube hat den Wert von 0,5 mm und wird durch die Trommel noch in Zehntel und Hundertstel eingeteilt, so dass also eine Ablesung bis auf $\frac{1}{200}$ mm erreicht wird.

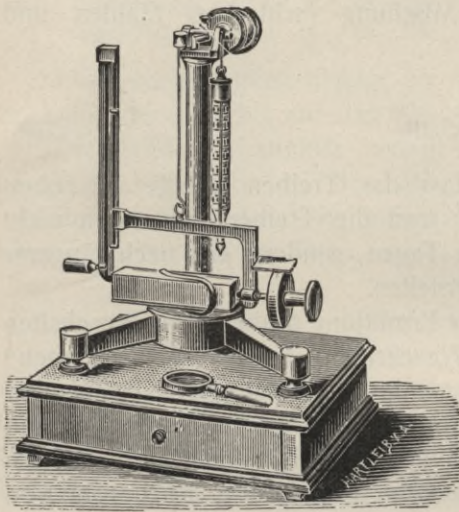


Fig. 195.

Der Probekörper wird behufs Ausmessung zwischen Fühlhebel und Messschraube eingeführt und auf einer kleinen Konsole des Säulenstativs gelagert. Die Taster spitzen werden in die Körner der Achatplättchen eingesetzt und durch Umdrehung der Mikrometerschraube der Fühlhebel zum Einspielen auf die Marke gebracht, womit für jede Einstellung der Tasterdruck genau normiert ist.

Die Länge des Probekörpers ergibt sich aus der Ablesung des Standes der Mikrometerschraube bei genau einspielendem Fühlhebel unter Hinzurechnung einer konstanten, dem Nullpunkt der Skala entsprechenden Tasterweite. Diese ist bei jedem Apparat auf 95 mm gebracht, womit die Ausrechnung der Länge möglichst vereinfacht ist. Ergibt sich z. B. bei Abmessung eines Probekörpers ein Stand der Messschraube von 9,56 Umgängen

(Skalenteilen), so ist die absolute Länge des Körpers $L = \frac{9,56}{2} + 95,00 = 99,78$ mm.

Die Probekörper werden in kleinen Metallrahmen ganz so wie die Normalzugkörper mit dem Spatel eingeschlagen.

*) „Die deutsche Portland-Cement- und Betonindustrie“, Düsseldorf 1902.

Zur Kontrolle der Tasterweite wird jedem Apparat ein in Holz gefasstes Metallstäbchen beigegeben, dessen Länge auf 100,00 mm abjustiert ist. Beim Einspielen des Fühlhebels ist der Skalenstand hierfür 10,00, mithin ist unter Hinzurechnung der konstanten Tasterweite beim Skalenstand 0,00 = 95,00 mm die Länge des Kontrolstabes $l = 95,00 + \frac{10,00}{2} = 100,00$ mm. Bei wiederholter Abmessung ist dieses Stäbchen wie auch der Probekörper überhaupt stets in der erstmaligen Lage zwischen die Tasterspitzen einzuführen und darf nicht willkürlich gewechselt werden. Durch eine einfache Bezeichnung des Probestabes, wobei oben und vorn, links und rechts zu berücksichtigen ist, kann die Lage der Körper leicht fixiert werden. Bei allen Messungen ist stets die Temperatur zu berücksichtigen, da Temperaturänderungen eine Korrektur notwendig machen. Dieser Korrektur wegen wird jedem Apparat eine besondere Anweisung nebst Tabelle beigegeben.

§ 181.

Die meisten — fast könnte man sagen: alle — Verbrauchgegenstände des Menschen unterliegen einer mehr oder weniger weitgehenden Verfälschung. Je wertvoller die Ware, desto grösser ist der Anreiz dazu, durch Beimengung minderwertiger Stoffe unerlaubte Gewinne zu erzielen. Es ist daher ganz erklärlich, dass auch der Portland-Cement als das vornehmste unter allen hydraulischen Bindemitteln dem Schicksal nicht entgehen konnte, mit allerlei billigen Zusätzen und in gewinnsüchtiger Absicht gemischt zu werden. Als derartige Zuschläge wurden, bezw. werden noch vereinzelt verwendet: gemahlener Ton, Sand, Kalkstein, Asche, Trass und hauptsächlich die Hochofenschlacke, die von den Mischern schon wegen der Ähnlichkeit, die sie im pulverisierten Zustand mit dem Portlandmehl besitzt, ganz besonders bevorzugt wird. Wie jeder schlechten Sache, hat es auch der „Mischerei“ an beredten Anwälten nicht gefehlt, welche behaupteten, dass der Portland-Cement für diese unvollkommene Welt eigentlich ein viel zu gutes Bindemittel sei, dessen Qualitäten und Preis durch den Zuschlag billigerer Stoffe sehr wol eine Herabminderung vertragen könnten, dass man also durch das Mischen in erster Reihe die Interessen des bauenden Publikums fördere. Diesem gegenüber machte der „Verein Deutscher Portland-Cementfabrikanten“ — der schon zur Zeit als die Mischfrage die Gemüter in gewaltiger Erregung erhielt, gegen das Mischen ganz energisch aufgetreten war — geltend, dass jede Zumischung minderwertiger Bestandteile zum Portland-Cement, die sich der Kontrolle des Käufers entziehe, als eine sehr gewagte, dem Betrage Tür und Tor öffnende Sache angesehen werden müsse. Auf jeden Fall sei es aber unzulässig, gemischten Cement als „Portland-Cement“ zu bezeichnen und mit diesem Namen, der nur einer gewissen, durch die „Begriffserklärung“ und die „Normen“ genau bestimmten Art aus der Zahl der bekannten hydraulischen Bindemittel zukomme, allerlei Kompositionen zu belegen; vielmehr sei es Pflicht des mischenden Fabrikanten, die Mischerei schon durch den Namen seines Erzeugnisses offen erkennen zu lassen

und dem Käufer dadurch kund zu tun, dass dieser nicht Portland-Cement, sondern eine Mischung von diesem mit irgend einem von den oben genannten oder anderen minderwertigen Stoffen kaufe. Der genannte Verein hat daher, im Verfolg seines oben dargelegten Standpunktes, die Mitgliedschaft eines Cementfabrikanten von der Unterzeichnung folgender Erklärung abhängig gemacht:

„Die unterzeichneten Fabriken sehen sich veranlasst, gegenüber der Tatsache, dass bereits seit mehreren Jahren verschiedene Cementfabriken dem Portland-Cement nach dem Brennen fremde Körper zumischen und diese Mischung trotzdem unter dem Namen „Portland-Cement“ in den Handel bringen, nachstehende Erklärung abzugeben:

1. Portland-Cement ist ein Produkt, entstanden durch innige Mischung von kalk- und tonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandteilen, darauf folgendem Brennen bis zur Sinterung und Zerkleinerung bis zur Mahlfineheit.

2. Jedes Produkt, welches auf andere Weise entstanden ist, als ad 1 angegeben, oder welchem während oder nach dem Brennen fremde Körper beigemischt sind, ist nicht als Portland-Cement zu betrachten und der Verkauf derartiger Produkte unter der Bezeichnung „Portland-Cement“ ist als eine Täuschung des Käufers anzusehen.

3. Die von anderer Seite behauptete Verbesserung der Zug- und Druckfestigkeit von Cement durch Zuschläge, Kompositionen u. s. w. ist um dessentwillen in dieser Frage nicht als entscheidend zu betrachten, weil:

- a) die bei den Versuchen im Laboratorium gefundenen Festigkeitssteigerungen durch Zusatz von Stoffen erzielt sind, deren Ursprung nicht bekannt gegeben ist, von welchen es darum nicht feststeht, ob sie mit den, von den mischenden Fabriken in Wirklichkeit zugesetzten Stoffen identisch sind,
- b) die Prozente der Zumischung bei den Versuchen geringe Sätze nicht überstiegen haben, während die gemischten Cemente des Handels bis 50 % fremde Körper enthalten,
- c) die in Wirklichkeit bisher von den mischenden Fabriken zugesetzten Körper, wie Hochofenschlacke, Tonschiefer, Porzellanerde, hydraulischer Kalk und dergl. tatsächlich den Cement in vielen Beziehungen verschlechtern.

4. Das Verfahren der Mischung ist geeignet, das Vertrauen des Publikums zum Portland-Cement vollständig zu erschüttern, da dasselbe nicht im stande ist, den Grad der Zumischung und die Qualität des zugemischten Stoffes zu erkennen und zu prüfen.

5. Die unterzeichneten Firmen verpflichten sich untereinander und gegenüber ihren Abnehmern nur solche Ware unter dem Namen „Portland-Cement“ zu verkaufen, welche den Bestimmungen sub 1 entspricht. —

Für die Prüfung des Portland-Cementes auf seine Reinheit, d. h. für die Ermittlung des Zuschlages in bezug auf Art und Menge, bestehen zahlreiche brauchbare Verfahren, welche aufzuzählen hier zu weit führen würde.

§ 182.

Ausser den vorstehend beschriebenen Untersuchungen pflegen ab und zu auch noch Ermittlungen der Scher- und Biegefestigkeit und der Abnutzbarkeit vorgenommen zu werden. Die Methode der Untersuchung des Cementes auf seinen Widerstand gegen Abscheren ist speziell von Ferd. M. Meyer in Malstatt-Burbach ausgebildet worden, scheint jedoch selten in Anwendung zu kommen. — Für Biegeversuche hat Michaëlis den auf Seite 264 beschriebenen Zugfestigkeitsmesser, wie nachstehende Fig. 196

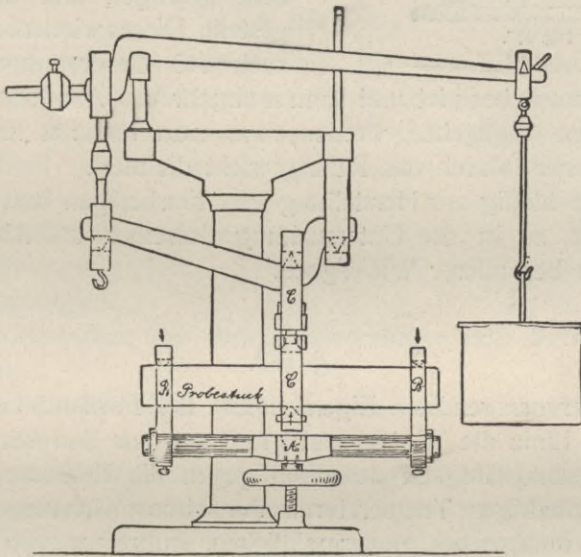


Fig. 196.

veranschaulicht, umgebaut. Die Konstruktion ist aus der Abbildung wol ohne weiteres verständlich. Zwecks Vereinfachung der Berechnung sind Spannweite und Querschnitt des Probekörpers in ein vorher zu bestimmendes Verhältnis zueinander zu bringen. Hat z. B. der Probekörper quadratischen Querschnitt von 4 cm Seitenlänge, so wird bei einer Spannweite von 257 mm die Biegungsspannung sich zu dem 30fachen der am Hebel (mit der Übersetzung 1 : 50) angewendeten Last ergeben. Durch entsprechende Verschiebung der Sättel *B* lassen sich auch für Probekörper von kleinerem Querschnitt bequeme Verhältnisse schaffen.

Zur Ermittlung der Abnutzbarkeit eines Cementes bedient man sich entweder des Apparates von Bauschinger oder der einfacheren Vorrichtung von Böhme.

Die Schleifmaschine von Böhme (Fig. 197) besteht aus einer horizontalen Scheibe *A*, die mittelst Kurbel und Zahnrädern in Umdrehung versetzt wird; die Zahl der Umdrehungen wird durch ein Zählwerk festgestellt.

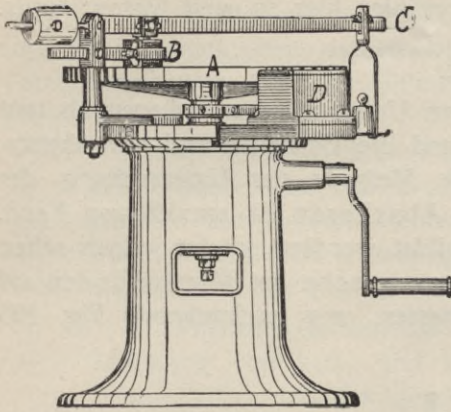


Fig. 197.

Das Versuchsstück *B* wird mittelst Hebels *C*, der mit 5 kg belastet wird, gegen die Scheibe gedrückt, deren schleifende Wirkung man durch Bestreuen mit Schmirgel erhöht, und zwar nach je 22 Umgängen mit je 20 g Naxoschmirgel Nr. 3. Hat die Scheibe je 110 Umgänge vollzogen, so wird das vorher gewogene Versuchsstück aufs neue gewogen und der Verlust festgestellt. Dieses wiederholt man viermal; nach 440 Umdrehungen der Scheibe

ist also der Versuch beendet und kann nunmehr das Abnutzungsverhältnis in Kubikcentimetern angegeben werden, was man dadurch findet, dass man den Gewichtsverlust durch das Raumgewicht dividiert.

Da Cement häufig zur Herstellung von Flurbelägen und Strassenpflaster verwendet wird, so ist die Untersuchung desselben auf Abnutzbarkeit für diese Fälle von besonderer Wichtigkeit.

§ 183.

Zu den hervorragendsten Eigenschaften des Portland-Cementes gehört nicht in letzter Linie die Wetterfestigkeit des aus ihm bereiteten Mörtels, d. i. die Widerstandsfähigkeit desselben gegen die Einflüsse abnorm hoher oder abnorm niedriger Temperaturen der atmosphärischen Luft, während reiner Cement infolge des unvermeidlichen Auftretens von Schwind- und Haarrissen als nicht wetterbeständig angesehen werden muss. Letzteres ist aber von keiner praktischen Bedeutung, da Cement als Baumaterial ja nie rein, sondern stets mit einem mehr oder minder hohen Sandzusatz verarbeitet wird.

Der Portland-Mörtel kann bei sehr hoher Wärme der ihn umgehenden Atmosphäre — also selbst bei tropischer Hitze — ohne jede Gefahr für das Bauwerk vermauert werden, wenn man nur dafür Sorge trägt, dass ihm das Wasser nicht frühzeitig entzogen und dass er in den ersten Tagen der Erhärtung genügend nass gehalten wird. — In heissem Wasser geht die Erhärtung des Mörtels sogar rascher vor sich als im kalten und selbst siedendes Wasser ist ihm noch nicht gefährlich; darüber hinaus lässt seine Festigkeit allerdings nach, bleibt aber konstant. Temperaturen von 200 bis 300° C. werden von gutem Portland-Mörtel auf die Dauer ohne Schaden ertragen. Beweis dafür sind die zahlreichen, ganz aus Cementbeton hergestellten Rauchföhse und Schornsteine.

Ebenso einwandfrei ist das Verhalten des Portland-Mörtels gegen Frost. Selbst sehr starke Kälte vermag dem einmal abgebundenen Mörtel nichts mehr anzuhaben. Allerdings muss das Vermauern des Mörtels in starker Kälte unter Beobachtung bestimmter Vorsichtsmassregeln geschehen, als deren erste die Vorschrift zu betrachten ist, dass man zum Anmachen des Mörtels nicht mehr Wasser nimmt als unbedingt zum Abbinden erforderlich, da das überschüssige Wasser gefriert und den Mörtel auseinandertreibt. Anwärmen des Sandes und des Wassers und sparsamer Verbrauch des letzteren tragen am meisten dazu bei, dass der Mörtel rasch abbindet; man wird demzufolge für Arbeiten bei Frostwetter mit Vorteil raschbindenden Cement anwenden.

Verputzarbeiten darf man jedoch unter keinen Umständen bei Frost ausführen, da sie durch diesen erfahrungsgemäss zerstört werden.

§ 184.

Rekapitulieren wir das bisher über die Eigenschaften des Portland-Cementes Gesagte, so müssen wir die ihm schon weiter oben beigelegte Bezeichnung als das vornehmste hydraulische Bindemittel, als vollkommen zutreffend anerkennen. Er ist allen bekannten Bindemitteln überlegen in bezug auf

1. die Haltbarkeit beim Lagern,
2. die Erhärtungsfähigkeit,
3. die Ausgiebigkeit,
4. die Druckfestigkeit, das Adhäsionsvermögen und die Wasserundurchlässigkeit,
5. die Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse (namentlich in fetteren Mischungen),
6. die Raumbeständigkeit und Wetterfestigkeit,
7. die vielseitigste Verwendbarkeit zu Wasser- und Luftbauten.

Der von Tag zu Tag steigende Verbrauch dieses vortrefflichen Bindemittels ist der schlagendste Beweis dafür, dass das Bekanntwerden seiner hervorragenden Eigenschaften in immer weitere Kreise dringt. Hat man vor nicht zu ferner Zeit den Portland-Cement als ein Mörtelmaterial angesehen, dessen Anwendung — seines hohen Preises wegen — nur in aussergewöhnlichen Fällen, als z. B. bei schwierigen Gründungen, Wasserbauten und dergl., am Platze und zu rechtfertigen war, so ist man heute, dank der vorgeschrittenen Fabrikationsweisen in ungezählten Fällen in der Lage, mit Portland-Cement besser, rascher und billiger zu bauen, als man noch vor zehn Jahren für möglich gehalten hätte. Trotzdem bleibt in dieser Richtung noch manches zu tun übrig. Bei der hohen Bedeutung, welche die Portland-Cement- und die aus ihr hervorgegangene Betonindustrie im Wirtschaftsleben, namentlich des deutschen Volkes, erlangt hat, ist die Auffindung neuer, ergiebiger Anwendungsformen des Portland-Cementes ein Ziel „aufs Innigste zu wünschen“. Möge es bald erreicht und dauernd behauptet werden!

Die Anwendungen des Portland-Cementes.

A. Mörtel.

§ 185.

Je nach dem beabsichtigten Zwecke, dem der Mörtel zu dienen hat, wird man den dazu erforderlichen Portland-Cement auswählen und das Verhältnis, in dem die beiden Teile, Cement und Sand, zu mischen sind, bestimmen. Für Arbeiten unter Wasserandrang, Verputz, Ziehen von Leisten und Gesimsen und dergl. wird man rasch bindenden, für alle anderen Zwecke jedoch langsam bindenden Cement nehmen. Mörtel aus reinem Cement, ganz ohne jeglichen Sandzusatz, ist nur ganz ausnahmsweise, z. B. bei Quelledichtungen, anzuwenden.

Bezüglich des Sandes und der an ihn zu stellenden Anforderungen können wir auf dasjenige verweisen, was über diesen Gegenstand bei Besprechung des Kalkmörtels (s. Seite 97 u. ff.) gesagt worden ist und das auch für Cementmörtel Giltigkeit besitzt. Zur Beleuchtung der Tatsache, dass der Sand für die Festigkeit des Mörtels von ganz erheblicher Bedeutung ist, wollen wir nachstehend die Festigkeitszahlen (Zugfestigkeit in Kilogramm pro Quadratcentimeter) folgen lassen, die von einem und demselben Portland-Cement mit verschiedenen Sorten Bausand nach 28tägiger Erhärtung in einer Mischung von 1:3 erreicht worden sind (vergl. „Der Portland-Cement und seine Anwendungen“ *):

Feiner Grubensand	5,1
Flusssand I, fein	11,6
„ I, grob	20,2
„ II, fein	11,7
„ III, fein	14,5
„ III, grob	21,1
Normalsand	20,9

§ 186.

Das am meisten gebräuchliche Mischungsverhältnis von Cement zu Sand ist 1:3 bis 1:4; es wird genommen für Putzarbeiten, Mauerwerk, Fundamente, Betonierungen und dergl. Fettere Mischungen sind nur dort gerechtfertigt, wo hohe Festigkeit oder grosse Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung oder Wasserdichtigkeit in Frage kommen.

Das Abmessen von Cement und Sand geschieht auf der Baustelle ausschliesslich nach Raumteilen, während es doch erforderlich wäre, um das für einen bestimmten Zweck als richtig festgestellte Mischungsverhältnis einzuhalten, die beiden Teile nach Gewichtsteilen zusammenzutun. Letzteres ist aber etwas umständlich und wird daher, wie gesagt, nicht geübt. Dr. Schumann gibt, um den daraus folgenden Ungenauigkeiten zu begegnen,

*) Berlin, Ernst Toeche.

folgendes an: Man berechne ein für allemal (unter Zugrundelegung des Gewichtes von 140 kg für 1 hl Cement)

1 Fass von 170 kg netto mit 122 Litern
1 Sack „ 70 „ „ 50 „
1 „ „ 60 „ „ 43 „
1 „ „ 50 „ „ 36 „

und bringe diese Gewichtsmengen nebst dem Gewicht von 140 kg für 1 hl Grubensand statt der Raumteile für Cement bei der Mörtelbereitung in Anwendung. Man erreicht dadurch, dass Mass und Gewicht sich decken und dass man dann tatsächlich diejenige Mörtelmischung erzielt, die man hat erzielen wollen.

§ 187.

Langsam bindender Cement kann in grösseren Mengen, die für eine längere Arbeitszeit vorhalten, rasch bindender Cement dagegen nur in knappen Quantitäten angemacht werden. Der Wasserzusatz muss nach der Art des Cementes, ob rasch oder langsam bindend und je nach der Witterung und Jahreszeit, stets aber vorsichtig und unter dem Gesichtspunkte bemessen werden, dass ein zu reichlicher Wasserzusatz viel eher schädlich wirken kann als ein zu spärlicher, wenn der Mörtel auch im letzteren Falle mager und kurz erscheint: durch fleissiges Durcharbeiten wird derselbe bald geschmeidig, bindend und gerade recht erhärtungsfähig. — Mörtel für Maurerarbeiten muss flüssiger angemacht werden als jener für Trocken-Betonierungszwecke, ersterer muss glatt von der Kelle gehen, letzterer darf nur erdfeucht sein und erst nach längerer Bearbeitung etwas Wasser an der Oberfläche austreten lassen. Ebenso ist der Mörtel für Ziegelmauerwerk dünner zu halten als jener für Mauerwerk aus Bruchsteinen, vorausgesetzt, dass letztere nicht gleichfalls von sehr poröser Beschaffenheit sind.

Die Mörtelpfannen sind vor erneutem Gebrauch sorgfältig zu reinigen und alte Mörtelreste sind zu beseitigen, da bereits abgebundener Mörtel unter keinen Umständen wieder verwendet werden darf. — Bei andauernd grösserem Bedarf, also bei umfangreicheren Bauten, bedient man sich zur Mörtelbereitung der bereits im Abschnitt „Kalk“, Seite 101 beschriebenen Mörtelmaschinen.

Unter der Annahme, dass 1 hl Portland-Cement 140 kg und 1 hl gemischtkörniger, feuchter Sand dasselbe wiegt, stellt sich die Mörtelausbeute für verschiedene Mischungen nach Dr. Schumann wie folgt:

Mischung in hl				1 cbm Mörtel erfordert		
Cement	Sand	Wasser	Ausbeute	Cement kg	Sand Liter	Wasser Liter
1	1	0,53	1,50	933	667	353
1	2	0,75	2,25	622	888	333
1	3	0,98	3,00	467	1000	327
1	4	1,25	3,80	368	1053	329

§ 188.

Unter den vielen guten Eigenschaften des Portland-Cementes, die den stetig wachsenden Verbrauch dieses Bindemittels bewirkt haben, steht seine rasche Erhärtungsfähigkeit, bezw. die Festigkeit, die er schon nach ganz kurzer Zeit aufzuweisen hat, mit an erster Stelle. In der Tat ist man z. B. bei Fundierungen unter Wasserandrang nach einer Erhärtungszeit von nur wenigen Tagen schon in der Lage, auf dem Fundamente weiter bauen zu können, wo man bei Anwendung anderer Bindemittel sich noch wochenlang damit hätte gedulden müssen. Diese Eigenschaft des Portland-Cementes kann heutzutage, wo Zeit und Geld identisch sind, tatsächlich kaum hoch genug eingeschätzt werden und rückt denselben an die unbestritten erste Stelle unter allen Wassermörteln. Zu allen derartigen Bauten, wie: Betonierungen unter Wasser, Wehranlagen, Turbinenkammern, Wasserführungen, Talsperren, Kanälen, Schleusen und Tunnelbauten, Fundierungen u. s. w. u. s. w. wird fast ausnahmslos Portland-Cement verwendet. Über Portland-Cement für Bauten im Meerwasser wird weiter unten ausführlich die Rede sein.

Aber auch als Luftmörtel ist der Portland-Cement gleich vorzüglich und findet als solcher immer weitere Verbreitung (namentlich seitdem der Preis desselben so bedeutend heruntergegangen ist) wie aus dem später folgenden Kapitel über Beton im allgemeinen und Cementwarenfabrikation hervorgehen wird und auf welches wir hiermit verweisen wollen.

Dort, wo auf rasche Erhärtung des Mörtels Wert gelegt wird, hohe Festigkeit desselben aber nicht erforderlich ist, wendet man mit Vorteil Cement-Kalkmörtel an. Der Kalk (Fettkalk sowohl als auch hydraulischer Kalk) ist ein vorzügliches Mittel zur Verbesserung von cementarmen Mörtelmischungen, die zwar ohne Kalkzugabe noch hinreichend fest, dabei aber für eine bequeme Verarbeitung zu mager sind. Bis zu einer gewissen Höhe des Kalkzusatzes werden magere Cementmörtel durch Kalk immer besser; darüber hinaus nimmt Dichte und Festigkeit allerdings ab. Man darf also, wie Versuche von R. Dyckerhoff gezeigt haben, in dieser Richtung nicht zu weit gehen und wird gut daran tun, sich an folgende Mischungsverhältnisse zu halten:

- | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|------|---------|-----|-------|-------|----------------|------|----------|------|---------------|------|
| a) | 1 | Teil | Cement, | 5 | Teile | Sand, | $\frac{1}{2}$ | Teil | Kalkteig | oder | hydraulischen | Kalk |
| b) | 1 | " | " | 6—7 | " | " | 1 | " | " | " | " | " |
| c) | 1 | " | " | 8 | " | " | $1\frac{1}{2}$ | " | " | " | " | " |
| d) | 1 | " | " | 10 | " | " | 2 | " | " | " | " | " |

Man verfährt bei der Bereitung des Cement-Kalkmörtels in der Weise, dass man zuerst die Kalkmilch anrührt und dieser das Gemenge von Cement und Sand schaufelweise zugibt und bis zur vollständigen Gleichmässigkeit durcharbeitet. Verwendet man hydraulischen Kalk, so mischt man die drei Bestandteile: Cement, Kalk und Sand zuerst im trockenen Zustand durch und setzt dann die erforderliche Wassermenge unter beständigem Rühren und Durcharbeiten zu. Hierbei ist darauf zu achten, dass der hydraulische Kalk fein gemahlen und gut gesiebt sein muss, damit etwaige grobe Körner nicht nachlöschen und Zerstörungen des Mörtels herbeiführen können.

Die Ausbeute an fertigem Mörtel stellt sich nach Dr. Schumann wie folgt:

Mischung in hl					1 cbm Mörtel erfordert			
Cement	Sand	Kalkteig	Wasser	Ausbeute	Cement kg	Sand Liter	Kalk Liter	Wasser Liter
1	5	0,5	1,30	4,90	286	1020	102	265
1	6	1,0	1,35	6,00	233	1000	167	225
1	7	1,0	1,60	6,80	206	1029	147	235
1	8	1,5	1,60	7,80	182	1040	195	205
1	10	2,0	1,70	9,45	148	1055	212	180

Wegen Festigkeit und Herstellungskosten lese man das Protokoll über die Verhandlungen des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten vom Jahre 1887 nach (Seite 62 u. ff.).

§ 189.

Erfahrungsgemäss ist der Wand- und Gesimsputz selbst von untadelhaftem Cement nicht immer dauerhaft. Entweder blättert die Oberfläche in dünnen Schalen ab, oder es bilden sich dort Blasen und Buckel, die später abfallen, oder es löst sich der ganze Putz von der Mauerfläche ab und fällt herunter. In diesem Falle trägt die Arbeit des Putzantragens die Schuld.

Um das Herabfallen des Putzes von den Mauerflächen überhaupt zu verhüten, ist es unbedingt notwendig, die Mauerfläche kurz vor dem Auftragen des Putzes stark mit Wasser anzufeuchten. Andernfalls entzieht die Mauer dem Cement das zur Erhärtung nötige Wasser und es bildet sich zwischen dem Mauerkörper und der äusseren Putzfläche eine trockene Cement-schicht; es geht also das Anhaften des Putzes an der Mauer und hiermit die Dauer des Putzes verloren. Man bedient sich hierzu am besten einer mit einer Brause versehenen Giesskanne und wiederholt das Verfahren in kurzen Zwischenzeiten zweimal. Während man zur dauernden Haltbarkeit des Kalkmörtelputzes einer gut ausgetrockneten Mauer bedarf, widrigenfalls mindestens unvertilgbare nasse Flecken in der Putzfläche entstehen, kann man den Cementputz ohne Nachteil für denselben auf eine nicht völlig ausgetrocknete Mauerfläche auftragen. Man findet in Anwendung dieses Putzes sogar ein Mittel, Räume, die nicht lange nach der Vollendung in Benutzung genommen werden sollen, hierzu gebrauchsfähig zu machen, ohne dass durch etwaige Feuchtigkeit eine Beeinflussung der Bewohner oder Geräte im Innern der Umfassungen zu befürchten wäre. Eine derartige noch feuchte Wand wirkt auf die langsame Abtrocknung, daher auch auf die Festigkeit des Cements wohlthätig, indem derselbe aus der Wand dasjenige an Feuchtigkeit herauszieht, was er auf seiner Oberfläche an die Luft abgibt. Der Glaube, dass ein nachträgliches Anfeuchten der Putzfläche das verabsäumte Anfeuchten der Mauer ersetzen könne, ist durchaus irrig, wengleich ersteres nicht unterbleiben darf.

Am häufigsten ereignet sich das Abfallen des Cementputzes an Bruchstein- und solchen Sockelmauern, welche durch keine Isolierschicht von den Grundmauern getrennt sind. Die Ursache davon liegt darin, dass der reine Cement nach der Erhärtung beinahe gar kein Wasser, der mit Sand gemischte um so weniger in sich aufsaugt, je geringer der Sandzusatz ist. Es bildet sich daher von der inneren Feuchtigkeit der Mauer zwischen deren Oberfläche und dem Putze, insbesondere im Spätherbste, eine schwache Wasserschicht. Diese erstarrt im darauffolgenden Winter zu Eis, und da mit Eisbildung eine Volumenvermehrung verbunden ist, so wird hierdurch eine Trennung des Putzes von der Mauer bewirkt, die, von Jahr zu Jahr zunehmend, endlich das Abfallen des Putzes zur Folge hat. Man tritt diesem Übelstand entgegen, wenn man den Putz nicht wie gewöhnlich 13–15 mm stark, sondern nicht unter 20 mm stark aufträgt; eine Stärke, die erfahrungsgemäss der erwähnten Wirkung der Eisbildung eine angemessene Widerstandsfähigkeit entgegengesetzt.

Das Abblättern der Oberfläche des Putzes, gewöhnlich in 2 mm starken Schalen, kann eine dreifache Ursache haben. Die erste davon besteht darin, dass ungeübte Maurer zu anhaltend und zu stark mit dem Reibebrett auf der Putzfläche umherreiben. Sie erzeugen hierdurch, mögen sie auch ein ununterbrochenes Benetzen des Putzes mit dem Maurerpinsel vornehmen, die Entwicklung von Wärme in der oberen Decke des Cementes, infolgedessen die verfrühte Erstarrung und zugleich die Ablösung dieser Decke vom Grundputze eintritt. Bei diesem Vorgange entstehen Haarrisse in der Decklage, durch welche im Spätherbst das Regenwasser Eingang gewinnt, während dann im Winter der Frost das weitere tut. Den Winter hindurch hält nun zwar das Eis die Decklage des Putzes fest, im darauffolgenden Frühjahr jedoch beim Schmelzen des Eises fällt sie ab. Die zweite Ursache bringt der Mangel an Wasser während der Erhärtung mit sich. Derselbe tritt zunächst an der Oberfläche des Putzes, wo die Verdunstung am raschesten erfolgt, ein. Während der Grundputz aus der Mauer einige Feuchtigkeit an sich zieht, gelangt diese nicht bis zur Decklage. Es wird deshalb der Grundputz in einen wirklich erhärteten, die Decklage aber nur in einen trockenen Zustand übergehen. In der letzteren fehlt der volle Anteil an Wasser, den der erhärtete Cement als Bestandteil haben soll, er ist daher nicht allein unfest, sondern auch undicht, d. h. er gestattet nach seiner Erhärtung das Eindringen von Wasser, das ihn infolge der Eisbildung mürbe und der ablösenden Kraft des anschlagenden Regens nicht widerstandsfähig macht. Zur Verhütung dieses Übelstandes unterlasse man nicht, die überputzten Flächen eine längere Zeit hindurch, und zwar möglichst mehrere Wochen, namentlich wenn dem Cement mehrere Teile Sand zugesetzt sind, stark mit Wasser zu begiessen, wozu man wiederum am zweckmässigsten eine mit einer Brause versehene Giesskanne benutzt.

Die dritte Ursache endlich kann, insbesondere wenn die Mauer nicht feucht genug war, darin liegen, dass einzelne Stellen des Putzes an der Oberfläche zu viel Wasser erhalten. Alsdann bleibt der Grundputz lose, und

über diesem bildet sich eine festere, mit jener nicht verbundene Kruste. Der Grundputz, Haarrisse bildend, zieht sich zusammen und nimmt die Decklage in seiner Bewegung mit. Da aber die letztere eine erstarrte, in kleinen Abteilungen zusammenhängende Schale bildet, so entstehen beim Zusammendrücken Blasen, die später abfallen.

So wichtig es hiernach erscheint, sich zum Putzen keiner anderen als geübter, vorsichtig und sorgfältig arbeitender Maurer zu bedienen, so ist dies noch wichtiger beim Ziehen von Gesimsen. Man durchnässe die Steine mittelst wiederholten Benetzens oder Anspritzens, bereite den Mörtel nicht dünner, als nur eben das Ziehen gestattet, und trage ihn so hoch an, dass ein nachträgliches Anwerfen möglichst vermieden wird. Um die erforderliche Glätte, hervorzurufen sind zum Abreiben der Flächen Filzscheiben zu verwenden. Stahlscheiben für diesen Zweck angewendet, geben einen zu dichten Verputz, der leicht haarrissig wird; rauher Verputz hält sich besser als zu glatter. Bei und nach dem Ziehen vermeide man oftmaliges Reiben und Anspritzen an ein und derselben Stelle, und achte darauf, dass das ganze Gesims ein und derselben Behandlung unterworfen, nicht aber an ein und derselben Stelle eine mehrmalige Nachhilfe notwendig wird. Die grösste Sorgfalt verlangen die Sockelgesimse; ausserdem darf deren Putzstärke nirgend weniger als 18 mm betragen, oder es zieht sich in die entstehenden Haarrisse das Regenwasser bis zur Oberfläche des Mauerkörpers, bleibt dort stehen, gefriert zu Eis und stösst, in diesen Zustand übergehend, allmählich den Putz ab.

In betreff der Jahreszeit, in welcher die Putzarbeiten mit Portland-Cement am zweckmässigsten gefertigt werden, so ist der Winter, wo der Frost auf seine Erhärtung störend einwirkt, von selbst ausgeschlossen. Ebenso verlege man Cementarbeiten im Spätherbst auf soweit zurück, dass die Erhärtung früher eintritt, als mutmasslich die Temperatur der Luft auf den Gefrierpunkt sinkt. Von gleichem Nachteil ist eine anhaltend hohe Temperatur, indem sie die Verdunstung des Wassers im Mörtel zu schnell bewirkt und ihn mehr austrocknet, als seine Erhärtung zulässt. Die geeignetste Jahreszeit ist das Frühjahr, so dass ein im Jahre zuvor vollendeter Rohbau im Jahre darauf unmittelbar, nachdem die Besorgnis vor Nachfrösten vorüber ist, an den Aussenwänden mit Cementputz versehen wird. Zum Kalkmörtelputzen, zu welchem die Mauern in einem möglichst vollkommen trocknen Zustande sein müssen, zieht man bekanntlich die Sommermonate und den Herbst dem Frühjahr vor.*)

§ 190.

Im allgemeinen haben Versuche, die Cementmasse für Skulpturen und architektonische Zwecke zu färben, kein günstiges Ergebnis geliefert, indem sich herausgestellt hat, dass sich weder reine Farbentöne hervorbringen lassen, noch dass dies ohne bedeutende Verminderung der Festigkeit der Cementmasse geschehen kann. Namentlich gilt dies von der Art und Weise, dem

*) J. Manger, Portland-Cemente, S. 12.

frisch angemachten Cementmörtel Farbstoffe in solcher Menge beizumischen, dass die Oberflächen später die gewünschte Färbung zeigen. Es liegt auch in der Natur der Sache, dass reine, helle, lebhaftere Farben niemals zu erzielen sind, da die schmutzige, graue Farbe des Portland-Cementes dies nicht zulässt. Durch das mit der verdunstenden Feuchtigkeit nach aussen geführte Kalkhydrat wird jede Farbe verwischt und zum grossen Teil überdeckt.

Ferner verbieten sich alle Farben, welche nicht sehr billig sind, alle, welche durch die stark alkalische Rückwirkung des Cements verändert werden, und alle, welche nachteilig auf die Bindekraft des Cementes einwirken.

Hierbei sind zwei verschiedene Arten in Anwendung gekommen.

Nach dem einfacheren Verfahren wird die fertige Farbe mit dem Cementpulver gemischt. Hierzu kommen folgende Farben zur Anwendung:

Für Weiss ist Barytweiss (Blanc fixe) am meisten zu empfehlen.

Für Rot Caput mortuum, für gelbe und braune Farben die Ockerarten; diese Farben sind matt und beeinträchtigen ausserdem die Festigkeit beträchtlich.

Für Blau und Grün blauer und grüner Ultramarin, welche jedoch erst bei Anwendung von 1 Teil Farbe und 2 Teilen Cement lebhaftere Farben geben.

Für Schwarz hat man Frankfurter Schwarz anzuwenden versucht, aber gefunden, dass dies die Bindekraft und Festigkeit des Cements in hohem Grade beeinträchtigt. Besser bewähren sich Braunstein (Mangansuperoxyd) und sogenanntes Cementschwarz (Kohlenschwärze).

Für Schwarzbraun hat man mit Mangansuperoxyd oder mit aus kohlen-saurem Manganoxydul dargestellten Oxyduloxyd ziemlich günstige Ergebnisse erzielt. Auf 3 Teile Cement werden 2 Teile Manganoxyd genommen. Diese Farbe wirkt, besonders wenn aus natürlichem Superoxyd bereitet, nicht gerade ungünstig auf die Festigkeit; auch ist dieselbe nicht zu kostspielig, um in so starken Verhältnissen immer noch angewendet werden zu können.

Am schönsten werden alle mit den erwähnten Farben hergestellten Gegenstände, wenn sie nach einiger Zeit mit Wasserglas bestrichen werden.

Bei dem zweiten Verfahren wird der Cement mit einer Salzlösung angerührt, dann wird er in die Lösung eines anderen, darauf reagierenden Salzes gelegt oder mit der Lösung des letzteren geschliffen. Dieses Verfahren ist von sehr beschränkter Anwendung, weil die meisten Salze das Erhärten beeinträchtigen.

Als anwendbar haben sich besonders Eisen- und Manganvitriol zum Anrühren und saures chromsaures Kali zum Schleifen erwiesen. Auf diese Weise wird eine sehr billige dunkelbraune Färbung erzielt.

Um eine Marmorierung herzustellen, giesst man auf eine geölte Spiegelplatte verschiedengefärbte Cemente und rührt solche in geeigneter Weise durcheinander.

Meistens beschränkt man sich auf Anstriche mit Ölfarbe oder stereo-chromatische Färbung, um den Zweck ohne die oben erwähnten Nachteile zu erreichen.

§ 191.

Die stereochromatischen Anstriche sind ohne Zweifel die dauerhaftesten, aber ebenso wie Ölanstriche für viele Zwecke zu kostspielig, um zu allgemeinerer Anwendung zu kommen. Ganz billige, den stereochromatischen an Dauerhaftigkeit vollkommen gleiche Anstriche werden dadurch erlangt, dass den trockenen Farbkörpern ein gleicher Raumteil ganz fein pulverisierter gerösteter Chalcedon (Feuerstein) beigemengt, diese Mischung mit dünner Kalkmilch angerührt und auf die frischen Oberflächen der Cementarbeiten aufgetragen wird. Wenn der flüssigen Farbe etwas Wasserglas beigemengt wird, haftet der Anstrich noch besser. Das durchscheinend hellgraue Pulver des gerösteten Chalcedons hat eine so geringe Deckkraft, dass die Farben durch dessen Beimengung kaum verändert werden. Selbstredend dürfen nur echte, gegen Alkalien unempfindliche Mineralfarben hierzu verwendet werden. Der Widerstand dieser Anstriche gegen atmosphärische Einflüsse ist so vollständig, wie der des Cementmörtels selbst, ein Abblättern findet nicht statt, dabei ist der Ton dieser Anstriche sehr angenehm durchscheinend und den ästhetischen Gesetzen der Architektur und Skulptur entsprechend. Wandflächen von schöner Wirkung erlangt man durch Auftragen einer Mischung von sehr fein pulverisiertem Marmor und Chalcedon zu gleichen Teilen, besonders wenn dieser Mischung etwas Chromoxydgrün zugesetzt wird, wodurch der Ton desselben schwach zur Geltung kommt. Der Anstrich muss stets kurz nach dem Abbinden des Cements aufgetragen und die Technik so gehandhabt werden, dass möglichst ein Anstrich genügt, um die gewünschte Farbe zu erreichen. Sollte dies nicht gelingen, so muss der zweite Anstrich mit der in verdünnter Wasserglaslösung verteilten Farbe gemacht werden. Dabei muss die Arbeit während der ersten acht Tage nach Vollendung reichlich nass gehalten werden, um den Auftrag mit der Cementmasse auf das Innigste zu verbinden.

§ 192.

Soll aus Portland-Cement hergestellter Wandputz oder Estrich mit einem dauerhaften Ölfarbeanstrich versehen werden, so empfiehlt es sich (besonders an solchen Stellen, wo der Cementputz oder Belag atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist), denselben mehrmals (in 8- bis 14tägigen Pausen) mit einer verdünnten Wasserglaslösung zu überstreichen. Durch diese wenig kostspielige Vornahme ist die Cementfläche auf die vorzüglichste Weise für einen Ölfarbeanstrich vorbereitet. Da das verdünnte Wasserglas bedeutend leichter als eine konzentrierte Lösung von der Kohlensäure zerlegt wird, so ist es zu empfehlen, die drei- bis vierfache Menge Wasser zuzusetzen; bevor man aber mit dieser Lösung zum zweiten und dritten Male anstreicht, muss das Alkali mit reichlichem Wasser entfernt werden.

§ 193.

Gewöhnlich wird zur Herstellung eines Ölfarbeanstrichs auf Cement die Oberfläche des Verputzes mit sehr verdünnter Salzsäure (besser ist Schwefel-

säure) abgewaschen, um die häufig sich zeigenden Flecke zu entfernen, und man glaubt (nicht ohne Grund) nur dann erfolgreich die Arbeit ausführen zu können, wenn die ganze Verputzfläche eine gleichmässige Farbe zeigt. Diese hellen, von den Maurern mit „Salpeter“ bezeichneten Flecken, bestehen häufig aus geringen Mengen freien kohlen-sauren Kalks (namentlich infolge nicht ganz gleichmässiger Zerteilung und mangelhafter feinsten Zerkleinerung des rohen Kalkmaterials) öfters aber auch aus den wirklichen Ausblühungen von salpetersauren Salzen der Mauer, die namentlich dann hervortreten, wenn der Verputz im Frühjahr auf die noch winterkalten Mauerwände aufgetragen wurde. Durch die Waschungen mit Säuren werden diese Überzüge mit kohlen-saurem Kalk und Salzen entfernt und zugleich bei solchem Verputz, der mit zu geringem Sandzusatz hergestellt wurde und eine zu glatte Oberfläche bekommen hat, eine feinkörnige Rauheit der Fläche bewirkt, auf welcher der Ölanstrich besser haftet.

Sehr gut scheint sich das Tränken der mit Cement verputzten Oberflächen mit den Kesslerschen Fluaten („Fluatieren“) zu bewähren, welche die Alkalien und den frei gewordenen Kalk des Cementes in unlösliche bzw. unschädliche Fluorverbindungen überführen. Das Verfahren besteht darin, dass man den trocken gewordenen Verputz zwei- bis dreimal mit einer verdünnten Lösung von Magnesium-Fluat in Wasser (1:10) anstreicht, eventuell das Anstreichen so oft wiederholt, bis blaues, befeuchtetes Lackmuspapier, an die trockene Fläche angedrückt, sich rot färbt. Ist solches der Fall, so wird die Oberfläche nochmals abgewaschen und nach dem Trocknen sofort mit Ölfarbe angestrichen.

B. Beton.

a) Eigenschaften des Betons.

§ 194.

Durch den französischen Ausdruck Béton (englisch Concrete) bezeichnet man nichts anderes als ein Gemenge von hydraulischem Mörtel und zerschlagenen Steinen, welches die Eigenschaft hat, unter Wasser und an feuchten Orten zu einem förmlichen Konglomerate zu erhärten. Der Beton kann die Stelle des gewöhnlichen Mauerwerks vertreten: 1. wo gewöhnliches Mauern nicht tunlich ist, z. B. unter Wasser; 2. wo grösserer Zusammenhang oder Wasserdichtigkeit als die des gemeinen Mauerwerks erfordert wird, so z. B. bei Gründungsbauten auf ungleichem Grund oder für ungleich belastende Bauwerke, bei Verkleidungen von Wasserbehältern u. s. w.; endlich 3. jedoch wol selten aus blossen Ersparnisrücksichten. Es ist klar, dass in jedem dieser Fälle auf die besondere Bestimmung des Betons in seiner Zusammensetzung Rücksicht zu nehmen ist.

Die Anwendung des Betons ist eine sehr alte. Schon die alten Römer haben Beton sowohl in der Form von Schüttungen als auch in Form von

Blöcken verwendet. Sie benutzten zu seiner Herstellung Kalkmörtel, dem sie durch Zusatz von Puzzolan- oder Santorinerden hydraulische Eigenschaften verliehen.

Auch dem Mittelalter war der Betonbau nicht unbekannt, scheint dann aber in Vergessenheit geraten zu sein, bis Vicat 1816 die erste französische Betonbrücke bei Souillac über die Dordogne baute und in England, Italien und Holland die Anwendung des Betons zu Hafenzwecken immer häufiger wurde. Da man sich dabei ausschliesslich des Romancesmentes oder hydraulischen Kalkes oder des Kalkes mit Trass oder sonstigen hydraulischen Zuschlägen bediente, die im Wasser oder beständig feucht gehalten zwar sich befriedigend verhalten, bei Austrocknung an der Luft im Wechsel mit der Feuchtigkeit aber grosse Mängel zeigen, so war die Anwendungsart des Betons insofern eine beschränkte, als man diesen nur zu Wasser- und Tiefbauten verwenden konnte. Mit der Erfindung des Portland-Cementes, seiner stetig fortschreitenden Verbesserung und Verbilligung, änderte sich dieses derart, dass der Beton auch im Hochbau Eingang fand und heutzutage in letzterem ungleich grössere Mengen gebraucht werden als zu den vorgenannten Zwecken.

Zu diesem Erfolge des Portland-Cement-Betons, von welchem in der Folge ausschliesslich die Rede sein wird, hat jedoch die verbesserte Herstellungsweise nicht wenig beigetragen. In den sechziger Jahren des

vergangenen Jahrhunderts fing man an, den Beton zu stampfen, wodurch eine ganz ausserordentliche Erhöhung der Festigkeit und Dichtigkeit der Betonmassen erreicht wird. Durch das Stampfen wird nicht nur eine ungleich dichtere Lagerung der Teile, sondern auch der Vorteil erzielt, dass man mit dem Wasserzusatz bis an die äusserste Grenze des Zulässigen herangehen kann. Man ist daher in der Lage, Betonbauten, an welche die denkbar höchsten Anforderungen in bezug auf Festigkeit, Widerstandsfähigkeit und Wasserundurchlässigkeit gestellt werden, mit voller Sicherheit auf Erfolg auszuführen. Diesem entsprechend ist seitdem das Anwendungsgebiet des Betons stetig gewachsen; ausser zu Molen, Quaimauern, Schleusen, Talsperren, Hafendämmen und Schüttungen findet der Beton auch zu Brücken, Wasser- und Gasbehältern u. s. w.

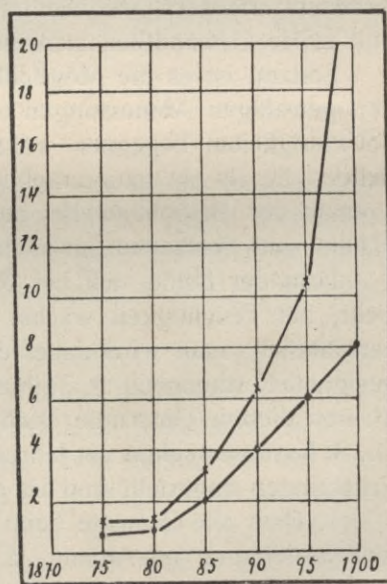


Fig. 198.

u. s. w. Anwendung und die Zahl der Cementwarenfabriken, die sich teils ausschliesslich, teils im Nebenbetriebe mit der Herstellung von Röhren, Bauornamenten, Figuren, Platten, Fliesen, Dielen u. s. w. beschäftigen, ist im Laufe der Jahre eine sehr grosse geworden.

Die Entwicklung der deutschen Betonindustrie wird durch umstehendes Diagramm*) veranschaulicht, in welchem die untere Curve das Anwachsen der Arbeiterzahl, die obere die Steigerung des Cementverbrauches zeigt. Die stetig sich mehrende Zahl der Betriebe, die sich mit der Herstellung von Betonbauten oder der Fabrikation von Cementwaren oder mit beiden zugleich beschäftigen, führte naturgemäss zu dem Gedanken des Zusammenschlusses der Portland-Cement verarbeitenden Werke, der im Jahre 1898 über Anregung des Fabrikanten Hartwig Hüser in Oberkassel in die Wirklichkeit umgesetzt wurde durch die Begründung des „Deutschen Beton-Vereins“. Gleich bei seiner Gründung traten dem neuen Verein über 200 Firmen bei und seitdem ist die Zahl der Mitglieder naturgemäss noch erheblich gewachsen; die Förderung der gemeinsamen fachwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Interessen seiner Mitglieder liegt bei dem „Beton-Verein“ in guten Händen.

§ 195.

Unter den Eigenschaften des Betons fällt vor allem seine Formungsfähigkeit auf. Es ist ungleich leichter, kompliziertere Formen, wie sie die Mannigfaltigkeit im Bauwesen erfordert, aus Beton herzustellen als aus Natursteinen, die einer teuren Bearbeitung unterzogen werden müssen, oder aus künstlichen (gebrannten) Steinen, die einen kostspieligen Brennprozess und überdies noch — wie auch die ersteren — handwerksmässige Schulung des Arbeiters erfordern, wo man im Betonbau an derselben Stelle mit Erfahrung und etwas Gewandtheit auskommt.

Sodann ist es die Möglichkeit, grosse und schwere Werkstücke, Blöcke von gewaltigen Abmessungen und dergl., deren Transport unüberwindlichen Schwierigkeiten begegnen würde, am Orte der Verwendung selbst herzustellen, die als ein ganz erheblicher und unter Umständen ausschlaggebender Vorzug der Betonbauweise bezeichnet werden muss, der namentlich bei Hafen- und Seebauten gar nicht hoch genug veranschlagt werden kann.

Dass der Beton sich bei Wärmeänderungen ausdehnt bezw. zusammenzieht, bei Feuchtigkeit wächst und bei Trockenheit schwindet, ist selbstverständlich; man wird daher dort, wo solches notwendig erscheint, durch geeignete Formgebung, Teilung und nachträgliche Einschnitte in kompakten Massen diesem Umstande Rechnung tragen. — Über diesen Gegenstand hat Dr. Schumann schon vor Jahren genaue, verschiedene Baustoffe vergleichende Erhebungen angestellt und ist dabei zu folgenden Ergebnissen gelangt:**)

1. Dass alle Cemente beim Erhärten in Wasser sich ausdehnen und dass die Ausdehnung im Anfang, d. h. zu der Zeit, wo die Festigkeitszunahme am grössten ist, ebenfalls am grössten ist. Hieraus folgt, dass diese dem Erhärtungsvorgang zuzuschreibende, absolut und relativ sehr geringe Ausdehnung anders als das sogenannte Treiben, welches einzelne Cemente zeigen können, geartet ist und daher nicht mit diesem verwechselt werden darf.

*) „Die deutsche Portland-Cement- und Beton-Industrie“, Düsseldorf.

**) „Der Portland-Cement und seine Anwendungen im Bauwesen“, 1899.

2. Durch Zusatz von Sand: Magerung des Mörtels, wird die Volumenvermehrung erheblich verringert; bei dem — normalen — Mörtel aus 1 Gewichtsteil Cement und 3 Teilen Sand beträgt dieselbe nur etwa ein Viertel derjenigen des Mörtels ohne Sandzusatz.

3. Gewöhnliche, leicht gebrannte Ziegel, teilweise auch scharf gebrannte, wie desgleichen Kalksteine, zeigen ähnliche Volumenänderungen wie die Cementmörtel 1:3.

4. Die Volumenänderungen bei Sandstein sind sehr ungleich und scheinen besonders von der Natur des Bindemittels im Stein, dagegen kaum von der Beschaffenheit des Kornes abzuhängen; im allgemeinen scheint die Volumenänderung bei Sandsteinen das Doppelte und mehr derjenigen von Cementmörtel 1:3 zu betragen.

5. Bei Basalten ist die Volumenänderung nach längerer Erhärtungsdauer etwa übereinstimmend mit derjenigen von Cementmörtel 1:3.

Beton besteht in der Hauptsache aus Stein bzw. Sand; seine Volumenänderungen, welche durch Temperaturwechsel hervorgerufen werden, sind daher in erster Linie von diesen Materialien abhängig, wogegen die Volumenänderungen, welche die Folgen des Erhärtungsvorganges sind, um so grösser werden, je dichter der Beton ist, d. h. je mehr Bindemittel er enthält. Zwar wächst mit der Dichte auch die Festigkeit, doch sollte man mit letzterer nur so weit gehen, als der jeweils vorliegende Fall es erfordert. Die etwa nötige grössere Dichte der Aussenflächen des Betonkörpers ist leicht durch Auftragen eines entsprechend dichten Verputzes zu erreichen, wobei die „Füllung“ ohne weiteres porös bleiben darf.

§ 196.

Eine weitere, sehr schätzenswerte Eigenschaft des Betons ist seine rasche Erhärtung und dadurch bewirkte Widerstandsfähigkeit gegen Wasserdruck und seine Wasserdichtigkeit, wodurch er sich ganz besonders zu solchen Arbeiten eignet, die dem Wasserandrang ausgesetzt sind, als z. B. Fundierungen, Herstellung von Fangdämmen und dergl.

Wie vorher schon erwähnt, kann die Festigkeit des Betons durch fettere Mischung in weiten Grenzen variiert werden, doch sind dabei ausser dem Mischungsverhältnis noch die dazu verwendeten Materialien sowie die Art der Verarbeitung von Einfluss. In erster Linie kommt für die Praxis die Druckelastizität und die Druckfestigkeit in Frage und liegen hierüber die Resultate ausgedehnter Untersuchungen von Prof. Hartig, Prof. Bauschinger und namentlich von Prof. Bach vor; man sehe wegen der Versuche Prof. Bachs die Jahrgänge 1895, 1896 und 1897 der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure nach, wo ein ganz ausserordentlich reiches Zahlenmaterial niedergelegt ist, das mit Hilfe verwickelter und zeitraubender Berechnungen gewonnen wurde. Als Hauptschlussfolgerung ist anzusehen:

Die Dehnung von Cementmörtel und Beton steht innerhalb gewisser Grenzen nicht im geraden Verhältnis zu der verursachenden

Kraft, sie wächst in höherem Masse als diese und der grösseren Dehnung entspricht eine relativ geringere Spannung als der kleineren.

Für Monier-Beton ist der Elastizitäts-Modul = 66000. Bei gutem Cementbeton nimmt derselbe von 320000 bis 180000 ab mit zunehmender Belastung von 0 bis 40 kg/qcm.

Nach E. Hartig ist der Elastizitäts-Modul für lufttrockenen Cementmörtel im Mittel = 257000.

Die in beistehender Tabelle angeführten Druckfestigkeitszahlen sind von Prof. Bach an maschinenmässig hergestellten Probekörpern von 25 cm Durchmesser und Höhen von 25 bis 100 cm gewonnen worden. Zu allen Körpern wurde derselbe hochwertige Cement (25,6 kg nach 7, 30,4 kg nach 28 Tagen 1:3) verwendet.

Tabelle I.

Lfd. No.	Höhe | Alter		Mischungs-Verhältnisse							Druckfestigkeit kg/1 qcm
	der Probekörper		Raumteile							
	cm	Tage	Cement	Fluss-sand	Gruben-sand	Fluss-kies	Gruben-kies	Kalkstein-schotter	Klein-ge-schlag.	
1	25	87	1	3	—	—	—	—	—	171,5
2	25	88	1	4 ^{1/2}	—	—	—	—	—	127,7
3	25	86	1	2 ^{1/2}	—	5	—	—	—	136,5
4	25	92	1	2 ^{1/2}	—	—	—	5	—	172,7
5	25	91	1	3	—	6	—	—	—	123,2
6	25	91	1	—	3	—	—	6	—	216,1
7	25	97	1	3 ^{1/2}	—	7	—	—	—	114,9
8	25	90	1	3 ^{1/2}	—	—	—	7	—	185,8
9	25	119	1	4	—	8	—	—	—	96,3
10	25	137	1	—	4	—	—	8	—	163,9
11	25	133	1	4 ^{1/2}	—	9	—	—	—	113,7
12	25	136	1	—	4 ^{1/2}	—	—	9	—	180,6
13	25	132	1	5	—	10	—	—	—	87,7
14	25	133	1	—	5	—	—	10	—	128,9
15	25	109	1	—	1 ^{1/2}	—	—	—	3	267,4
16	25	111	1	—	1 ^{1/2}	—	3	—	—	228,7
17	25	110	1	—	2	—	—	—	4	237,8
18	25	111	1	—	2	—	4	—	—	204,3
19	100	94	1	3	—	—	—	—	—	190,1
20	100	92	1	4 ^{1/2}	—	—	—	—	—	105,9
21	100	86	1	2 ^{1/2}	—	5	—	—	—	114,7
22	100	104	1	—	2 ^{1/2}	—	—	5	—	160,1
23	100	94	1	3	—	6	—	—	—	122,0
24	100	130	1	3	—	—	—	6	—	136,4
25	100	117	1	3 ^{1/2}	—	7	—	—	—	108,6
26	100	132	1	3 ^{1/2}	—	—	—	7	—	134,4
27	100	108	1	4	—	8	—	—	—	101,8
28	100	133	1	4	—	—	—	8	—	118,4
29	100	141	1	4 ^{1/2}	—	9	—	—	—	92,0
30	100	135	1	—	4 ^{1/2}	—	—	9	—	97,9
31	100	144	1	5	—	10	—	—	—	80,3
32	100	137	1	—	5	—	—	10	—	103,5

Zu dieser Tabelle ist zu bemerken, dass die gewonnenen Zahlen durchweg höhere Werte darstellen, als solche bei praktischen Ausführungen zu erwarten sein werden, und zwar teils wegen der hervorragenden Güte des verwendeten Cementes, teils infolge der maschinenmässigen Herstellung der Versuchskörper. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist mit um 20 bis 30 % geringeren Ergebnissen zu rechnen.

Immerhin erweisen die Zahlen, dass selbst magere Mischungen noch sehr bemerkenswerte Festigkeiten besitzen. Auch der Einfluss der Zuschlagmaterialien ist aus der Tabelle deutlich erkennbar.

Von grosser Wichtigkeit ist ferner die aus dem Vergleich der Reihen 1, 6 und 8 ersichtliche Tatsache, dass die Druckfestigkeit von Beton mit 6 und 7 Teilen Schotter diejenige des Mörtels 1:3 übertrifft, woraus ohne weiteres folgt, dass die Mörtelmenge nicht grösser genommen werden soll, als zur Ver kittung der Massen und Ausfüllung der Hohlräume unbedingt erforderlich ist. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, bei bester Ausführung auch sparsam zu bauen; zu diesem Behufe wird man durch Versuche das richtige Verhältnis der Mischung feststellen müssen.

Darauf hat übrigens schon R. Dyckerhoff früher hingewiesen (s. Protokoll der Versammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten 1880).

Dass die Art der Herstellung grossen Einfluss auf die Druckfestigkeit des Betons ausübt, ist schon weiter oben hervorgehoben worden und wird durch folgende Zahlen, die Bauschinger (1889) gefunden hat, gut veranschaulicht:

1	Cement	4	Flusskies,	gestampft	228	kg,	geschüttet	115	kg/qcm
1	"	6	"	"	105	"	"	73	" "
1	"	8	"	"	36	"	"	36	" "

§ 197.

Über Zug- und Biegun gsfestigkeit sind bisher wenig Versuche ausgeführt worden, desgleichen sind die über Scherfestigkeit nicht so zahlreich, um ganz sichere Schlüsse daraus ableiten zu können. Trotzdem ist die folgende, aus Versuchen Bauschingers zusammengestellte Tabelle von erheblichem Wert, die er in den Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Münchener technischen Hochschule 1897 veröffentlicht hat. In dieser Tabelle sind nicht nur die ermittelten absoluten Zahlen, sondern auch das Verhältnis derselben zur Zugfestigkeit (diese gleich 1 gesetzt) angegeben. Ferner ist zu bemerken, dass nur Mörtelproben in Mischungen 1:0, 1:3 und 1:5 untersucht wurden und dass die Untersuchung nach 1, 4 und 104 bis 113 Wochen Erhärtungsdauer vorgenommen wurde (Luft- und Wassererhärtung getrennt). Die Zugprobekörper hatten 72 qcm (6×12 cm) Querschnitt, zu den Druckproben wurden Würfel von 12 cm Seitenlänge und zu den Biegun gsproben Stäbe von 6×12 cm Querschnitt und 30 cm Länge, die auf 25 cm hochkantig gestellt wurden, verwendet. Die abzuscherenden Probekörper waren den zu biegun gden Körpern gleich und

wurden derart eingespannt, dass Biegungsspannungen in denselben nicht auftreten konnten.

Erhärtungs- dauer	Mischung- Verhältnis	1.		2.		3.		4.	
		Zugfestigkeit		Druckfestigkeit		Scheinbare Biegezugfestigkeit		Scherfestigkeit	
Wochen		bei Erhärtung in							
		Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser
kg/qcm									
1	1:0	16,3	15,8	131	134,5	49	44	19,4	19,1
		= 1	1	8,04	8,51	2,95	2,79	1,19	1,21
		7,5	6,7	64,6	62	19,2	17,4	7,7	8,2
1	1:3	= 1	1	8,61	9,25	2,56	2,60	1,03	1,22
		4,8	4,5	38,2	37,8	11,8	11,1	5,7	5,4
		= 1	1	8,0	8,40	2,46	2,46	1,19	1,20
1	1:5	18,7	20,7	173,2	175	60,4	62,4	22,2	24,3
		= 1	1	9,26	8,45	3,23	3,01	1,19	1,17
		10,4	11,9	105,7	87,5	27,6	26,8	12,8	12,7
4	1:3	= 1	1	10,16	7,35	2,65	2,25	1,23	1,07
		8,4	7,3	67,7	68,8	20	19,4	9,6	9,2
		= 1	1	8,06	9,42	2,38	2,66	1,15	1,26
104—113	1:0	18,1	20,6	239,4	330	71,2	95,8	27,3	29,2
		= 1	1	13,20	16,02	3,93	4,65	1,51	1,42
		17,2	19,1	146,2	235,4	52,7	68,5	20,7	26,4
104—113	1:3	= 1	1	8,50	12,32	3,07	3,59	1,20	1,38
		12,5	16,3	106	208	38,4	57	17,4	25,6
		= 1	1	8,48	12,76	3,07	3,50	1,39	1,57

Auch das Adhäsionsvermögen des Cementes hat man zu ermitteln gesucht, es ist namentlich für die Eisen-Cement-Bauweise von erheblicher Bedeutung. Bauschinger fand dasselbe zu 40 bis 47 kg/qcm.

Wird Cement zu Flurbelägen, Estrichen oder, wie neuerdings in Anwendung gekommen, zu Cement-Makadam verwendet, so ist in solchen Fällen ein hoher Abnutzungswiderstand von Vorteil. Auch hierüber sind, und zwar von Prof. Dr. Böhme, Berlin, seiner Zeit ausgiebige Untersuchungen angestellt worden. Die Methode der Untersuchung findet sich Seite 271 beschrieben. Nach Böhme stellen sich in bezug auf Abnutzbarkeit Mörtelmischungen von 1:1 und 1:2 am günstigsten. Auch ein gewisser Zusammenhang zwischen Zugfestigkeit und Abnutzbarkeit ist zu erkennen; im übrigen können jedoch solche Versuche nur dann zu zuverlässigen Ergebnissen führen, wenn auch die Beschaffenheit des Sandes gebührend in Rechnung gestellt worden ist.

§ 198.

In bezug auf das Verhalten des Betons gegen hohe Hitze und starke Kälte kann auf das bereits Seite 272 über den Portland-Cement Gesagte verwiesen werden. Jedenfalls sind die über diesen Gegenstand angestellten Versuche und auch die Beobachtungen aus der Praxis umfassend genug,

um mit Sicherheit aussprechen zu lassen, dass Portland-Cement-Mörtel und Beton als absolut feuersicher (vorausgesetzt, dass der Kies- und Steinzuschlag nicht aus Kalksteinen besteht) und in demselben hohen Masse auch als frostbeständig anzusehen sind.

Von gewöhnlichem Wasser wird Beton weder durchdrungen noch angegriffen. Dagegen löst fließendes kohlensäurehaltiges Wasser denselben mit der Zeit auf, so dass seine Oberfläche von Zeit zu Zeit erneuert werden muss. Auch stärkere Säuren, namentlich solche, die mit dem Kalk des Cementes leicht lösliche Verbindungen bilden (Salpetersäure, Salzsäure, Essigsäure) greifen den Beton an. Unschädlicher sind Säuren, die mit dem Kalk schwerlösliche Verbindungen eingehen (Schweflige Säure, Schwefelsäure, Flusssäure), da diese einen schützenden Überzug hervorrufen, der das weitere Eindringen der Säuren verhindert.

Alkalien und deren Verbindungen wirken teils befördernd auf die Erhärtung des Betons, teils verhalten sie sich zu demselben indifferent.

Über die Einwirkung der Abwässer in den Kanalleitungen der Städte auf Cementbeton spricht sich Prof. Büsing*) folgendermassen aus:

„Im übrigen sind die chemischen Vorgänge, welche sich in den Kanalwässern der Städte abspielen, so verwickelt und auch örtlich so verschieden, dass ein genauerer Einblick in dieselben bisher nicht gewonnen ist. Es treten in den Kanalwässern neben schädlichen Stoffen auch solche auf, die schützend wirken; es werden Säuren neutralisiert und es bilden sich isolierende Niederschläge, welche dann den Zutritt schädlicher Stoffe zur Oberfläche und noch mehr zum Innern der Mörtelmassen abhalten. Immer ist die schleimige, sogenannte Sielhaut vorhanden. Es kann deshalb in der Frage, ob Kanalwässer auf Cementmörtel schädlich wirken, nur die Erfahrung massgebend sein und diese lehrt, dass, abgesehen von Ausnahmefällen, wie sie auch bei anderen Baumaterialien (Ziegeln, gebrannten Tonrohren, Eisen) vorkommen, Cementmörtel dem Angriff von Kanalwässern im allgemeinen gut widersteht (s. Gary, Urteile aus der Praxis über die Verwendung von Cementröhren, Stettin 1895).

In jedem Falle muss aber der Mörtel (bezw. Beton) der den Angriffen durch Säuren oder andere chemische Agentien zu widerstehen hat, an der Oberfläche möglichst dicht sein. Bei dünnwandigen Röhren und Kanälen mit Eiseneinlagen ist es wichtig, dass letztere nicht nahe der inneren Wand liegen, damit sie nicht durch Absplitterungen oder mechanischen Eingriff freigelegt werden.“

§ 199.

Von ungemeiner, praktischer Bedeutung ist auch das Verhalten des Cementmörtels bezw. Betons gegen Meerwasser. Neben Chlornatrium (Kochsalz) enthält dieses noch schwefelsaure Magnesia, Chlormagnesium, Chlorkalium, schwefelsauren Kalk, Jod, Brom und noch andere Stoffe. In

*) Der Portland-Cement und seine Anwendungen, 1899.
Heusinger v. Waldegg, Kalk und Cement. 5. Aufl.

erster Reihe wirken hierunter schädlich die schwefelsaure Magnesia und das Chlormagnesium. In der That hat man gefunden, dass schnellbindender Portland-Cement nach 5- bis 8jähriger Lagerung im Meerwasser sich zersetzt und schliesslich zu Brei zerfällt, langsam bindender Portland-Cement allerdings auch in dieser Frist zerstört werden kann, sich jedoch auch 30 bis 40 Jahre tadellos zu erhalten vermag. Es kommt hierbei, neben vorzüglicher Beschaffenheit des Cementes im allgemeinen, in erster Linie auf die Dichte des Mörtels an, wozu bemerkt werden mag, dass, um diese in dem möglichst höchsten Masse zu erzielen, ganz besondere Sorgfalt auf die Auswahl des Sandes zu verwenden ist. Indessen wäre die Annahme, dass der tatsächlich dichteste Mörtel, also jener aus reinem Cement, auch der widerstandsfähigste sei, durchaus irrig; die Erklärung hierfür liegt nach Candlot in der Entstehung von Spannungszuständen infolge von Kristallisation und dementsprechender Ausdehnung, für welche es im Mörtel aus reinem Cement an Raum fehlt. Die widerstandsfähigsten Mörtel sind die aus 1 Teil Cement und 1 bzw. 2 Teilen Sand. Candlot (vergl. *Le Ciment*, 1896), der die Ergebnisse der systematischen Versuche, mit welchen im Jahre 1856 im Hafen von La Rochelle begonnen wurde, in der genannten Zeitschrift kritisch erörtert, gibt an, dass Sand, der viele feine Körner enthalte, zu Mörtel für Meerbauten untauglich sei, vielmehr sei Sand zu wählen (ohne Rücksicht auf die Kosten), der alle Korngrössen in richtigem Verhältnis enthalte. Nur dann würde man im stande sein, einen Mörtel herzustellen, der Aussicht habe, den chemischen Einflüssen sowol als auch den mechanischen Angriffen, verursacht durch Wellenschlag, Ebbe und Flut u. s. w., mit dauerndem Erfolge zu wider stehen.

Eine weitere, nicht minder wichtige Folgerung Candlots ist der Satz, dass im Meerwasser nur Bindemittel verwendet werden dürfen, die keinen freien Kalk enthalten. Da diese Bedingung nur von sorgfältig hergestelltem Portland-Cement ausgefüllt werden kann, so folgt auch hieraus eine weitere, bedeutende Überlegenheit desselben über alle anderen hydraulischen Bindemittel.

Ungemein ausgedehnte Versuche haben R. Dyckerhoff und die vom Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten eingesetzte Meerwasser-Kommission über diesen Gegenstand angestellt; das reichhaltige Material ist in den „Protokollen“ über die Verhandlungen dieses Vereins zu finden. Als besonders bemerkenswert möchten wir daraus nur die Tatsache herausgreifen, dass die Festigkeit des Cementmörtels im Meerwasser hinter jener zurückbleibt, die in Süsswasser erreicht wird, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Mörtelmischung	Wasser- zusatz	Erhärtet in	Zugfestigkeit kg/cm ²					Druckfestig- keit nach 4 Wochen
			nach					
			1	4	26	1	2	
			Wochen		Jahren			
1 Portland-Cement : 1 Sand	12,5%	Süßwasser . .	22,6	28,6	35,8	38,4	45,8	347,5
<i>1 Portland-Cement : 1 Sand</i>	<i>12,5%</i>	<i>Nordseewasser</i>	<i>20,8</i>	<i>26,8</i>	<i>33,4</i>	<i>34,4</i>	<i>42,4</i>	—
1 Portland-Cement : 2 Sand	11,5%	Süßwasser . .	19,7	25,6	31,4	33,6	37,2	267,5
<i>1 Portland-Cement : 2 Sand</i>	<i>11,5%</i>	<i>Nordseewasser</i>	<i>17,6</i>	<i>23,6</i>	<i>28,2</i>	<i>30,4</i>	<i>32,8</i>	—
1 Portland-Cement : 4 Sand	11,0%	Süßwasser . .	13,6	17,9	23,1	26,6	25,6	170,0
<i>1 Portland-Cement : 4 Sand</i>	<i>11,0%</i>	<i>Nordseewasser</i>	<i>12,6</i>	<i>16,6</i>	<i>17,9</i>	<i>20,9</i>	<i>20,6</i>	—
1 : 4 + 1/4 Kalkhydrat . .	11,0%	Süßwasser . .	17,0	19,9	25,5	27,6	30,2	180,0
<i>1 : 4 + 1/4 Kalkhydrat . .</i>	<i>11,0%</i>	<i>Nordseewasser</i>	<i>16,9</i>	<i>17,6</i>	<i>22,2</i>	<i>20,5</i>	<i>26,5*</i>	—
1 : 4 + 1/2 Kalkhydrat . .	11,5%	Süßwasser . .	12,9	18,6	23,6	26,4	26,6	150,0
<i>1 : 4 + 1/2 Kalkhydrat . .</i>	<i>11,5%</i>	<i>Nordseewasser</i>	<i>11,8</i>	<i>12,6</i>	<i>18,0*</i>	<i>20,5**</i>	<i>19,6**</i>	—

Inzwischen ist der „Meerwasserfrage“ von den Fachleuten aller Länder unermüdlich und mit Aufmerksamkeit nachgegangen worden. Der Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten hat mit Unterstützung der preussischen Regierung eine eigene Versuchsstation auf der Insel Sylt (Nordsee) errichtet und die Franzosen haben an den Betonblöcken des Hafens von La Rochelle die seit über 40 Jahren betriebenen Studien fortgesetzt. Prof. Belebunsky teilte über die Ergebnisse der letzteren in Berlin (vergl. „Protokoll“ 1902) vorläufig mit, dass die Arbeiten der französischen Ingenieure über den Einfluss des Seewassers auf Cementmörtel Aufsehen erregen würden. Die Beobachtungen an den Probekörpern im Hafen von La Rochelle zeigen, dass fast alle diese Proben nicht nur mechanisch, sondern auch durch chemische Einflüsse zerstört worden sind. Die Vorschläge, die daraus abgeleitet werden, gehen dahin, dass erstrebt werde, die Fabrikation des Portland-Cementes zu ändern, das Aluminium so viel als möglich durch Eisenoxyd zu ersetzen. Weitere Untersuchungen von Le Chatelier und Deval bestätigen die Wichtigkeit der Zusätze von Schlacken, der Puzzolane zu dem Portland-Cementmörtel bei Verwendung desselben im Seewasser. Näheres muss bis zum nächsten (1903) Kongress des „Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik“ abgewartet werden, dessen Arbeiten wie auf manchem anderen Gebiete so hoffentlich auch in der Meerwasserfrage zur Klarheit und Wahrheit führen werden.

Um das Bild von den Eigenschaften des Betons zu vervollständigen, sei noch bemerkt, dass Mineralöle, Teer und Gärungsstoffe unschädlich sind, wogegen er von fetten Ölen, Milchsäure, Gerbsäure und sauer gewordenem Bier angegriffen wird. Eisen wird vom Cementmörtel — falls dieser mit süßem Wasser angemacht ist — konserviert, von mit Seewasser angemachtem Cementmörtel jedoch zerstört. Desgleichen wirkt derselbe auf einige andere Metalle, wie z. B. Blei, zerstörend, doch ist

*) An den Kanten angegriffen.

**) Stärker angegriffen.

dieses von geringem praktischen Belang, da man Gegenstände, die aus derartigen Metallen hergestellt sind und in Cementmörtel gebettet werden müssen, durch isolierende Umhüllungen leicht schützen kann.

b) Betonbereitung.

§ 200.

Die Hauptbedingung für die Erzielung einer festen Verkitung der Bestandteile ist, dass diese vollständig reine Oberflächen besitzen. Sowol das Wasser als auch Sand- und Steinmaterial sollen rein sein und müssen letztere

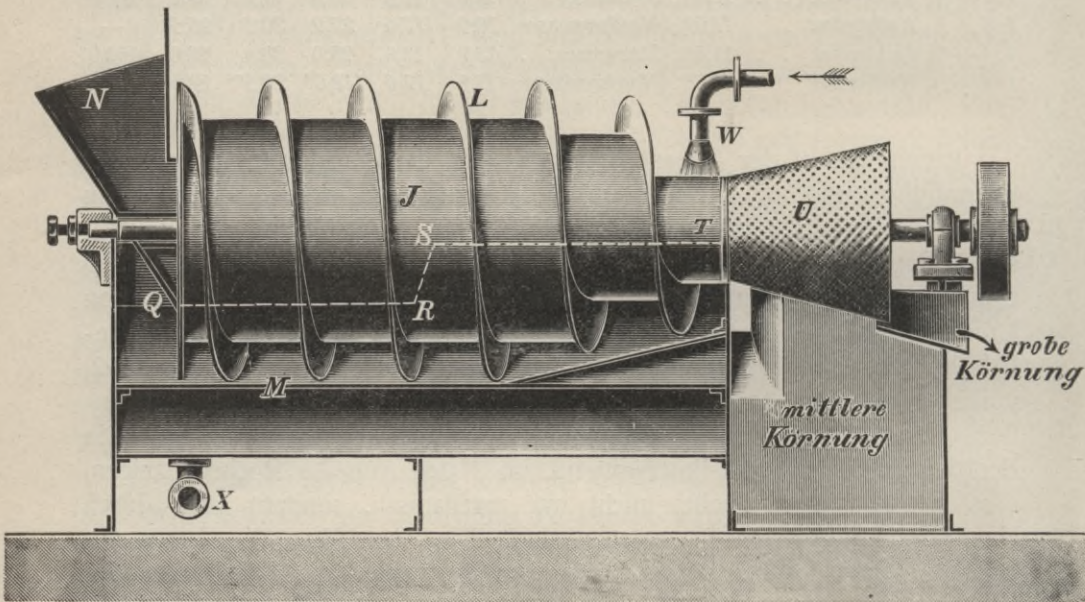


Fig. 199.

eventuell vor der Verarbeitung einer gründlichen Waschung unterzogen werden.

Über das Waschen des Sandes ist in dem vorhergehenden Kapitel das Nötige bereits gesagt worden. Zum Waschen von Kies und Schotter sind verschiedene Apparate in Anwendung, von welchen wir die sehr vorteilhaft bekannte Excelsior-Maschine, aus der Maschinenfabrik von Carl Martini & Co. in Hannover, die zum gleichzeitigen Waschen und Sieben dient, ausführlicher beschreiben wollen. Die Maschine ist in Fig. 199 und Fig. 200 im Längs- und Querschnitt dargestellt, während Fig. 201 die Wasserzirkulation veranschaulicht, die der Erkenntnis entsprechend eingerichtet ist, dass, um das Wiederablagern des ausgewaschenen Schmutzes auf dem zu waschenden Material zu verhindern, die relative Geschwindigkeit des Schmutzwassers gegenüber dem Material eine möglichst grosse sein muss. Der Trog *M* liegt mit dem hinteren Teil *Q-R* seiner Oberkanten unterhalb, mit dem anderen Teil *S-T* oberhalb des Wasserspiegels. So lange die

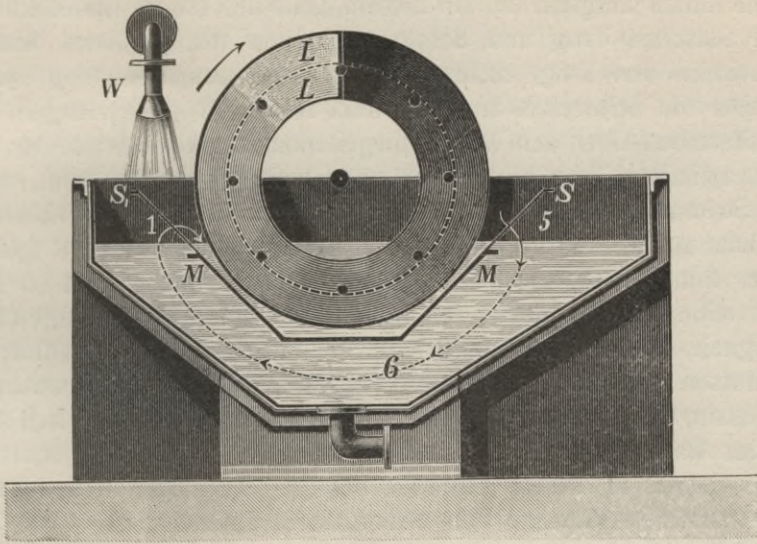


Fig. 200.

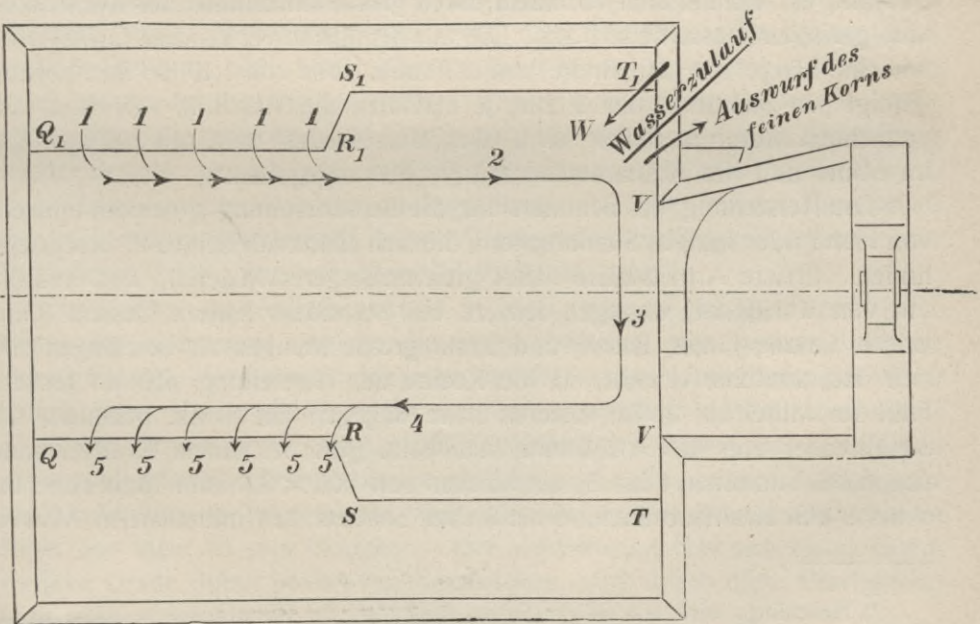


Fig. 201.

Schnecken L in dem hinteren Teile arbeiten, bleibt das Niveau des Wassers im Trog dasselbe wie im Bassin, weil etwaige Unterschiede sich über die Trogkante hinaus ausgleichen. In diesem Teile des Troges findet ein Wasseraustausch zwischen Trog und Bassin statt: links tritt geklärtes Wasser aus dem Bassin in den Trog, rechts Schmutzwasser aus dem Trog ins Bassin. Sobald aber die Schnecken an den Punkt R des Troges gelangen, wo die Kanten desselben über den Wasserspiegel hinausragen und also ein Niveauausgleich zwischen Trog und Bassin nicht mehr stattfinden kann, bewirken sie eine Strömung des Wassers nach der Auswurföffnung der Maschine hin. Dieser Schmutzwasserstrom 1—2 wird an der Stirnseite $V-V$ gebrochen, kehrt hier mit grosser Geschwindigkeit um, in Richtung 3—4—5 und hat also hier eine der Richtung der Materialbewegung entgegengesetzte Geschwindigkeit, so dass ein Ablagern der Schmutzteile auf dem Material ganz ausgeschlossen ist. Bei R angelangt, ergiesst sich der Schmutzwasserstrom in das Bassin und kommt zur Ruhe; die Schmutzteile müssen sich auf dem Boden des Bassins ablagern und bewirken eine selbsttätige Klärung des Wassers, welches in diesem Zustande bei Q_1-R_1 wieder in den Trog eintritt, um denselben Kreislauf von neuem zu beginnen.

Das feine Korn verlässt die Maschine an derselben Stelle, wo ihr das reine Wasser — also bei W — zugeführt, während das mittlere und grobe Korn durch das Sieb U noch einer Trennung unterworfen wird. Der sich abscheidende Schlamm wird bei X von Zeit zu Zeit abgelassen.

Der vorstehend beschriebene Apparat hat sich in der Praxis sehr gut bewährt, er zeichnet sich vor allem durch grosse Einfachheit der Konstruktion und geringen Wasserbedarf aus. Die am häufigsten verwendete Grösse No. 2 hat eine Länge von 2,5, Breite von 1,35 und Höhe von 1,20 m; ihre Leistung beträgt pro Stunde 2 oder 3 cbm, je nachdem die Maschine von Hand oder von einem Motor betrieben wird. Der Wasserbedarf wird mit 200 l pro cbm im Mittel und der Kraftaufwand mit $\frac{1}{5}$ PS. angegeben.*)

Die Herstellung des Schotters für die Betonbereitung geschieht entweder von Hand oder mittelst Steinbrechern, die sich schon auf Seite 143 beschrieben finden. Erstere Arbeitsweise liefert gleichmässigeres Material, was natürlich nur von Vorteil ist, wogegen letztere bei besonders hartem Gestein (Grauwacke, Granit, Gneis, Basalt) und wenn grosse Mengen zu bewältigen sind, sich ökonomischer erweist, da die Kosten der Herstellung sich im letzteren Falle im Mittel auf 2, im ersteren Falle dagegen auf 4 Mk. belaufen. Ein Steinbrecher von 400×250 mm Maulweite gibt bei einem Kraftverbrauch von 6 PS. stündlich 4 bis 5, ein solcher von 500×320 mm Maulweite und 6 bis 8 PS. Kraftverbrauch, 6 bis 8 cbm Schotter aus mittelhartem Material.

*) Neuerdings wird von einigen Seiten empfohlen, für Betonbauzwecke nicht absolut reinen, sondern etwas tonhaltigen Sand zu verwenden, da bestimmte Tonsorten die Festigkeit des Betons erhöhen sollen. Es muss hervorgehoben werden, dass die „Excelsior“ in solchem Falle nach Wunsch sowol wasserklares Produkt liefert, als auch solches mit einem ganz bestimmten Tongehalt.

§ 201.

Es ist weiter oben schon darauf hingewiesen worden, dass es, um gute Resultate zu erzielen, bei der Betonbereitung auf grosse Sorgfalt und Sachkenntnis in bezug auf die Auswahl der Materialien ankommt. Auch dass die letzteren rein sein müssen, wurde gebührend hervorgehoben und gilt dies ohne Einschränkung für den Kies, das Geschiebe und den Steinschlag, während der Sand oftmals durch das Waschen eine erhebliche Einbusse an Verwendungsfähigkeit erleidet, weil durch diese Operation die feineren und feinsten Sandteilchen herausgeschwemmt werden, die bei der Verkittung eine so hervorragende Rolle spielen. Den Wert eines Sandes nach dem Aussehen zu beurteilen, ist unmöglich; man tut daher besser, bevor man sich wegen eines etwaigen schmutzigen Aussehens dieses Materials zum Waschen desselben entschliesst, den aus dem ungewaschenen Sand und den anderen Zuschlägen hergestellten Beton auf seine Festigkeit zu untersuchen oder im Laboratorium des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten in Karlshorst bei Berlin oder in einer anderen Versuchsanstalt untersuchen zu lassen.

Ob man zur Betonbereitung Kies oder Schotter (Steinschlag) verwenden will, wird meist von örtlichen Umständen und Verhältnissen abhängen. Im grossen und ganzen sind die beiden Materialien ziemlich gleichwertig. Dort, wo es sich um die Herstellung dünner Betonschichten bis etwa 7 cm Stärke handelt, kommt natürlich nur Kies in Frage, weil es in solchen Fällen für die Steine an der nötigen „satten“ Einbettung mangelt. Dagegen ist der Schotter überall da am Platze, wo es auf grössere Festigkeit des Betonkörpers ankommt, wobei zu beachten sein wird, dass das verwandte Steinmaterial in dieser Richtung nicht hinter dem Portland-Mörtel zurückstehen darf. Am besten ist also der Schotter aus festem, dichtem Naturgestein (Kalkstein, Basalt und dergl.). Ziegelbrocken sind zwar zulässig, stehen aber dem Steinschlag in jeder Beziehung nach und sind dort, wo Frostbeständigkeit verlangt wird, wegen ihrer grossen Porosität unbrauchbar. Auf die letztere Eigenschaft bezw. die daraus resultierende grosse Wasseraufnahmefähigkeit ist bei ihrer Verarbeitung noch ganz besonders Rücksicht zu nehmen.

Die Grösse des Mörtelanteils in einer Betonmischung entspricht der Grösse der Hohlräume, welche die Steine zwischen sich lassen, zuzüglich einem gewissen Prozentsatz, den man für die „satte“ Umhüllung derselben rechnen muss, da sie sich ja nicht unmittelbar berühren dürfen; ebenso entspricht die Grösse des Cementanteils im Mörtel der Grösse der Hohlräume zwischen den Sandkörnern, wobei auch hier noch ein gewisser Zuschlag für satte Umhüllung zu erfolgen hat, der aber wegen des Wasserzusatzes zum Mörtel nur klein zu sein braucht. — Der Mörtelbedarf lässt sich bis zu einem gewissen Grade durch Stampfen herabziehen, weil durch diese Bearbeitung die einzelnen Stücke sich dichter aneinander lagern.

Der Bedarf an Portland-Cement für Betonmischungen verschiedenartiger Zusammensetzung wird meistens und am einfachsten durch Versuche ermittelt und zur bequemen Verwendung tabellarisch zusammengestellt. Die

für die gleichen Mischungsverhältnisse an verschiedenen Orten gefundenen Zahlen stimmen niemals ganz genau miteinander überein, was durch die Verschiedenartigkeit der jeweils verwendeten Materialien ja ohne weiteres erklärlich ist. Folgende Tabellen: a) des Heidelberger Cementwerkes, b) von R. Dyckerhoff enthalten Angaben über die Ausbeute an Stampfbeton unter Zugrundelegung von Rheinsand und Rheinkies für a), und bei Verwendung von einerseits Kies mit 35 %, andererseits Schotter mit 47 % Hohlräumen für b).

a) Tabelle über Ausbeute bei Stampfbeton verschiedener Mischungsverhältnisse, bei Anwendung von 2 R-T. Rheinkies, gemischt mit 1 R-T. Rheinsand.

NB. Kies hatte für die beiden ersten Mischungen 2-4 mm, für die anderen 2-15 mm Korngröße.

Mischungsverhältnis	Cement + Sand + Wasser gibt gestampften Beton			Verbrauch für 1 cbm fertigen Beton	
	u. Kies			Cement kg	Sand und Kies cbm
1:1	50 kg	+ 36 l	+ 12 l = 54 l	925	0,667
1:2	50 „	+ 72 „	+ 13 „ = 83 „	625	0,868
1:3	50 „	+ 108 „	+ 15 „ = 112 „	450	0,964
1:4	50 „	+ 144 „	+ 18,6 „ = 141 „	355	1,021
1:5	50 „	+ 180 „	+ 22,2 „ = 170 „	295	1,059
1:6	50 „	+ 216 „	+ 25,8 „ = 200 „	250	1,080
1:7	50 „	+ 252 „	+ 29,4 „ = 231 „	220	1,091
1:8	50 „	+ 288 „	+ 33 „ = 263 „	190	1,095
1:9	50 „	+ 324 „	+ 36,6 „ = 296 „	169	1,094
1:10	50 „	+ 360 „	+ 40,2 „ = 330 „	151	1,091
1:11	50 „	+ 396 „	+ 43,8 „ = 365 „	137	1,085
1:12	50 „	+ 432 „	+ 47,4 „ = 400 „	125	1,080

b) Tabelle von R. Dyckerhoff.

Mischungsverhältnis			Ausbeute	Bedarf für 1 cbm Stampfbeton				
Raumteile				Gewichtsteile				
Cement	Sand	Kies	1	Cement	Sand	Kies	1	
1	1	1		kg	1	1		1
100	200	400	440	318	250	450	900	
100	300	600	665	210	150	450	900	
100	400	800	885	158	115	450	900	
100	500	1000	1125	125	90	450	900	
100+100 {hydr. Kalk	600	1200	1345	{	105	75	450	900
					Kalk 45	75		
100	200	300	355	395	282	600	900	
100	300	450	500	280	200	600	900	
100	400	600	650	215	154	600	900	
100	500	750	835	168	120	600	900	
100+100 {hydr. Kalk	600	900	953	{	147	105	600	900
					Kalk 63	105		

Näheres über diesen Gegenstand nebst Berechnungsbeispielen ist in dem öfter zitierten Buche: „Der Portland-Cement und seine Anwendungen im Bauwesen“, dem auch die vorstehenden beiden Tabellen entnommen sind, sowie in gedrängter übersichtlicher Form in der kleinen Schrift von W. Castner: „Der Cement und seine rationelle Verwertung zu Bauzwecken“ (Leipzig, Carl Scholtze) zu finden.

§ 202.

Das Durcheinanderarbeiten des Mörtels und des Steinschlags geschieht, falls von Hand vorgenommen, in der Regel in Mörtelfannen und muss so lange fortgesetzt werden, bis alle Steine mit Mörtel umhüllt sind und die Masse eine durchaus gleiche Farbe zeigt. Die Mischung der Bestandteile des Betons wird auch noch auf andere Arten bewerkstelligt.

Stellenweise bedient man sich eines sogenannten Schlottes oder Fallwerkes (Fig. 202), wie solches zum erstenmal von B. Krantz bei dem Hafenaufbau von Algier angewandt wurde; es ist dies ein aus Brettern gefertigter senkrechter oder wenig geneigter Schlauch, in welchem in verschiedener Höhe zueinander vier ebenfalls aus Brettern hergestellte schiefe Ebenen angebracht sind, um die von oben eingefüllten Steine und den Mörtel, indem

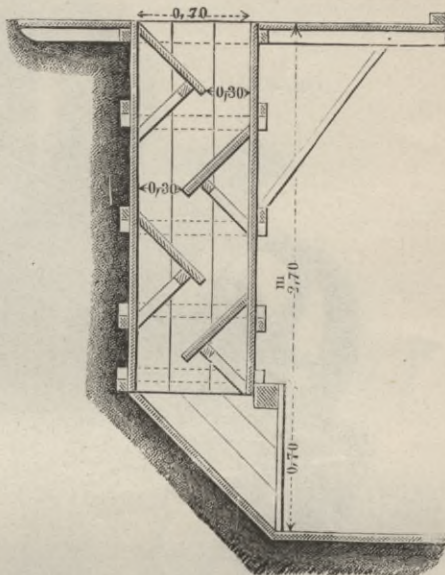


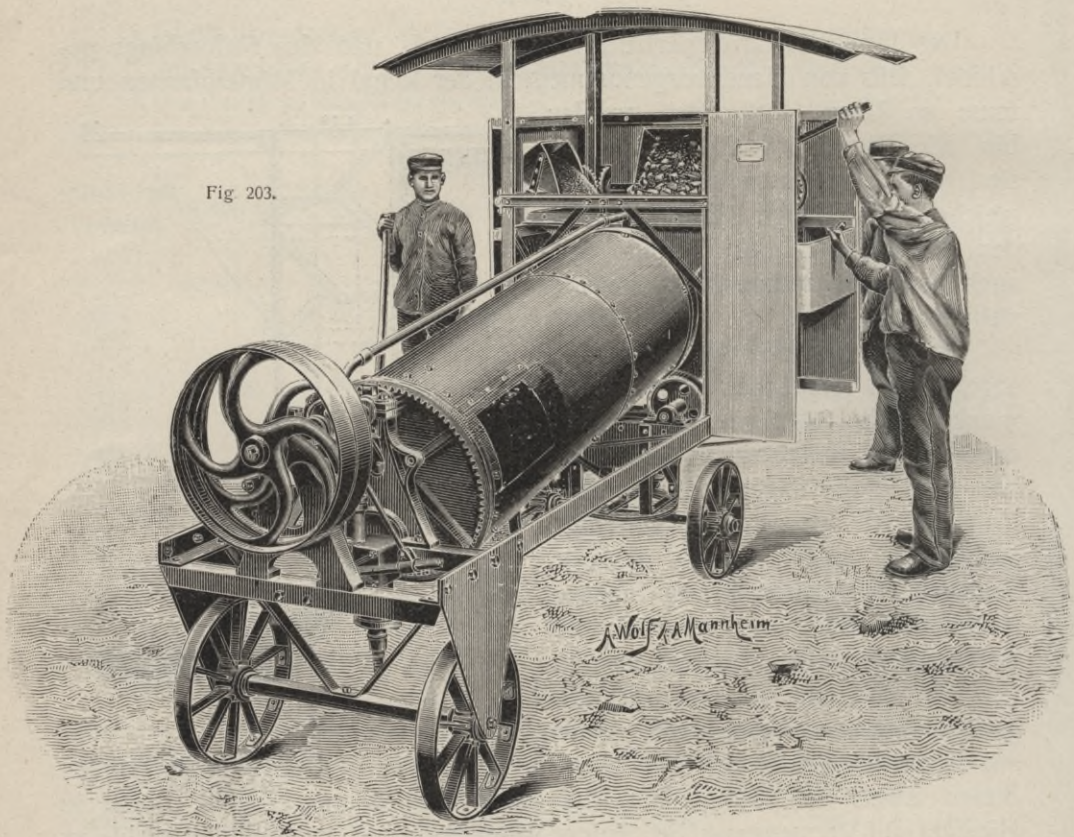
Fig. 202.

sie durch den Schlot heruntersinken, untereinander zu bringen. Sie erfüllen diesen Zweck so vollkommen, dass der unten herausgezogene Beton in Hinsicht auf Vermengung bei einiger Aufmerksamkeit im Einfüllen nichts zu wünschen übrig lässt. Die Steine und der Mörtel werden in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis in paarweise auffahrenden (ungleich grossen) Schiebkarren an die obere Mündung geschafft, an dem Rande derselben ausgeschüttet und von zwei Arbeitern gleichzeitig in den stets vollgehaltenen Schlot geschaufelt. Sehr zweckmässig ist es, wenn die Steinkarren dabei einen rostartigen, aus Latten oder Eisenstangen zusammengesetzten Boden haben, der allen etwaigen Unrat durchfallen lässt; auch ist es sehr gut, wenn sie vor ihrer Entleerung mit einem oder zwei Kübeln Wasser beschüttet werden, eine Vorsicht, die bei trockenem Wetter in allen Fällen zu empfehlen ist.

§ 203.

Die zur maschinenmässigen Herstellung des Betons dienenden Vorkehrungen sind entweder solche, wo das Mischen der Materialien durch freien Sturz oder solche, wo dieses durch die Wirkung von Mischflügeln erzielt wird.

In der ersten Kategorie unterscheidet man wieder Maschinen für ununterbrochenen Durchgang des Mörtelmaterials (Cylindersystem) und solche für



das Mischen abgemessener Quantitäten (Trommelsystem) und unter letzteren wieder solche, die nur für feines Material bestimmt sind und wo die Wirkung der groben Steinbrocken durch eine Anzahl eiserner Kugeln erzielt wird, die dem feinen Material beigegeben werden und beim Entleeren des Mixers in der Trommel zurückbleiben. Endlich sind noch sogenannte „Universal-Mischmaschinen“ für Materialien beider Arten (grobes und feines) im Gebrauch. Gemeinsam ist allen diesen Maschinen, dass zuerst ein Trockenmischen und darauf das Fertigmischen unter Zugabe von Wasser stattfindet.

Eine ununterbrochen wirkende Mischmaschine der Maschinenfabrik von Gauhe, Gockel & Co. in Oberlahnstein zeigt die Fig. 203. Sie wird sowohl für Hand als auch für maschinellen Antrieb geliefert und hat eine

Messvorrichtung am Fülltrichter, welche ein vorheriges Zurichten der Materialien überflüssig macht, da sie ein genaues Abmessen der einzelnen Bestandteile in bestimmtem und regulierbarem Verhältnis bewirkt, wodurch natürlich an Arbeitskräften ganz wesentlich gespart wird. Der Apparat wird in drei Grössen bis zu einer Tagesleistung von 70 cbm gebaut.

§ 204.

Nach dem Trommelsystem ist die in Fig. 204 dargestellte Patent-Betonmaschine derselben Firma konstruiert. Sie besteht aus einer durch einen

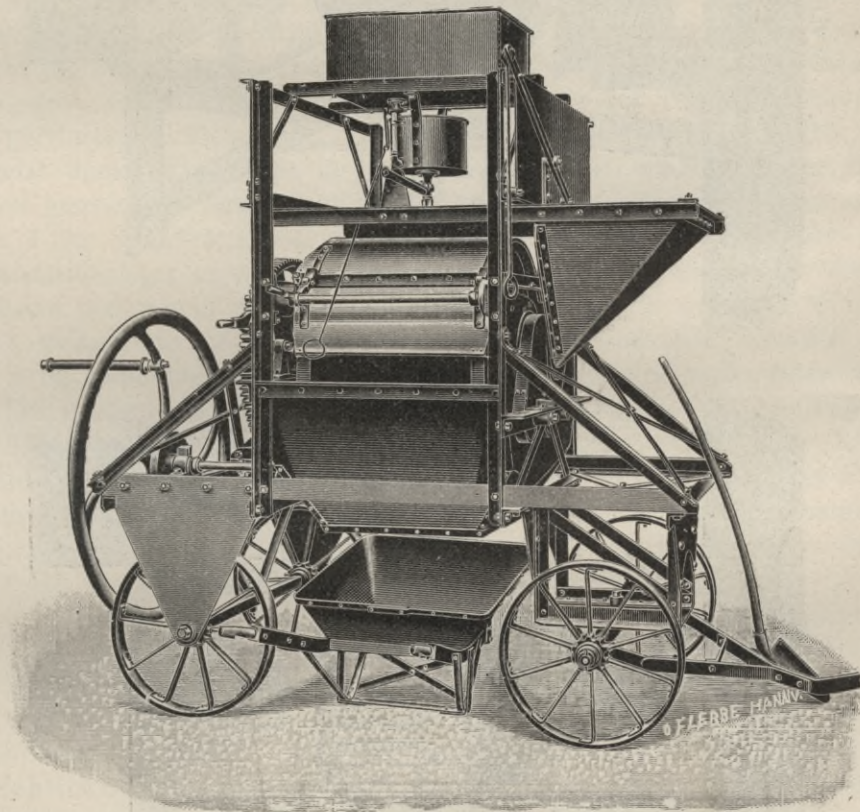


Fig. 204.

Deckel verschliessbaren Tommel, dem Fülltrichter, Wasserkasten mit Abfüllvorrichtung und Leitung, den Antriebsteilen und einem das Ganze tragenden Gestell. Durch das Vorhandensein eines Vorfülltrichters werden Betriebspausen gänzlich vermieden, da dieser schon mit frischem Material gefüllt wird, während die Maschine noch die vorhergehende Füllung mischt. Das Mischen erfolgt durch die Drehung der Trommel, wobei auf der Trommelachse sitzende Schaufeln die Mischwirkung unterstützen. Nachdem die Trockenmischung beendet ist, wird der Masse das notwendige Quantum Wasser zugesetzt und darauf die Trommel, während des Ganges und ohne diesen zu stören, durch eine sinnreiche Vorrichtung entleert.

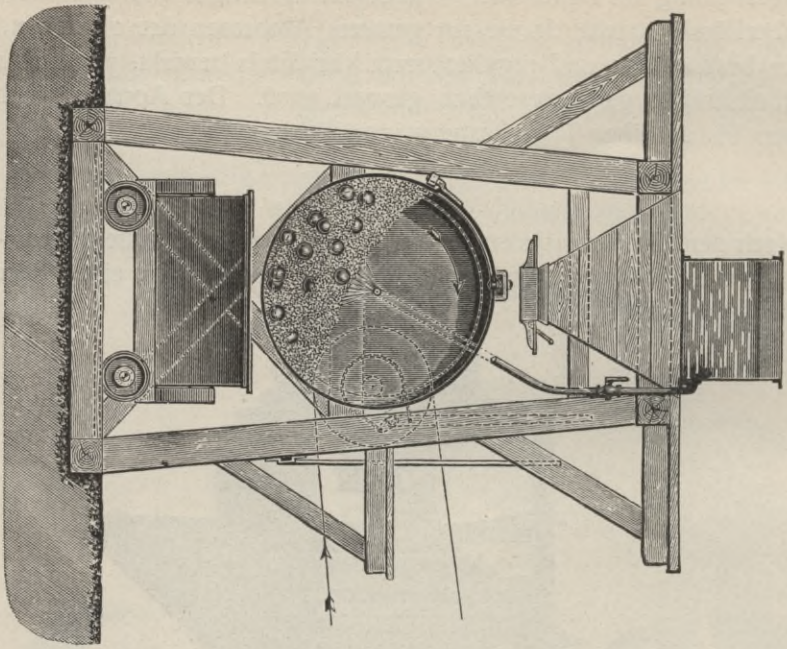


Fig. 205.

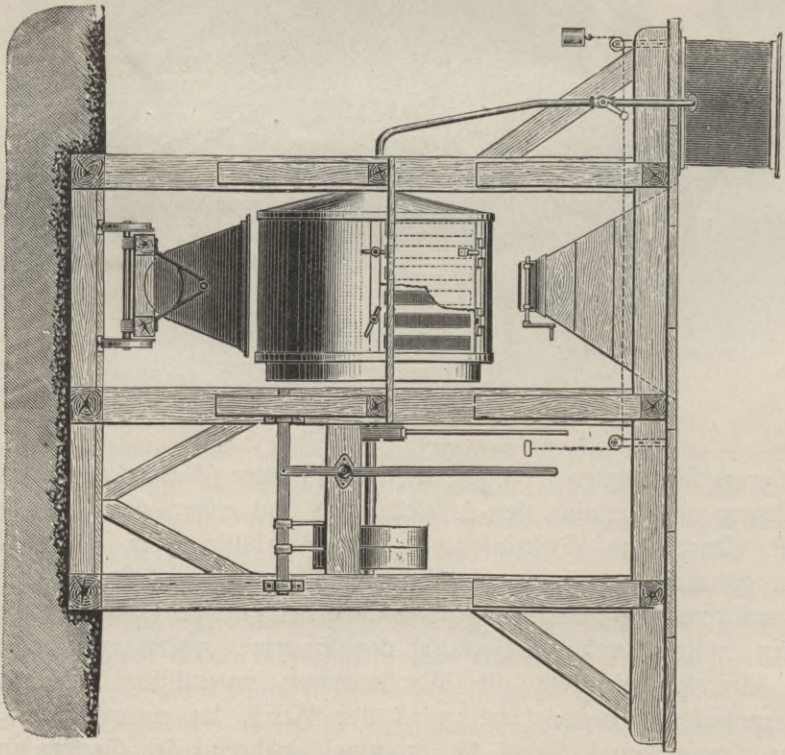


Fig. 206.

Diese Maschine wird bis zu Tagesleistungen von 400 cbm gebaut, fahrbar oder stationär eingerichtet, mit oder ohne Hebewerk geliefert.

Eine gleichfalls nach dem Trommelsystem konstruierte Mischmaschine, bei der jedoch die Mischwirkung durch eine Anzahl geschmiedeter und gehärteter Stahlkugeln aufs Kräftigste unterstützt wird, entstammt der Maschinenfabrik Geislingen in Geislingen a. St. und wird durch Fig 205 und 206 veranschaulicht. In dem Mantel der schmiedeeisernen Trommel, die an den Stirnseiten durch gusseiserne Deckel verschlossen ist, befindet sich ein Rost, der nach aussen zu abgeschlossen werden kann und dessen Spaltweise derart bemessen ist, dass sie wol dem Betonmaterial, nicht aber den Kugeln den Durchtritt gestattet. Oberhalb der Trommel ist der Fülltrichter angebracht, in den die abgemessenen Quantitäten Cement, Sand und Kies in einer Menge aufgegeben werden, welche der zulässigen Füllung der Trommel entspricht. Bei geöffnetem Schieber des Trichters und Deckel des Rostes fällt das Material durch die Spalten in das Trommelinnere, worauf Schieber und Deckel geschlossen werden und die Trommel in Umdrehung gesetzt wird. Nach 1 bis 2 Minuten trockener Durchmischung lässt man aus dem mit Wasserstandszeiger versehenen Reservoir die entsprechende Menge Wasser zufließen und mischt die feuchte Masse daraufhin noch weitere 2 Minuten durch, worauf man die Maschine stillsetzt, den Verschlussdeckel aufmacht und den fertig gemischten Beton in den untergefahrenen Rollwagen fallen lässt.

Der Apparat wird in zwei Grössen gebaut; Grösse No. I für eine Füllung von 1 cbm im Gewichte von 2100 kg mit 40 Kugeln von 120 mm Durchmesser. Die Leistung beträgt bis 70 cbm in 10 Stunden bei 5 bis 6 PS. Kraftbedarf. Grösse No. II für eine Füllung von 0,35 cbm leistet natürlich entsprechend weniger (ungefähr den dritten Teil von I) bei einem Kraftverbrauch von etwa 2 PS.

§ 205.

Als Vertreter der zweiten Kategorie von Betonmaschinen, d. i. solchen, bei welchen die Mischung in einem feststehenden Troge mittelst der Einwirkung rotierender Schaufeln erfolgt, sei die Konstruktion von C. Schlickeysen, Berlin-Rixdorf, angeführt. Sie ist in Fig. 207 bildlich dargestellt und wie aus dieser ersichtlich, besteht die Maschine aus einem grossen und einem kleineren Mischcylinder, in welchen sich Wellen drehen, die mit entsprechend geformten Flügeln oder Schaufeln besetzt sind. Das Füllen mit Sand und Cement findet am hinteren Einwurf des kleinen Mischcylinders statt; es muss in gleichmässigem Tempo geschehen und bedient man sich dabei am besten kleiner Messgefässe für jedes der beiden Materialien. Das Sand- und Cementgemisch, dem kurz vor dem Austritt aus dem kleinen Cylinder das nötige Wasser zugesetzt werden kann, fällt in den grossen Mischcylinder, wo ihm der Steinschlag beigegeben wird. Der im Bilde erkennbare Rost ist dazu da, um zu grosse Steinstücke zurückzuhalten. Die fertige Betonmasse fällt kontinuierlich einem Elevator zu, wird von diesem in die Rollwagen gehoben und mittelst dieser zur Verwendungs-

stelle gebracht. Die Mischung erfolgt auf dieser Maschine in sehr kräftiger Weise, trotzdem ist der Kraftverbrauch ein sehr mässiger. Er beträgt bei dem grössten Modell, welches 20 cbm in der Stunde herzustellen vermag, 10 PS. und bei dem kleinsten Modell mit einer Leistung von 3 cbm in der Stunde 3 PS. Letzteres wird auch für Handbetrieb eingerichtet. Der Elevator wird nur auf besonderen Wunsch mitgeliefert, doch empfiehlt sich seine Anschaffung in jedem Falle, da man andernfalls genötigt ist, den Mischapparat, entsprechend der Höhe der Transportwagen für das fertige Gut, auf ein Gerüst zu setzen und die Rohmaterialien auf dieses hinaufzuheben.

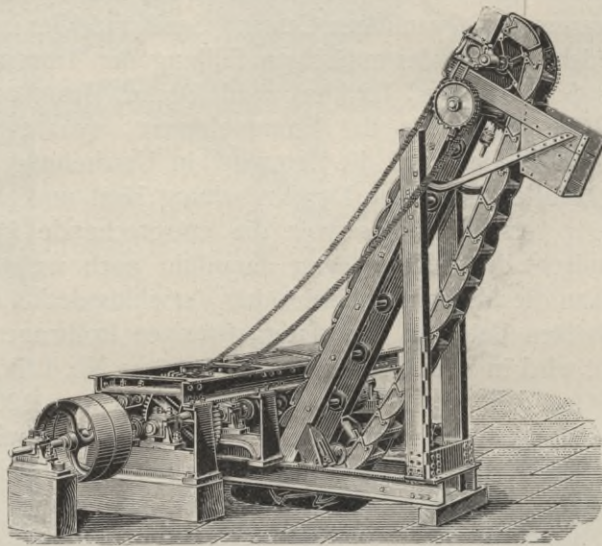


Fig. 207.

Die Universal-Mischmaschine der Maschinenfabrik von Gaulhe, Gockel & Co., Oberlahnstein, kommt in der Konstruktion der Kugel-Mischmaschine gleich (Trommelsystem). Nach dem Entfernen der Kugeln und Einsetzen von Wendeschaukeln stellt sie sich als eine Beton-Mischmaschine für grobes Material dar. Man wird sich dieses sehr praktischen Apparates also überall dort bedienen, wo die Verarbeitung feiner sowol als auch grober Mischungen in Frage kommt. Es sei noch bemerkt, dass das Einsetzen der Schaufeln sowie das Einbringen bezw. Entfernen der Kugeln nur geringe Zeit in Anspruch nimmt.

§ 206.

Nachdem der Beton gemengt ist, kommt es, wenn er zu Bauten unter Wasser verwendet werden soll, darauf an, ihn auf die Sohle der Baugrube zu versenken. Eine wesentliche Bedingung dabei ist die, dass der noch weiche Beton möglichst wenig mit dem Wasser in Berührung kommt

und noch weniger von einem heftigen Strom getroffen wird, denn ein solcher würde die Cementteilchen des Mörtels ausspülen und sonach ein späteres Erhärten der Masse unmöglich machen. Diese Bedingung erfordert vor allem ein ruhiges Wasser über der Baugrube, weshalb dieselbe, wenn sie nicht schon von einem Fangdamm umgeben ist, durch eine leichte Wand, welche wenigstens das heftige Durchströmen des Wassers verhindert, geschützt sein muss. Würde man den Beton durch das Wasser frei herabfallen lassen, so würde er ebenfalls ausgespült werden, es ist dies sonach ganz unzulässig.

Das Versenken des Betons muss entweder mit einem trichterförmigen Rohr geschehen, das bis zur Oberfläche der darzustellenden Betonlage herabreicht; oder es kann in Kästen bewirkt werden, die langsam herabgelassen, und wenn sie dicht über dem Boden schweben, umgekehrt oder auf eine andere Art entleert werden. Wird der Beton in Trichtern versenkt, so müssen diese auf einer festen Rüstung aufgestellt sein und, wie erwähnt, bis zur Oberfläche der zu bildenden Schicht herabreichen; schüttet man alsdann den Beton hinein, so wird derselbe unter dem Trichter eine abgestutzte Pyramide bilden, deren obere Grundfläche mit der untern Öffnung des Trichters übereinstimmt und deren Seitenflächen der Böschung entsprechen, welche der Beton unter Wasser annimmt. Hat der so begrenzte Körper sich gebildet, so hört das weitere Ausfliessen des Betons aus dem Trichter auf und nur wenn letzterer verschoben wird, so stellt sich aufs Neue eine Anschüttung dar und dehnt den pyramidalen Körper in derjenigen Richtung weiter aus, wohin der Trichter verschoben wurde. Auf solche Art lässt sich durch das Fortfahren des Trichters auf einer wagerechten Bahn ein ganzer Streifen Beton quer über die Baugrube darstellen, und wenn man hierauf wieder die ganze Bahn soweit seitwärts schiebt, dass die untere Mündung des Trichters von der Oberfläche des bereits dargestellten Streifens vortritt, und lässt nun wieder den Trichter langsam über die Bahn sich bewegen, so legt sich ein zweiter Streifen neben den ersten, so dass auf diese Art die ganze Sohle der Baugrube nach und nach mit Beton bedeckt oder die ganze Betonlage regelmässig hergestellt werden kann. Der Abstand des Trichters von dem Boden der Baugrube gibt die Stärke der Betonlage. Soll die Betonlage eine grössere Stärke als 1 und 2 m erhalten, so wird sie nicht auf einmal dargestellt, sondern in mehreren Schichten, wovon jede die erforderliche Stärke hat. Dabei müssen die oberen Schichten so angeordnet werden, dass eine Art von Verband stattfindet. Hat die Baugrube keine grössere Breite als 10 m, so kann man leicht zu beiden Seiten derselben, und zwar ihrer Länge nach, Pfähle einrammen und darauf eine wagerechte Bahn legen; der Trichter ruht auf einem Wagen und lässt sich auf diesem ebenfalls hin- und herbewegen.

Ist die Breite der Baugrube so bedeutend, dass die Wagen, worauf die Trichter gehen, sich nicht mehr gegen ein starkes Einbiegen sichern lassen, so muss man entweder den Trichter auf Fahrzeuge legen oder zur Versenkung des Betons mit Betonkasten seine Zuflucht nehmen.

Bei den Trichtern ist noch zu bemerken, dass sie immer bis über die Oberfläche des Wassers mit Beton angefüllt bleiben müssen, damit einestheils der gehörige Druck auf den eben versenkten Beton ausgeübt wird und andernteils auch das Material, während es in die Trichter geschüttet wird, nicht durch das Wasser hindurchfällt. Zur ersten Füllung des Trichters bedient man sich entweder einer einfachen Rutsche oder einer engeren, aus Brettern zusammengenagelten Röhre. An der unteren Mündung des Trichters sind zwei Walzen angebracht; diese dienen dazu, den versenkten Beton zu verdichten und zu ebenen, und zwar kommt bei der abwechselnden Bewegung des Trichters jedesmal die Walze in Wirksamkeit, welche dem Trichter folgt. Im allgemeinen zeigt die Versenkung des Betons mit dem Trichter keine besonderen Nachteile und ist für die meisten Fälle zu empfehlen.

§ 207.

Beim Versenken des Betons in Kästen ist die erste Bedingung die richtige Stellung des (mit luftdichten Fässern flottgemachten) Arbeitsflosses. Am zweckmässigsten verfährt man, wenn man das Arbeitsfloss behufs der Steuerung an zwei unter rechten Winkeln über die Baugrube gespannten Seilen befestigt und dann, um mit dem Betonschütten in einer der Ecken der Baugrube zu beginnen, reihenweise vorwärts rückt und eine Stelle nicht eher verlässt, als bis die Betonschicht ihre vorgeschriebene Mächtigkeit erlangt hat. Um möglichst bald an die verlassenen Stellen zurückzukommen, sind die Reihen nach der Breite, nicht nach der Länge der Gruben anzulegen. Die Kästen sind mit Löchern versehen, um beim Eintauchen dem Wasser von unten Eintritt zu verschaffen; auch müssen sie von oben langsam niedergelassen werden, damit nicht das Wasser über ihnen mit Gewalt zusammenschlägt und den Mörtel ausspült. Eine weitere wesentliche Vorsicht ist, den auf den Grund gelassenen Kasten in derjenigen Richtung umzuwenden, dass beim Überschlagen ihre obere Mündung sich gegen den bereits liegenden Beton kehrt, weil sonst der herausfallende Beton über die Böschung des an Ort und Stelle liegenden älteren hinuntergleitet und sich gleichfalls verwäscht.

Die zum Einsenken der Kästen erforderliche Mannschaft besteht gewöhnlich aus 2 Versenkern und 5 oder 6 Arbeitern an den Kurbeln der Versenkswelle, könnte aber mittelst eines an der letzteren anzubringenden Bremsrades wol auf die Hälfte verringert werden. Wird der Beton, wie dies im allgemeinen zulässig und rätlich scheint, im Akkord hergestellt, so wird die Abrechnung am besten auf die Zahl der eingesenkten Kästen gegründet.

Die Kästen sollen so gross wie nur möglich gemacht werden, um das nahe Zusammenlegen von Trennungsschichten (die sich bei dieser Arbeitsweise zur Gänze überhaupt nicht vermeiden lassen) zu umgehen. Das Material, aus dem man die Kästen herstellt, kann Holz oder Eisen sein. Von einem gewissen Fassungsraum ab werden die eisernen Kästen leichter als die hölzernen, sie sind auch wegen ihrer grösseren Dauerhaftigkeit mehr zu empfehlen als die letzteren. Von grosser Wichtigkeit ist bei den Kästen der

Bodenverschluss, welcher leicht und sicher und mittelst einfacher Hilfsmittel auszulösen zu sein muss.

Anstatt Kästen sind stellenweise Säcke zum Schütten unter Wasser benutzt worden. Diese haben vor den ersteren den Vorzug grösserer Handlichkeit, auch passen sie sich etwaigen Unebenheiten in der Betonschüttung leichter an als Kästen. Das Material, aus dem man die Säcke herstellt, ist geteerte Leinwand; sie sind an beiden Seiten offen und ihr Unterteil wird durch eine eigenartige Schlinge zugeschnürt. Durch einen Zug von oben erfolgt die Öffnung der Schlinge und Entleerung des Sackes.

§ 208.

Über das Versetzen von Betonblöcken ist nur zu sagen, dass dabei ähnlich wie beim Versetzen von Steinblöcken, Quadern und dergl. verfahren wird. Kleinere Blöcke werden in Taue geschlungen, wobei man die Kanten des Blockes durch Bretterbeilage vor etwaigem Ausbrechen bewahren muss. Grosse und schwere Blöcke erfordern besondere Vorkehrungen zum Anhängen an den Lasthaken des Windewerks, welche Zangen oder auch Wölfe genannt werden und die meistens derart konstruiert sind, dass starke Hebel, in entsprechende Aussparungen des Blockes eingreifend, durch das Blockgewicht gegen den Rand der Aussparung gepresst und beim Aufsetzen des Blockes ausgelöst werden, worauf man sie mit der Kette oder dem Seil wieder hochzieht.

Diese Anhängenvorrichtungen sind entbehrlich, wenn man in den Betonblöcken Löcher ausspart, durch welche man starke Anker zieht und die unten in viereckigen Nuten endigen. Die Anker tragen oben eine Öse zur Aufnahme des Windenseils, unten sind sie mit einem länglichen Vierkantkopf versehen, welcher durch Drehen um 90° unter die Nutvorsprünge fasst und somit das Gewicht des Blockes aufnimmt. Durch Rückdrehung um 90° geht der Anker frei und kann aus dem Block herausgezogen werden.

§ 209.

Das Stampfen des Betons hat unter Beobachtung gewisser Regeln zu geschehen. Hauptsächlich ist wichtig die Form, Grösse und Gewicht des Stampfers. Die Unterfläche desselben ist glatt, mit gebrochenen Kanten oder wellenförmig herzustellen, letzteres zu dem Zwecke, um das Ausweichen der Betonmassen zu verhindern (was übrigens nur bei sehr mageren Mischungen eintreten kann). Die Form der Unterfläche muss sich der Begrenzung des Betonkörpers anschliessen, sie wird also meist viereckig sein. Um ein Stampfen in schiefer Richtung unmöglich zu machen, werden Stiel und Stampfer miteinander gelenkig verbunden. Die Unterfläche nimmt man bei hölzernen, mit Eisen beschlagenen Stampfern mit 20×20 cm, bei solchen, die ganz aus Eisen bestehen, mit 12×12 cm. Das Gewicht (inkl. Stiel) schwankt zwischen 10 und 15 kg. Stellenweise, wenn die Arbeiten sehr umfangreich sind, wendet man auch maschinell betriebene Stampfer an, die in der

Anordnung ziemlich identisch sind mit den bei der Goldgewinnung zahlreich in Verwendung stehenden Pochwerken. Das Stampfergewicht nimmt man dann natürlich bedeutend grösser (bis zu 120 kg) und richtet den Apparat so ein, dass er sich nach Vollendung einer gewissen, regulierbaren Anzahl von Schlägen selbsttätig um eine Stampferbreite weiterbewegt. Die Festigkeiten, die man durch die Bearbeitung mit derart schweren Stampfern erzielt, sind selbst bei sehr mageren Mischungen ganz beträchtlich.

§ 210.

Wenn man auf die Anfänge der Cementwarenfabrikation zurückgeht, findet man, dass zur Herstellung der Cementwaren ursprünglich meist rasch bindender Roman-Cement verwendet wurde, den man in Breiform in Holz- oder Gipsformen eingoss und auf diese Weise einfachere Bauverzierungen, Krippen, Röhren und dergl. herstellte. Die auf so primitive Weise erzeugten Fabrikate waren naturgemäss nicht im stande, höheren Ansprüchen zu genügen und so blieb das Verwendungsgebiet derselben lange Zeit ein eng begrenztes, bis auch hier die Fortschritte in der Fabrikation des Portland-Cementes eine gründliche Wandlung schufen. Schon im Eingang zu dem Kapitel über Beton haben wir auf die rapide Entwicklung der deutschen Betonindustrie hingewiesen; im folgenden wollen wir versuchen, dem Leser einen Überblick über das grosse Gebiet der Cementwarenfabrikation im engeren Sinne zu geben, die ja nur einen — allerdings beträchtlichen — Teil der Betonindustrie im allgemeinen darstellt.

Als allgemeine Regel für alle Zweige dieser Fabrikation ist anzusehen, dass für Cementwaren nur langsam bindender Portland-Cement und Sand von besonders guter, gleichmässiger Beschaffenheit in Betracht kommt. Da an die meisten Cementwaren die Anforderung eines hervorragend guten Aussehens gestellt wird, so ist es üblich, die äussere Schicht aus einer fetteren, die Füllung aus einer magereren Mischung herzustellen, zu ersterer ausserdem noch feineren Sand zu verwenden, der aber unter allen Umständen scharf sein muss. Für die Aussenflächen reinen, ungemischten Cement zu verwenden, ist bei Stücken, die äusseren Einflüssen ausgesetzt sind, direkt schädlich, bei den anderen zum mindesten nicht zu empfehlen. In manchen Fällen (bei der Platten- und Fliesenfabrikation z. B.) muss auch noch die Bedingung gestellt werden, dass der Cement in verarbeitetem Zustande weder Flecken noch Ausschläge zeigt. Bei der Formengebung ist auf die geringe Zug- und Biegefestigkeit des Cementes gebührend Rücksicht zu nehmen.

Das übliche Mischungsverhältnis für bessere Waren ist 1:3 bis 1:6. Der Mörtel wird nicht mehr eingegossen, sondern meistens eingestampft oder gepresst und die Wasserzugabe wird auf das zulässige Mindestmass eingeschränkt, wodurch höhere Festigkeit, Dichte und Gleichmässigkeit erzielt wird.

Eines der Hauptgebiete, die sich der Cementwareindustrie im Laufe der Zeiten — allerdings erst nach Überwindung vieler Schwierigkeiten — erschlossen haben, ist die Herstellung von Röhren und Kanalleitungen für die Kanalisation grosser Städte. Dazu hat vor allem die Möglichkeit

beigetragen, die Rohre und Kanäle in jeder praktisch in Frage kommenden Form und Grösse und mit bedeutender Genauigkeit herzustellen. Man erzeugt dünnwandige und dickwandige Rohre und Kanäle, letztere wegen ihres grösseren Gewichtes nur bis zu einem Durchmesser von 1 m bzw. bei eiförmigen Röhren $1 \times 1,5$ m. Die dünnwandigen Rohre erhalten Eisengeflechteinlage, sind bedeutend leichter als die dickwandigen und werden demzufolge in viel grösseren Abmessungen — bis 2 m Durchmesser — gefertigt.

Cementdielen und Cementbretter haben den Vorzug grosser Tragfähigkeit (namentlich solche mit Eiseneinlage) bei verhältnismässig geringem Gewicht und namentlich dort, wo es auf rasches Bauen ankommt und auf die rasche Herstellung bewohnbarer, trockener Räume, werden sie sehr geschätzt. Erstere werden in Abmessungen von 50×50 oder 50×100 cm bei einer Dicke von 4 bis 16 cm, letztere 1,75 bis 3,5 cm dick bei 1 bis 2 m Länge und 0,25 bis 0,4 m Breite hergestellt.

Dachpfannen und Dachfalzziegel werden auf Pressen hergestellt und vielfach mit wetterfesten, farbigen oder schwarzen Anstrichen versehen.

Kunstsandsteine werden als volle Quadern und Platten oder aber als Hohlsteine und Hohlplatten angefertigt, aus einer Mischung von 1 Cement zu $\frac{1}{2}$ Luftkalk zu 5 bis 8 Teilen Sand; dort, wo besonders glatte Flächen oder scharfkantige Formen vorgeschrieben sind, wird dieses durch einen „Vorguss“ aus einer fetteren Mischung erreicht. Die Hinterfüllung wird eingestampft. Der fertig geformte Stein wird 1 bis 2 Tage in der Form belassen und sodann unter täglich mindestens einmaliger Benetzung einige Wochen in einem dunklen, feuchten Raume aufbewahrt. Hohlquadern und Hohlplatten haben vor den vollen den Vorzug grösserer Leichtigkeit und Handlichkeit, auch erhärten sie rascher.

Bunte Fliesen sind entweder einfarbig oder gemustert. Sie werden in eisernen Formen mittelst hydraulischer oder Handpressen hergestellt. Die Farbschicht (gefärbtes Cementpulver) wird in dünner Lage durch Schablonen gesiebt und darauf die Füllung (Normalmörtel 1:3) aufgetragen. Es sind nur Mineralfarben verwendbar, da organische Farben von den Alkalien des Cementes zerstört werden. Von den gebräuchlichen bzw. für diesen Zweck zulässigen Farbstoffen ist schon weiter oben ausführlich die Rede gewesen. Terrazzo und Mosaikfliesen werden mit Hilfe von bunten Steinstückchen oder Würfelchen aus gebranntem Ton, Glas, Marmor und dergl. hergestellt.

Mosaikfussböden aus Cement bestehen aus drei Schichten, einer untersten starken Betonschicht, einer schwachen Verputzschicht, auf welche das Ornament vorgezeichnet wird und aus einer schwachen Deckschicht. Die Konturen des Ornamentes werden mit Mörtel nachgezogen und in diesen werden die bunten Steine eingedrückt, die Zwischenräume werden gleichfalls mit Mörtel ausgefüllt und die Oberfläche wird nach dem Erhärten einmal oder nach Bedarf mehrere Male geschliffen.

Gehwegsplatten werden gleich den Fliesen in eisernen Formen angefertigt; ihre obere Seite muss sehr hohe Abnutzungsfestigkeit zeigen und

daher besonders sorgfältig hergestellt werden. Letzteres gilt auch von den Estrichen für Gehwege, Ställe, Fabrikräume u. s. w.

Von grosser Bedeutung ist ferner die Anwendung des Betons als Bettungsunterlage für Asphalt- und Holzpflaster. Die Schicht wird mit 18 bis 20 cm Dicke ausreichend stark und kann in ganz magerer Mischung genommen werden (1:10). Die Betonunterlage hat sich namentlich bei Asphalt, weil dieser an Cement sehr gut haftet, vorzüglich bewährt, weniger beim Holzpflaster, wenn nicht sehr grosse Sorgfalt dabei entwickelt wird. An dieser Stelle muss auch des Cementmakadams Erwähnung getan werden, der von der Portland-Cementfabrik „Stern“ erfunden und eingeführt worden ist. Auf einer 10 bis 15 cm starken Kiesbetonschicht (1:10) wird nach deren Erhärten, also nach 4 bis 6 Tagen, eine 6 bis 8 cm starke Schotterbetonschicht aufgetragen, wobei zu beachten, dass zum Steinschlag nur allhärtestes Gestein genommen wird, also Granit, Basalt und dergl. Die obere Schicht wird gestampft oder eigentlich „gerammt“ und ist nach 14tägiger Erhärtung verwendungsfähig. Die Oberfläche ist nicht ganz eben und glatt, was dem manchmal recht gefährlich glatten Asphaltpflaster gegenüber als erheblicher Vorzug angesehen werden muss. Auch im übrigen hat sich der „Stern-Makadam“ ausgezeichnet bewährt.

Es würde zu weit führen, alle die hunderterlei Verwendungsarten des Betons in der Cementwarenfabrikation hier zu beschreiben; wenn wir nur noch erwähnen, dass zu den Erzeugnissen derselben zählen: Sockel und Mauerabdeckungen, Verkleidungen für Säulen, Saumschwellen, Prellsteine, Krippen, Rinnen, Badewannen, Brunnenringe, Schornsteinrohre und ähnliches mehr und dass alle schmückenden Bauteile, mögen sie nun Säulen, Fenster- und Portalumrahmungen, Bekrönungen, Giebelornamente, Medaillons, Füllungen und dergl. heissen, gefällig im Ansehen, dauerhaft, gut und billig hergestellt werden, so glauben wir den Gegenstand zwar lange nicht erschöpft, wohl aber den Umfang dessen, was heute unter Cementwarenfabrikation zu verstehen ist, in den Hauptzügen festgestellt zu haben.

Ausführlichere Belehrung darüber, sowie über alles was Beton heisst, ist in dem von Dr. Schumann und Prof. Büsing meisterhaft geschriebenen Werke „Der Portland-Cement und seine Anwendungen im Bauwesen“ (Berlin, Ernst Toeche) zu finden.

C. Die Beton-Eisen-Bauweise.

§ 211.

Die heutige, vielgestaltige Beton-Eisen-Bauweise ist in ihrer Entstehung auf Monier zurückzuleiten, einen Pariser Gärtner, der um 1861 grosse Pflanzkübel aus Cement mit Eiseneinlagen herstellte; diese Methode, als sie sich da bewährt hatte, auch auf andere Gegenstände als: Wasserbehälter, Decken, Balken und sonstige Baukonstruktionsteile übertrug und somit als der Erfinder und Begründer dieser Bauweise anzusehen ist. In Deutschland

war es Ingenieur G. A. Wayss, der im Besitze der käuflich erworbenen Monier-Patente im Verein mit seinem Mitarbeiter, dem Regierungsbaumeister Koenen (jetzigen Direktor der Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monierbau in Berlin), das „System Monier“ nach allen Richtungen hin ausgestaltete, wobei Koenen das grosse Verdienst zuzusprechen ist, dass er durch die von ihm zuerst aufgestellten Berechnungsmethoden die wissenschaftliche Grundlage für die neue Bauweise schuf und die Bahn für deren rationelle Entwicklung freilegte. Seitdem sind — namentlich in Frankreich — zahlreiche andere Systeme entstanden (bisher über 200), ein Beweis dafür, dass mit der Beton-Eisen-Bauweise eine tatsächlich bestehende Lücke in glücklichster und vollendetster Weise ausgefüllt worden ist.

Unter dem Begriff der Beton-Eisen-Konstruktion werden alle jene Konstruktionen zusammengefasst, welche derart aus Portland-Cementbeton in Verbindung mit Eisen hergestellt werden, dass beide sich innig miteinander verbindenden Stoffe zu gemeinsamer statischer Wirkung gegen äussere Beanspruchungen gelangen. Hierbei gilt als Grundgesetz, dass der Beton hauptsächlich die Druckkräfte, das Eisen, die Zugspannungen aufnehmen soll. *)

Die Vorzüge dieser Bauweise sind auf folgenden Tatsachen begründet:

- a) Der Beton schützt das von ihm umhüllte Eisen am vollkommensten gegen Rost.
- b) Die Adhäsion des Portland-Cementbetons am Eisen ist sehr bedeutend (40 bis 47 kg/qcm).
- c) Die Ausdehnungskoeffizienten von Eisen und Beton sind nahezu gleich gross, sie betragen nach Versuchen von Bonniceau für 1° C.:
0,00001235 für Stabeisen,
0,00001370 für Portland-Cementbeton.
- d) Der Portland-Cementbeton ist als Umhüllung von Eiseneinlagen im stande, bei Zugbeanspruchungen solche Dehnungen auszuführen, als es die volle Ausnutzung der Zugfestigkeit des eingelegten Eisens verlangt.

§ 212.

Es würde den Rahmen dieses Buches weit überschreiten, wollten wir auch nur die Namen aller in Verwendung stehenden Systeme der Cement-Eisen-Bauweise auführen; wir müssen uns vielmehr darauf beschränken, einzelne Typen herauszugreifen und dem Leser durch Skizzen und kurze Beschreibung zu erläutern.

1. System Monier. Bei einer frei aufliegenden, auf Biegung beanspruchten Platte, erfahren die oberen Schichten Druckspannungen, während die unteren gezogen werden. Die Zugfestigkeit des Betons ist bekanntlich bedeutend kleiner ($\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{14}$) als dessen Druckfestigkeit. Monier legt daher die Eisenstäbe möglichst nach unten, aber so, dass sie noch voll-

*) Die Deutsche Portland-Cement- und Beton-Industrie, Düsseldorf 1902.

ständig im Beton eingebettet bleiben (Fig. 208). Ausser den „Tragstäben“ sind noch senkrecht zu diesen „Verteilungsstäbe“ angeordnet, welche den Zweck haben, die Tragstäbe während der Herstellung der Decke in ihrer Lage zu erhalten und die senkrecht zu den Tragstäben infolge von Wärmeänderungen entstehenden Spannungen aufzunehmen.

2. System Hyatt (Fig. 209). Die Tragstäbe sind hochkantig gestellte Flacheisen mit Löchern, durch welche die Verteilungs-Rundeisenstäbe hindurchgesteckt werden.

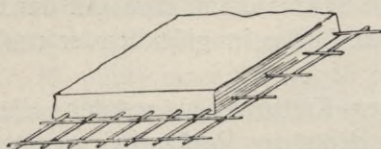


Fig. 208.

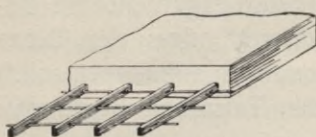


Fig. 209

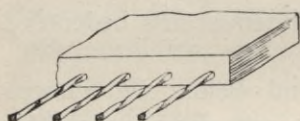


Fig. 210.

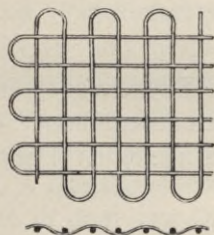


Fig. 211.

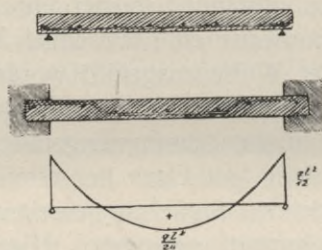


Fig. 212.

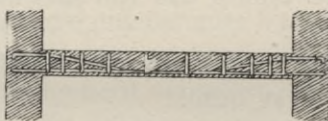


Fig. 213.



Fig. 214.

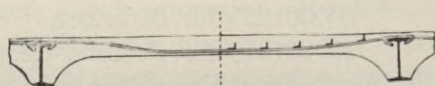


Fig. 215.

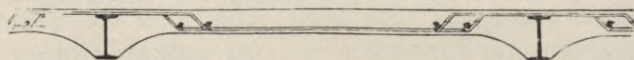


Fig. 216.

3. System Ransome (Fig. 210) kommt ohne Verteilungsstäbe aus, gestaltet die Tragstäbe aber schraubenförmig verwunden, wodurch das Gleiten derselben im Beton verhindert wird.

4. Beim System Coignet (Fig. 211) sind Trag- und Verteilungsstäbe zu einem Netzwerk verflochten.

Je nach der Art der Beanspruchung der Decken müssen auch die Eiseneinlagen verschieden gelegt werden, immer aber unter Beobachtung des bereits weiter oben betonten Fundamentalsatzes der Beton-Eisen-Bauweise: dass die Eiseneinlage den Zweck hat, den Beton von Zugbeanspruchungen zu entlasten. So sind die Konstruktionen von Monier (Fig. 212), Hennebique (Fig. 213, 214), Koenen und Wilson zu verstehen, die für ruhende,

über die Felder gleichmässig verteilte Belastung gedacht sind. Ist letzteres nicht der Fall, die Belastung beweglich und in den Feldern ungleich, so genügen diese einfachen Armierungen nicht mehr; an ihre Stelle treten dann die Konstruktionen Fig. 215 und Fig. 216, welche letztere eine Gelenkeisendecke mit gegliederten Einlagen darstellt (D. R.-P. 109964).

Durch Verbindung der Platte mit dem tragenden Unterzug entsteht der Plattenbalken; auch für diesen, ebenso wie für Säulen, Gewölbe u. s. w. sind zahlreiche Systeme in Anwendung: Hennebique, Sanders, Pavin de Laforge, Lefort u. s. w. u. s. w., wegen deren Beschreibung und bildlicher Darstellung auf die Fachliteratur hingewiesen werden muss.

XXVI.

Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement.

A. Deutsche Normen.

Aufgestellt vom Verein deutscher Portland-Cementfabrikanten
und bestätigt durch Erlass vom 28. Juli 1887 vom Königlich
Preussischen Ministerium für Handel, Gewerbe und
öffentliche Arbeiten.

Begriffserklärung von Portland-Cement.

Portland-Cement ist ein Produkt, entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und tonhaltigen Materialien als wesentlichen Bestandteilen bis zur Sinterung und darauf folgende Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit.

I. Verpackung und Gewicht.

In der Regel soll Portland-Cement in Normalfässern von 180 kg brutto und ungefähr 170 kg netto und in halben Normalfässern von 90 kg brutto und ungefähr 83 kg netto verpackt werden. Das Bruttogewicht soll auf den Fässern verzeichnet sein.

Wird der Cement in Fässern von anderem Gewicht oder in Säcken verlangt, so muss das Bruttogewicht auf diesen Verpackungen ebenfalls durch deutliche Aufschrift kenntlich gemacht werden.

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

Die Fässer und Säcke sollen ausser der Gewichtsangabe auch die Firma oder die Fabrikmarke der betreffenden Fabrik mit deutlicher Schrift tragen.

Begründung zu I.

Im Interesse der Käufer und des sicheren Geschäfts ist die Durchführung eines einheitlichen Gewichts dringend geboten. Hierzu ist das weitaus

gebräuchlichste und im Weltverkehr fast ausschliesslich geltende Gewicht von 180 kg brutto = ungefähr 400 Pfund englisch gewählt worden.

II. Bindezeit.

Je nach Art der Verwendung kann Portland-Cement langsam oder rasch bindend verlangt werden.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche erst in zwei Stunden oder in längerer Zeit abbinden.

Erläuterungen zu II.

Um die Bindezeit eines Cementes zu ermitteln, rühre man den reinen langsam bindenden Cement drei Minuten, den rasch bindenden eine Minute lang mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glasplatte durch nur einmaliges Aufgeben einen etwa 1,5 cm dicken, nach den Rändern hin dünn auslaufenden Kuchen. Die zur Herstellung dieses Kuchens erforderliche Dickflüssigkeit des Cementbreies soll so beschaffen sein, dass der mit einem Spatel auf die Glasplatte gebrachte Brei erst durch mehrmaliges Aufstossen der Glasplatte nach den Rändern hin ausläuft, wozu in den meisten Fällen 27 bis 30 % Anmachwasser genügen. Sobald der Kuchen soweit erstarrt ist, dass derselbe einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht, ist der Cement als abgebunden zu betrachten.

Für genaue Ermittlung der Bindezeit und zur Feststellung des Beginns des Abbindens, welche (da der Cement vor dem Beginn des Abbindens verarbeitet sein muss) bei rasch bindenden Cementen von Wichtigkeit ist, bedient man sich einer Normalnadel von 300 g Gewicht, welche einen cylindrischen Querschnitt von 1 qmm Fläche hat und senkrecht zur Achse abgeschnitten ist. Man füllt einen auf eine Glasplatte gesetzten Hartgummiring von 4 cm Höhe und 8 cm lichtem Durchmesser mit dem Cementbrei von der oben angegebenen Dickflüssigkeit und bringt denselben unter die Nadel. Der Zeitpunkt, in welchem die Normalnadel den Cementkuchen 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 Cement durch die Temperatur der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflusst wird, insofern hohe Temperatur dasselbe beschleunigt, niedrige Temperatur es dagegen verzögert so empfiehlt es sich, die Versuche, um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, bei einer mittleren Temperatur des Wassers und der Luft von 15 bis 18° C. vorzunehmen.

Während des Abbindens darf langsam bindender Cement sich nicht wesentlich erwärmen, wohingegen rasch bindende Cemente eine merkliche Wärmeerhöhung aufweisen können.

Portland-Cement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft. Die noch vielfach herrschende Meinung, dass Portland-Cement bei längerem Lagern an

Güte verliere, ist daher eine irrige, und es sollten Vertragsbestimmungen, welche nur frische Ware vorschreiben, in Wegfall kommen.

III. Volumbeständigkeit.

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

Erläuterungen zu III.

Zur Ausführung der Probe wird der zur Bestimmung der Bindezeit angefertigte Kuchen bei langsam bindendem Cement nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser gelegt. Bei rasch bindendem Cement kann dies schon nach kürzerer Frist geschehen. Die Kuchen, namentlich von langsam bindendem Cement, müssen bis nach erfolgtem Abbinden vor Zugluft und Sonnenschein geschützt werden, am besten durch Aufbewahren in einem bedeckten Kasten oder auch unter nassen Tüchern. 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 Cementes an, d. h. es findet infolge einer Volumvermehrung ein Zerklüften des Cementes unter allmählicher Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhanges statt, welches bis zu gänzlichem Zerfallen des Cementes führen kann.

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

IV. Feinheit der Mahlung.

Portland-Cement soll so fein gemahlen sein, dass eine Probe desselben auf einem Siebe von 900 Maschen auf den Quadratcentimeter höchstens 10 v. H. Rückstand hinterlässt. Die Drahtstärke des Siebes soll die Hälfte der Maschenweite betragen.

Begründung und Erläuterungen zu IV.

Zu jeder einzelnen Siebprobe sind 100 g Cement zu verwenden.

Da Cement 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 Cement gemahlen war (weil dann mehr Teile des Cementes zur Wirkung kommen), so ist die feine Mahlung des Cementes von nicht zu unterschätzendem Werte. Es scheint daher angezeigt, die Feinheit des Kornes durch ein feines Sieb von obiger Maschenweite einheitlich zu prüfen.

Es wäre indessen irrig, wollte man aus der feinen Mahlung allein auf die Güte eines Cementes schliessen, da geringe weiche Cemente weit eher

sehr fein gemahlen vorkommen, als gute scharf gebrannte. Letztere aber werden selbst bei gröberer Mahlung doch in der Regel eine höhere Bindekraft aufweisen, als die ersteren. Soll der Cement mit Kalk gemischt verarbeitet werden, so empfiehlt es sich, hart gebrannte Cemente von einer sehr feinen Mahlung zu verwenden, deren höhere Herstellungskosten durch wesentliche Verbesserung des Mörtels ausgeglichen werden.

V. Festigkeitsproben.

Die Bindekraft von Portland-Cement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Die Prüfung soll auf Zug- und Druckfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen, und zwar mittelst Probekörpern von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Apparaten.

Daneben empfiehlt es sich, auch die Festigkeit des reinen Cementes festzustellen.

Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 40 qcm Fläche vorzunehmen.

Begründung zu V.

Da man erfahrungsgemäss aus den mit Cement ohne Sandzusatz gewonnenen Festigkeitsergebnissen nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand schliessen kann, namentlich wenn es sich um Vergleichung von Portland-Cementen aus verschiedenen Fabriken handelt, so ist es geboten, die Prüfung von Portland-Cement auf Bindekraft mittelst Sandzusatz vorzunehmen.

Die Prüfung des Cementes ohne Sandzusatz empfiehlt sich namentlich dann, wenn es sich um den Vergleich von Portland-Cementen mit gemischten Cementen und anderen hydraulischen Bindemitteln handelt, weil durch die Selbstfestigkeit die höhere Güte bzw. die besonderen Eigenschaften des Portland-Cementes, welche den übrigen hydraulischen Bindemitteln abgehen, besser zum Ausdruck gelangen, als durch die Probe mit Sand.

Obleich das Verhältnis der Druckfestigkeit zur Zugfestigkeit bei den hydraulischen Bindemitteln ein verschiedenes ist, so wird doch vielfach nur die Zugfestigkeit als Wertmesser für verschiedene hydraulische Bindemittel benutzt. Da ferner die Mörtel in der Praxis in erster Linie auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen werden, so kann die massgebende Festigkeitsprobe nur die Druckprobe sein.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräte zu benutzen, wie sie bei der Königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin in Gebrauch sind.

VI. Zug- und Druckfestigkeit.

Langsam bindender Portland-Cement soll bei der Probe mit drei Gewichtsteilen Normsand auf einen Gewichtsteil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — einen Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimalzugfestigkeit von 16 kg auf den Quadratcentimeter haben. Die Druckfestigkeit soll mindestens 160 kg auf den Quadratcentimeter betragen.

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

Begründung und Erläuterungen.

Da verschiedene Cemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Cemente eine Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältnis wird angenommen: drei Gewichtsteile Sand auf einen Gewichtsteil Cement, da mit drei Teilen Sand der Grad der Binfähigkeit bei verschiedenen Cementen in hinreichendem Masse zum Ausdruck gelangt.

Cement, welcher eine höhere Zugfestigkeit bezw. Druckfestigkeit zeigt, gestattet in vielen Fällen einen grösseren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie oft schon wegen seiner grösseren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Die massgebende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe nach 28 Tagen, weil in kürzerer Zeit, beim Vergleich verschiedener Cemente, die Bindekraft nicht genügend zu erkennen ist. So können z. B. die Festigkeitsergebnisse verschiedener Cemente bei der 28-Tagesprobe einander gleich sein, während sich bei einer Prüfung nach sieben Tagen noch wesentliche Unterschiede zeigen.

Als Prüfungsprobe für die abgelieferte Ware dient die Zugprobe nach 28 Tagen. Will man jedoch die Prüfung schon nach 7 Tagen vornehmen, so kann dies durch eine Vorprobe geschehen, wenn man das Verhältnis der Zugfestigkeit nach sieben Tagen zur 28-Tagefestigkeit an dem betreffenden Cement ermittelt hat. Auch kann diese Vorprobe mit reinem Cement ausgeführt werden, wenn man das Verhältnis der Festigkeit des reinen Cementes zur 28-Tagefestigkeit bei drei Teilen Sand festgestellt hat.

Es empfiehlt sich, überall da, wo dies zu ermöglichen ist, die Festigkeitsproben an zu diesem Zwecke vorrätig angefertigten Probekörpern auf längere Zeit auszudehnen, um das Verhalten verschiedener Cemente auch bei längerer Erhärtungsdauer kennen zu lernen.

Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muss überall Sand von gleicher Korngrösse und gleicher Beschaffenheit benutzt werden. Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, dass man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen auf den Quadratcentimeter siebt, dadurch die grössten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sande mittelst eines Siebes von 120 Maschen auf den Quadratcentimeter noch die feinsten Teile entfernt. Die Drantstärke der Siebe soll 0,38 mm bezw. 0,32 mm betragen.

Da nicht alle Quarzsande bei der gleichen Behandlungsweise die gleiche Festigkeit ergeben, so hat man sich zu überzeugen, ob der zur Verfügung stehende Normalsand mit dem unter der Prüfung des Vorstandes des Deutschen Cementfabrikanten-Vereins gelieferten Normalsande, welcher auch

von der Königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin benutzt wird, übereinstimmende Festigkeitsergebnisse gibt.

Beschreibung der Proben zur Ermittlung der Zug- und Druckfestigkeit.

Da es darauf ankommt, dass bei Prüfung desselben Cementes 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 zehn Probekörper anzufertigen.

Anfertigung der Cementsandproben. Zugproben.

Die Zugprobekörper können entweder durch Handarbeit oder durch maschinelle Vorrichtungen hergestellt werden.

a) Handarbeit. Man legt auf eine zur Anfertigung der Proben dienende Metall- oder starke Glasplatte fünf mit Wasser getränkte Blättchen Fliesspapier und setzt auf diese fünf mit Wasser angetzte Formen. Man wiegt 250 g Cement und 750 g trockenen Normalsand ab und mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander. Hierauf bringt man 100 cbcm = 100 g reines süßes Wasser hinzu und arbeitet die ganze Masse fünf Minuten lang tüchtig durch. Mit dem so erhaltenen Mörtel werden die Formen unter Eindrücken auf einmal so hoch angefüllt, dass sie stark gewölbt voll werden. Man schlägt nun mittelst eines eisernen Spatels von 5 auf 8 cm Fläche, 35 cm Länge und im Gewicht von ungefähr 250 g den überstehenden Mörtel anfangs schwach und von der Seite her, dann immer stärker, so lange in die Formen ein, bis derselbe elastisch wird und an seiner Oberfläche sich Wasser zeigt. Ein bis zu diesem Zeitpunkt fortgesetztes Einschlagen von etwa einer Minute auf die Form ist unbedingt erforderlich. Ein nachträgliches Aufbringen und Einschlagen von Mörtel ist nicht statthaft, weil die Probekörper aus demselben Cement an verschiedenen Versuchstellen gleiche Dichten erhalten sollen. — Man streicht nun das die Form überragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche. Man lässt die Form vorsichtig ab und setzt die Probekörper in einem mit Zink ausgeschlagenen Kasten, der mit einem Deckel zu bedecken ist, um ungleichmässiges Austrocknen der Proben bei verschiedenen Wärmegraden zu verhindern. 24 Stunden nach der Anfertigung werden die Probekörper unter Wasser gebracht, und man hat nur darauf zu achten, dass dieselben während der ganzen Erhärtungsdauer vom Wasser bedeckt bleiben.

b) Maschinenmässige Anfertigung. Nachdem die mit dem Füllkasten versehene Form auf der Unterlagsplatte durch die beiden Stellschrauben festgeschraubt ist, werden für jede Probe 180 g des wie in a) hergestellten Mörtels in die Form gebracht, und wird der eiserne Formkern eingesetzt. Man gibt nun mittelst des Schlagapparates von Dr. Böhme mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge auf den Kern.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kerns wird der Probekörper abgestrichen und geglättet, samt der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im übrigen behandelt, wie unter a).

Bei genauer Einhaltung der angegebenen Vorschriften geben Handarbeit und maschinenmässige Anfertigung gut übereinstimmende Ergebnisse. In streitigen Fällen ist jedoch die maschinenmässige Anfertigung die massgebende.

Druckproben.

Um bei Druckproben an verschiedenen Versuchsstellen zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, ist maschinenmässige Anfertigung erforderlich.

Man wiegt 400 g Cement und 1200 g trockenen Normsand ab, mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander, bringt 160 cbcm = 160 g Wasser hinzu und arbeitet den Mörtel fünf Minuten lang tüchtig durch. Von diesem Mörtel füllt man 860 g in die mit Füllkasten versehene und auf die Unterlagsplatte aufgeschraubte Würfelform. Man setzt den eisernen Kern in die Form ein und gibt auf denselben mittelst des Schlagapparates von Dr. Böhme mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kerns wird der Probekörper abgestrichen und geglättet, mit der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im übrigen behandelt wie unter a).

Anfertigung der Proben aus reinem Cement.

Man ölt die Formen auf der Innenseite etwas ein und setzt dieselben auf eine Metall- oder Glasplatte (ohne Fliesspapier unterzulegen). Man wiegt nun 1000 g Cement ab, bringt 200 g = 200 cbcm Wasser hinzu und arbeitet die Masse (am besten mit einem Pistill) fünf Minuten lang durch, füllt die Formen stark gewölbt voll und verfährt wie unter a). Die Formen kann man jedoch erst dann ablösen, wenn der Cement genügend erhärtet ist.

Da beim Einschlagen des reinen Cementes Probekörper von gleicher Festigkeit erzielt werden sollen, so ist bei sehr feinem oder bei rasch bindendem Cement der Wasserzusatz entsprechend zu erhöhen.

Der angewandte Wasserzusatz ist bei Nennung der Festigkeitszahlen stets anzugeben.

Behandlung der Proben bei der Prüfung.

Alle Proben werden sofort bei der Entnahme aus dem Wasser geprüft. Da die Zerreißungsdauer von Einfluss auf das Resultat ist, so soll bei der Prüfung auf Zug die Zunahme der Belastung während des Zerreißens 100 g in der Sekunde betragen. Das Mittel aus den zehn Zugproben soll als die massgebende Zugfestigkeit gelten.

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

Ergänzung und Abänderung der Cementprüfungsnormen.

Zufolge Antrages des Vereines deutscher Portland-Cementfabrikanten und auf Befürwortung durch die mechanisch-technische Versuchsanstalt wurden die Vorschriften für die Anfertigung der Cementsandproben (Zugproben und Druckproben) im Absatz VI der Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement vom 28. Juli 1887 durch folgende Bestimmungen ersetzt:

a) Mischen des Mörtels.

Das Mischen des Mörtels aus einem Gewichtsteil Cement und drei Gewichtsteilen Normalsand soll mit der Mörtelmischmaschine, Bauart Steinbrück-Schmelzer, wie folgt geschehen: 500 g Cement und 1500 g Normalsand werden zunächst trocken mit einem leichten Löffel in einer Schüssel eine halbe Minute lang gemischt. Dem trockenen Gemisch wird die vorher zu bestimmende Wassermenge zugesetzt. Die feuchte Masse wird abermals eine halbe Minute lang gemischt, dann in den Mörtelmischer gleichmässig verteilt und durch 20 Schalenumdrehungen bearbeitet.

b) Bestimmung des Wasserzusatzes.

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

Trockene Mörtelgemische in oben angegebener Menge werden beim ersten Versuch mit 160 g (8%) und, wenn nötig, beim zweiten Versuch mit 200 g (10%) Wasser angemacht und im Mörtelmischer, wie vorgeschrieben, gemischt.

860 g des fertig gemischten Mörtels werden in die Druckform, deren Aufsatzkasten am unteren Rande mit zwei Nuten 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 Cementbrei auszufließen beginnt.

Das Mittel aus drei Versuchskörpern mit gleichem Wasserzusatz ist massgebend und gilt sowohl für Anfertigung der Zug- als auch der Druckproben.

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.

Die Beurteilung des Wasseranspruchs nach dem Schlammaustritt bei Zugproben ist unzuverlässig.

c) Herstellung der Probekörper.

Die Anfertigung der Probekörper aus Normenmörtel für die Zug- und Druckversuche soll wie folgt geschehen:

180 g des vorschriftsmässig gemischten Mörtels werden in die Normalzugformen und 860 g Mörtel in die Normalwürfelformen gebracht und im Hammerapparat (Bauart Böhme) mit Festhaltung (Bauart Martens) unter Anwendung von 150 Schlägen eingeschlagen.

Die aus 500 g Cement und 1500 g Normalsand angemachte Mörtelmenge reicht zur Anfertigung von zwei Zugproben und zwei Druckproben aus.

Die Körper werden mit der Form auf nicht absaugender Unterlage in feucht gehaltene bedeckte Kästen gebracht und die Zugproben nach etwa einer halben Stunde, die Druckproben nach etwa 20 Stunden entformt; 24 Stunden nach erfolgter Herstellung kommen die Körper aus den Kästen unter Wasser von 15–18° C., aus dem sie erst unmittelbar vor der Prüfung entnommen werden dürfen.

B. Auszug aus den Schweizer Normen.

(Nach Prof. L. v. Tetmajer.)

- a) Einheitliche Benennung der zur Mörtelbereitung gebrauchten Bindemittel.

I. Luftkalk (Chaux grasse).

Luftkalke sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von Kalksteinen gewonnen werden und die, mit Wasser benetzt, sich meist unter erheblicher Wärmeentwicklung und Volumenvergrößerung gänzlich zu Pulver löschen. Nach örtlichen Verhältnissen werden die Luftkalke in Stückform oder hydratisiert, in Pulverform, in den Handel gebracht.

Bemerkungen.

Alle gebrannten kristallinisch körnigen oder dichten Kalksteine, die beim Löschen unter erheblicher Wärmeentwicklung und Volumenvergrößerung (Gedeihen) in ein mehlig-weiches Pulver (Kalkhydrat, Staubhydrat) zerfallen, liefern Luftkalk.

Beim Löschen geht der Ätzkalk zunächst in pulverförmiges Kalkhydrat, bei weiterer Wasserzufuhr in einen Brei über. Durch noch weiteren Wasserzusatz wird Kalkmilch erzeugt.

Vor der Verwendung ist Kalkbrei einzusumpfen, damit unaufgeschlossene Teilchen sich nachträglich löschen und zerfallen können.

Der Kalkbrei wird dadurch gleichmässiger, dichter, geschmeidiger und vor allem zuverlässiger; eingesumpfter Luftkalkbrei verliert die Tendenz, sich nachträglich zu blähen und treibrissig zu werden.

Durch das Trockenlöschverfahren wird pulverförmiger Luftkalk, d. h. Kalkhydrat in Staubform, erzeugt. Auch als Nebenprodukt bei Fabrikation des schweren hydraulischen Kalkes (Separationsverfahren), wird ein mehr oder weniger magerer, pulverförmiger Luftkalk gewonnen. Die nach ört-

lichen Verhältnissen in wechselnden Mengen vorhandenen Hydraulefaktoren steigern die an sich vorteilhafte Verwendung des pulverförmigen Luftkalkes im aufgehenden Mauerwerk des Hochbaues.

Der Luftmörtel erhärtet in feuchtem Zustande durch Aufnahme der Kohlensäure der Luft allmählich fortschreitend von aussen nach innen. Im Wasser löst sich der Luftkalk auf.

II. Hydraulische Kalke (Chaux hydraulique).

Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von Kalkmergeln oder Kieselkalcken gewonnen werden und, mit Wasser benetzt, sich ohne erhebliche Volumenveränderung ganz oder teilweise zu Pulver löschen.

Nach örtlichen Verhältnissen werden hydraulische Kalke in Stückform oder hydratisiert, in Mehlform, in den Handel gebracht.

Bemerkungen.

Vor eintretender Verschlackung der Oberfläche gar gebrannte Kalkmergel oder Kieselkalke, die beim Löschen unter mässiger Wärmeentwicklung und mässigem Gedeihen teilweise oder ganz zu Pulver zerfallen, liefern hydraulische Kalke.

Beim Ablöschen des gebrannten Materials wird der freie Ätzkalk in pulverförmiges Kalkhydrat verwandelt, welchem je nach chemisch-physikalischer Beschaffenheit des Rohmaterials und Ausfall des Brandes auch die Hydraulefaktoren ganz oder teilweise beigemischt sein können. Häufig bleibt ein Teil der letzteren in gröberen Stücken zurück, die sodann für sich oder gemeinsam mit dem zerfallenen Materiale auf geeigneten Mahlvorrichtungen zerkleinert werden müssen.

Hydraulischer Kalk, der beim Ablöschen bloss teilweise in Pulver zerfällt, sollte in Stückform nicht in den Handel gebracht werden.

Der pulverförmige hydraulische Kalk ist erdig-körnig, hellgelblich mit Übergängen ins Graue. Angemacht erwärmt sich der hydraulische Kalk nicht; er bindet stets langsam, oft erst nach Ablauf von 24 Stunden ab und besitzt die Eigenschaft, bei mit der Zeit wachsender Festigkeit luft- und wasserbeständig zu sein. Das spezifische Gewicht des hydraulischen Kalkes liegt meist unter 2,9, sein Glühverlust steigt in der Regel über 8 %.

Hydraulischer Kalk kann zu langsam fortschreitenden Luft- und Wasserbauten, die keine hohe Anfangfestigkeit fordern, verwendet werden. Zu Wasserbauten eignet sich hydraulischer Kalk insbesondere dann, wenn der Einwirkung des Wassers eine angemessen lange Luftherärtung vorausgeht.

III. Romancemente (Ciment romain).

Romancemente sind Erzeugnisse, welche aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Wasser sich nicht löschen, daher durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müssen.

Bemerkungen.

Vor eintretender Sinterung, bezw. vor eintretender Verschlackung gar gebrannte Kalkmergel bestimmter chemisch-physikalischer Beschaffenheit geben Romancemente. Der Einwirkung der Atmosphärien ausgesetzt oder mit Wasser benetzt, zerfällt das gebrannte Material erst nach längerer Lagerung und dann nur teilweise, muss daher stets auf geeigneten Mahlvorrichtungen zerkleinert werden. Das Mahlgut ist erdig-körnig; die Farbe gelblich mit Abstufungen ins Röthlichbraune. Angemacht, erwärmt sich der Romancement je nach Beschaffenheit des Rohmaterials, Behandlung der gebrannten Steine, Dauer der Lagerung und dergl. mehr sehr verschieden. Ebenso variieren seine Abbindeverhältnisse; in den meisten Fällen beginnt die Erhärtung der Romancements schon nach wenigen Minuten.

Romancements müssen an der Luft wie unter Wasser volumenbeständig sein, sie dürfen weder treiben noch zerfallen. Das spezifische Gewicht der Romancements variiert und erreicht nur ausnahmsweise 3,0, der Glühverlust steigt selten über 5 %.

Romancements finden überall Verwendung, wo es sich um Dichten, Trockenlegen und rasche Formgebung, in zweiter Linie um Festigkeit handelt.

IV. Portlandcemente (Ciment portland).

Portlandlandcemente sind Erzeugnisse, welche aus Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen ton- und kalkhaltiger Materialien durch Brennen bis zur Sinterung und darauffolgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden, und auf die Gewichtseinheit hydraulischer Bestandteile mindestens 1,7 Gewichtsteile Kalkerde enthalten.

Zur Regulierung technisch wichtiger Eigenschaften der Portland-Cemente ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2 % des Gewichtes ohne Änderung des Namens zulässig.

Bemerkungen.

Spezifisches Gewicht des scharf gebrannten Portland-Cementes beträgt in der Regel mehr, des schwächer gebrannten weniger als 3,1; der Glühverlust liegt bei ersterem meist unter 2, bei letzterem meist bis 5 %.

V. Hydraulische Zuschläge (Puzzolanen; Gangue hydraulique).

Hydraulische Zuschläge sind künstliche oder natürliche Stoffe, welche nicht selbständig, sondern in Verbindung mit Ätzkalk hydraulisch erhärten.

Bemerkungen.

Zu den hydraulischen Zuschlägen gehören eine Reihe jüngerer Eruptivgesteine: der aus geeignetem vulkanischen Tuffe (Trasssteine) erzeugte Trass, die Puzzolan- und Santorinerde, der Paperino, ferner die basischen Hochofenschlacken, gebrannte Tone und andere Tonerde- und Kieselpräparate.

VI. Puzzolan-Cemente (Ciment pouzzolane).

Puzzolan-Cemente sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung pulverförmiger Kalkhydrate mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen (Puzzolanen im allgemeinen) gewonnen werden.

Bemerkungen.

Gemenge staubfein zerkleinerter Zuschläge mit pulverförmigem Kalkhydrat können hydraulische Mörtelbildner geben, welche je nach Beschaffenheit des Zuschlagmaterials, die technisch wichtigen Eigenschaften der geschätztesten Cemente zu erreichen vermögen.

Cemente dieser Kategorie sind unter Angabe des verwendeten Grundstoffs, also z. B. als „Schlackencement, Trasscement etc.“ zu bezeichnen.

Entsprechend fabrizierte Puzzolancemente verlieren die sandig-erdige Beschaffenheit ihrer Komponenten; sie werden mehlig weich. Die Farbe der Puzzolancemente entspricht der Farbe des verwendeten hydraulischen Zuschlages. Angemacht erwärmen sich Puzzolancemente nicht und binden in der Regel langsam ab. Richtig fabrizierte Puzzolancemente treiben nicht, sie besitzen dagegen die Neigung zu Trocken- und Schwindungsrissen.

Die Schlackencemente, als die einzige, derzeit fabrikmässig erzeugte Spezies der Puzzolancemente sind zu allen langsam fortschreitenden Arbeiten unter Wasser oder in feuchter Atmosphäre brauchbar, welche keine besonders hohe Anfangsfestigkeit des Bindemittels fordern. Ähnlich dem Trassmörtel eignen sich gute Schlackencemente infolge der geringfügigen Schlamm-bildung insbesondere zur direkten Betonage im Wasser. An der Luft verlieren sie infolge Schwindrissigkeit und Verlust an Hydratwasser an Kraft. Zu Konstruktionen an der Luft, die der mechanischen Abnutzung unterworfen sind, sind Schlackencemente im allgemeinen nicht geeignet.

Das spezifische Gewicht der Schlackencemente liegt meist unter 2,8; der Glühverlust schwankt zwischen 5 und 10%.

VII. Gemischte Cemente (Ciment mixte).

Gemischte Cemente sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung fertiger Cemente mit geeigneten Zuschlägen gewonnen werden.‡

Bemerkungen.

Zur Steigerung der Geschmeidigkeit, der Adhäsion, der Wasserundurchlässigkeit, der Sandkapazität, beziehungsweise zur fabrikmässigen Darstellung zuverlässiger, qualitativ ausreichender wohlfeiler Bindemittel für spezielle Zwecke, können fertigen Cementen irgend welcher Art nachträglich fremde, zweckentsprechende Stoffe zugemischt werden.

Bindemittel dieser Kategorie sind nach dem Grundstoffe unter Angabe der Gattung des Zuschlages ausdrücklich als gemischte Cemente zu benennen und zu fakturieren.

b) Einheitliche Bestimmungen
für die Lieferung und Prüfung hydraulischer Bindemittel.

I. Bezeichnung.

Gemäss der einheitlichen Nomenklatur sind die hydraulischen Bindemittel folgendermassen bezeichnet in den Handel zu setzen:

1. Hydraulischer Kalk (Chaux hydraulique).

Hierher gehören:

der leichte hydraulische Kalk (Chaux hydraulique légère ou mixte);
der schwere hydraulische Kalk (Chaux hydraulique lourde).

2. Roman-Cement (Ciment romain).

Je nach den Abbindeverhältnissen soll Roman-Cement als schnell oder langsam bindend bezeichnet werden.

3. Portland-Cement (Ciment-Portland).

Hierher gehören:

der natürliche Portland-Cement (Ciment-Portland naturel);
der künstliche Portland-Cement (Ciment-Portland artificiel).

Cementfabrikanten, die Portland-Cemente mit verschiedener Bindezeit fabrizieren, sind verpflichtet, dieselben durch geeignete Marken auf der Verpackung kenntlich zu machen.

4. Hydraulische Zuschläge (Puzzolanen; Gangues hydrauliques).

Hierher gehören:

der Trassstein oder der gemahlene Steintrass (Trass);
die Puzzolanerde (Pouzzolane);
die Santorinerde (Terre de Santorin);
die basischen Hochofenschlacken (Laitier de hauts fourneaux); etc.

5. Schlacken-Cement (Ciment de laitier),

als die einzige derzeitig fabrikmässig erzeugte Sorte der Puzzolancemente (Ciment de pouzzolane).

6. Gemischte Cemente (Ciment mixte).

Z. B.: der gemischte Portland-Cement (Ciment-Portland mixte); u. d. m.

II. Verpackung und Gewicht.

Mit Ausnahme sich vollkommen löschender hydraulischer Kalke sind sämtliche hydraulischen Bindemittel in Pulverform in Säcken oder Fässern verpackt mit Preisstellung von 100 kg in den Handel zu bringen.

Das Bruttogewicht eines Sackes soll 50, dasjenige eines Fasses 200 kg betragen.

III. Abbindeverhältnisse.

Die im Handel vorkommenden hydraulischen Bindemittel sind rasch, mittel oder langsam bindend.

Hydraulische Bindemittel, deren Erhärtung innerhalb 15 Minuten nach dem Anmachen beginnt, sind als rasch bindend zu bezeichnen. Fällt der Erhärtungsbeginn eines Bindemittels über 60 Minuten hinaus, so ist dasselbe als langsam bindend anzusehen. Zwischen den Rasch- und Langsambindern rangieren die Mittelbinder.

Bemerkungen zu III.

Bestimmung der Normalkonsistenz und Ermittlung der Abbindeverhältnisse mittelst Normalnadel.

IV. Volumenbeständigkeit.

Hydraulische Bindemittel sollen bei Erhärtung an der Luft wie unter Wasser volumenbeständig sein.

Bemerkungen zu IV.

Prüfung des Normalkuchens auf Volumenbeständigkeit durch Wasserlagerung und Darrprobe; erstere massgebend für die Verwendung des Portland-Cementes unter Wasser, letztere für die Verwendung zu Luftbauten.

V. Feinheit der Mahlung.

Die hydraulischen Bindemittel sollen entsprechend fein gemahlen sein. Auf einem Sieb von 900 Maschen pro 1 qcm darf

- der hydraulische Kalk nicht mehr als 20 %,
- der Roman-Cement nicht mehr als 20 %,
- der Portland-Cement nicht mehr als 15 %,
- der Schlacken-Cement nicht mehr als 2,0 %

zurücklassen.

Die Drahtstärke des Siebes von 900 Maschen soll 0,1 mm betragen.

VI. Prüfung der Festigkeitsverhältnisse.

Die Bindekraft hydraulischer Bindemittel soll durch Prüfung der Festigkeitsverhältnisse einer Mischung mit Sand ermittelt werden. Als normale Mischung gilt das Gemenge aus einem Gewichtsteil Bindemittel auf drei Gewichtsteile Normsand.

Die gewöhnliche Qualitätsprobe ist die Zerreißprobe; sie dient zur Kontrolle der Gleichmässigkeit der gelieferten Waren und wird an achterförmigen Probekörpern mit 5 qcm Bruchfläche ausgeführt.

Die massgebende, wertbestimmende Probe ist die Druckprobe; sie wird an Würfeln mit 7 cm Kantenlänge vorgenommen.

Die sämtlichen Proben (Zug und Druck) sollen stets nach 7- und 28tägiger Erhärtung ausgeführt werden. Als massgebende Probe wird für sämtliche hydraulischen Bindemittel die 28-Tagprobe angenommen.

Bemerkungen zu VI.

Die Bindekraft der hydraulischen Bindemittel an Gemengen mit Sand zu erproben, bedarf keiner näheren Begründung. Es wird allgemein angenommen, dass das Mischungsverhältnis von 1:3 in Gewichtsteilen, die Bindekraft der unterschiedlichen Bindemittel in ausreichendem Masse zum Ausdruck bringt.

Sofern für das zu prüfende Material die Menge des Anmachwassers nicht speziell bestimmt oder angegeben wird, empfiehlt es sich, den Wasserzusatz:

für hydraulische Kalke zu	12 %
für raschbindende Romacemente zu	13 %
für langsambindende Romacemente zu	11 %
für raschbindende Portlandcemente zu	11 %
für langsambindende Portlandcemente zu	10 %
für Schlackencemente zu	10 %

des Gewichtes der trockenen Mörtelsubstanz anzunehmen. Für alle Fälle ist der Wasserzusatz derart zu bemessen, dass bei einem ca. eine Minute lang fortgesetzten Einschlagen der Zugprobe von Hand, eine ausgesprochene Wasserabsonderung (Beginn der Cementschlammauslaugung) eintritt.

VII. Festigkeitsverhältnisse.

Die in Normalkonsistenz verarbeiteten [hydraulischen Bindemittel sollen nach 28tägiger Erhärtung folgende minimale Festigkeitsverhältnisse des Normalmörtels aufweisen:

	Zug-	Druckfestigkeit
der leichte, hydraulische Kalk	6,0 kg pr. qcm;	30,0 kg pr. qcm
der schwere, hydraulische Kalk	8,0 „ „	50,0 „ „
der Romacement	10,0 „ „	80,0 „ „
der raschbindende Portlandcement	14,0 „ „	130,0 „ „
der langsambindende Portlandcement	16,0 „ „	160,0 „ „
der Schlackencement	16,0 „ „	150,0 „ „

XXVII. (Anhang.)

Die Fabrikation der Kalksandsteine.

§ 213.

In Gegenden, wo es sowol an natürlichen Bausteinen (Sandstein, Granit, Porphy, Gneis u. s. w.) als auch an Material zur Herstellung des seit Jahrtausenden als Ersatz für erstere dienenden Backsteines, also an Ton oder Lehm mangelte, ist die Verwendung eines Gemisches von Sand, der ja überall vorkommt, mit Kalk, welcher gleichfalls meist leicht erhältlich ist, schon von altersher in Übung gewesen. Wir erinnern an den in den preussischen und russischen Ostseeprovinzen weit verbreiteten Kalksand-Pisé-

bau, ja, nach Vitruv fertigten bereits die alten Römer künstliche Steine und Luftziegel aus einem Mörtel von 1 Teil Staubkalk, 1 Teil Steinabfall aus den Steinbrüchen und 1 Teil Flusssand an. Von einer wirklich fabrikmässigen Herstellung von Bausteinen aus Sand und Kalk kann aber erst von dem Momente an gesprochen werden, wo man anfang, sich der Erfindung und praktischen Ausgestaltung der Methoden der künstlichen Steinerhärtung zuzuwenden. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte die Kalksandsteinerzeugung nur lokale Bedeutung (genau ebenso wie die Fabrikation von Bausteinen aus Hochofenschlacke, welche manche Hüttenwerke — z. B. die Georgs-Marienhütte in Osnabrück — zu einer recht lukrativen Verwertung eines lästigen Nebenproduktes auszugestalten wussten) und trug stellenweise den ausgeprägten Charakter eines Notbehelfes. Erst mit der Einführung der künstlichen Erhärtung durch Behandlung des Gemisches mit Wasserdämpfen, gewann die Kalksandsteinerzeugung festen Boden unter den Füßen und hat sich trotz anfänglicher Misserfolge und Enttäuschungen im Verlaufe von nur wenigen Jahren zu einer ganz selbständigen, auf eigenen Füßen stehenden Industrie von beachtenswertem Umfange entwickelt, was aus der Tatsache erkannt werden kann, dass zur Zeit, also zu Ende des Jahres 1902, bereits über 80 Kalksandsteinfabriken bestehen, welche eine Gesamtjahresproduktion von über 300 Millionen Steinen aufweisen, und dass fortwährend neue derartige Anlagen, sei es in Deutschland, dem Mutterland dieses neuen Erwerbszweiges, sei es im Auslande, entstehen.

§ 214.

Das erste, den Gegenstand der künstlichen Erhärtung des Kalksandgemisches betreffende Patent wurde im Jahre 1877 an Dr. Zernikow in Oderberg i. d. M. erteilt. Dr. Zernikow kochte — unter Anwendung von Hochdruckdampf — ein Gemisch von Sand und abgelöschtem Kalk mehrere Tage lang und stampfte dasselbe (oder goss es, je nach der Konsistenz desselben) in Formen ein. Er bezweckte durch die Einwirkung des Kalkhydrats auf die Kieselsäure des Sandes ein Kalkhydrosilikat zu erzeugen, welches als Bindemittel wirkend, die Sandkörner zu einer gesteinsähnlichen Masse verkitten sollte. Dieses Verfahren ist praktisch nie zur Ausführung gekommen und hätte wegen seiner Umständlichkeit und Kostspieligkeit wohl auch sich als lebensfähig nicht erweisen können. Nichtsdestoweniger ist dasselbe deswegen von bemerkenswerter Bedeutung, weil durch einfache Umkehrung des Vorganges der Weg vorgezeichnet war, den die Fabrikation des Kalksandsteines zu beschreiten und das Grundprinzip gegeben war, an dem sie festzuhalten hatte, um sich die Daseinsberechtigung und Lebensfähigkeit zu erringen und zu sichern.]

In der Tat hat Dr. Michaëlis durch sein im Jahre 1880 patentiertes „Verfahren zur Erzeugung von Kalksandstein“ die einzig richtige, wettbewerbsfähige Art der Fabrikation angegeben, darin bestehend, dass nicht wie bei Dr. Zernikow das Kalksandgemisch zuerst gekocht bzw. gedämpft und dann in Formen gebracht, sondern umgekehrt zuerst in Formen gebracht und

dann der Einwirkung hochgespannten Dampfes ausgesetzt wurde. Zwar hat auch Dr. Michaëlis die praktische Verwertung seiner Idee nicht durchzuführen vermocht und hat sein Patent verfallen lassen, doch ändert dies nichts an der Tatsache, dass es seine Idee ist, auf der die heutige Kalksandsteinfabrikation basiert. Die heute üblichen verschiedenartigen „Verfahren“ — wie solche weiter unten noch des Ausführlichen werden beschrieben werden — betreffen ausschliesslich mehr oder weniger nebensächliche Dinge und tangieren den Michaëlistischen Grundgedanken in keiner Weise.

§ 215.

Neben dem Hochdruckverfahren ist im Anfang der achtziger Jahre vorigen Jahrhunderts auch das Niederdruckverfahren zur Anwendung gelangt. Die englische Firma Cressy & Co. liess sich damals ein Verfahren zur Herstellung von Kalksandziegeln patentieren, welches darin bestand, dass die aus Sand und Ätzkalkpulver erdfeucht hergestellten Formlinge vorerst einige Tage an der Luft stehen gelassen wurden, um „steif“ zu werden, worauf man sie in gemauerte Behälter einsetzte, Wasser einleitete und dieses allmählich bis auf 95° C. erhitzte. Nach Verlauf von 3 bis 8 Tagen (so lange mussten die Formlinge im Bade bleiben) sollte sich auf den Steinen eine Deckschicht von Calciumhydrosilikat gebildet haben. Meist wurde dem Kalksandgemisch noch etwas Roman- oder Portland-Cement, gemahlene Schlacke, Ton oder hydraulischer Kalk zugesetzt, um die Erhärtungsdauer abzukürzen.

Dieses Verfahren, nach dem tatsächlich einige Fabriken eingerichtet wurden, ist von Neffgen dahin geändert worden, dass dieser statt des Wasserbades feuchte Luft von 95° C. anwandte. Sodann nahm die Firma Becker & Klee in Köln a. Rh. eine weitere Verbesserung des Verfahrens insofern vor, als sie anstatt warmer, mässig feuchter Luft Wasserdampf von 100° C. benutzte und, um eine intensive Überführung des Kalkhydrates in kohlen-sauren Kalk zu erzielen (da bei der geschilderten Arbeitsweise nur geringe Verkieselung zu erreichen war) die Formlinge unmittelbar vor ihrer Verpressung mit Kohlensäure durchsetzte.

Die Erhärtungsdauer ist beim Niederdruckverfahren eine viel längere und der Dampfverbrauch ist daher ein grösserer als beim Hochdruckverfahren, die ganze Anlage wird wegen des verlängerten Fabrikationsturnus eine ausgedehntere und die Anwendung der Kohlensäure verteuert die Herstellung nicht unwesentlich. Immerhin sind Fälle denkbar, wo durch Verwendung von Abdampf und etwa überschüssiger Kraft bestehender gewerblicher Betriebe eine derartige Anlage sich noch ganz wol ertragsfähig gestalten kann.

§ 216.

Was nun die Rohmaterialien zur Kalksandsteinfabrikation betrifft, so ist zuvörderst zu bemerken, dass sich derjenige Sand dafür am besten eignet, der am meisten Kieselsäure und am wenigsten tonige, erdige oder organische Beimengungen enthält; dessen Körner die richtige Grösse besitzen und die

möglichst rauhfächig und scharfkantig — nicht rund und glatt — sind. Von diesen geforderten Eigenschaften ist der hohe Kieselsäuregehalt der Körner für die Herstellung eines guten Fabrikates als in erster Reihe stehend zu betrachten, während die Reinheit erst in zweiter Linie kommt, da ein mässiger Gehalt des Sandes an erdigen bzw. tonigen Bestandteilen unter Umständen die Pressarbeit sehr erleichtern kann und deshalb nicht immer ungerne gesehen wird; bei einem der später zu beschreibenden Verfahren wird dem Kalksandgemisch sogar eigens etwas Ton zugesetzt.

Als Kalkzusatz ist gewöhnlicher, guter Fettkalk am besten geeignet, während weniger hochprozentige Kalke sich — nach Olschewsky — mit Vorteil nur in der Jägerschen Kalklöschtrommel verarbeiten lassen. Der Kalk kann entweder als Ätzkalk oder im abgelöschten Zustande als Kalkhydrat verwendet werden, dagegen ist die Anwendung von Kalkbrei bei Hochdruckdampferhärtung unzulässig.

Die Höhe des Kalkzusatzes — auf reinen Kalk berechnet — richtet sich einesteils nach den Eigenschaften des Sandmaterials, andernteils nach der zu erzielenden Qualität des Produktes, die im allgemeinen bis zu einer gewissen Grenze mit dem Kalkgehalt besser wird. Während man für gewöhnliche Ware mit 6% Kalk auskommt, muss der Kalkgehalt für bessere Erzeugnisse auf 8, 10 und 12% gesteigert werden.

Von grosser Wichtigkeit bei dieser Fabrikation ist die Feuchtigkeitsfrage. Arbeitet man mit Kalkhydrat, so ist die Feuchtigkeit des Gemisches jedoch nur von Einfluss auf die qualitative Leistung der Pressen, in ihrer Wirkung also leicht und rasch zu kontrollieren bzw. zu ändern, namentlich dann, wenn man künstlich getrockneten Sand verwendet. Arbeitet man dagegen mit Ätzkalk, so hat nicht nur die Feuchtigkeit des pressfertigen Gemisches, sondern auch der oft sehr wechselnde Wassergehalt des grubenfeuchten Sandes für die Fabrikation die allergrösste Bedeutung und muss daher mit doppelter Sorgfalt überwacht werden. Als normal kann man für das pressfertige Gemisch einen Wassergehalt von 7 bis 9% ansehen.

§ 217.

Wir wenden uns nunmehr zur Beschreibung der Fabrikationsweisen, welche gegenwärtig in mehr oder minder zahlreichen Ausführungen die Probe auf ihre praktische Verwendbarkeit bestanden haben, wobei wir es aber mit guter Überlegung unterlassen, irgend eines dieser Verfahren als besonders vorteilhaft hervorzuheben. Wir begnügen uns, dasselbe vorzuführen und müssen es dem Scharfsinn des Lesers anheimstellen, sich sein Urteil über die Vorzüge und Schattenseiten der beschriebenen Methoden selbst zu bilden.

a) Das Verfahren von W. Olschewsky (Berlin).

Der bekannte Hütteningenieur W. Olschewsky in Berlin war einer der ersten, der die Bedeutung der jungen, aufstrebenden Kalksandsteinindustrie erkannte und ihr seine intensive Aufmerksamkeit zuwandte. Anfänglich

arbeitete Olschewsky in der Weise, dass er den Kalk für sich zu Kalkbrei ablöschte, mit dem Sand zu nassem Mörtel mischte, diesen presste und die Presslinge vor Beginn der Einwirkung des gespannten Dampfes mit kohlen-säurefreier Luft austrocknete und erwärmte. Nachdem Olschewsky die Unzulänglichkeit dieser Methode erkannt hatte, ging er zur Ablöschung des Kalkes nach dem von ihm erworbenen Patent Pfeiffer über, welches darin besteht, dass der untere Teil des Druckkessels – in dessen oberen Teil sich die Wagen mit den Formstücken befinden – zu Zwecken der Kalklöschung benutzt wird, wobei die aus dem Kalk sich entwickelnden Dämpfe auf die Formlinge einwirken sollen. Auch hiervon nicht befriedigt, brachte Olschewsky unter der als Rost ausgebildeten Plattform der Steintransportwagen einen Kasten an, der mit dem Stückkalk gefüllt wurde. In den Druckkessel wurde vorerst niedrig gespannter Dampf eingeführt, welcher sich an den Formlingen kondensieren und in tropfbar flüssiger Form den Kalk in den Kästen ablöschen und worauf die beim Löschen des Kalkes sich entwickelnde Wärme wiederum die Formlinge anwärmen und austrocknen sollte. Doch auch auf diese Weise war es Olschewsky nicht immer möglich, in den Anhängerkästen einen tadellos abgelöschten Kalk zu erhalten, weshalb Olschewsky das Verfahren dahin abänderte, dass er die Plattform der Wagen nicht mehr als Rost, sondern als volle Platte ausführte, wodurch er einen allseitig geschlossenen Kasten erhielt, in welchen kein Kondenswasser aus dem Erhärtungskessel mehr eindringen konnte. Die Plattform wurde aus zwei aufklappbaren Hälften gemacht und das für das Ablöschen des Kalkes im Kasten erforderliche Wasserquantum durch ein Brauserohr eingebracht, nachdem die unterste Reihe Steine aufgesetzt war. Die beim Kalklöschen sich entwickelnde Wärme sollte zur Anwärmung der frischen Steine dienen und ihnen dadurch eine grössere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung des gespannten Dampfes verleihen.

Inzwischen war einem jungen Strassburger Chemiker, Richard Jäger, bezw. dessen Erben ein Patent auf eine anderweitige Methode zum Trockenlöschen von Kalk in einer drehbaren Trommel erteilt worden. W. Olschewsky erwarb dieses Patent und gibt uns die nachstehende Beschreibung der Konstruktion, der Wirkungsweise und seines auf ihrer Anwendung beruhenden Verfahrens.

§ 218.

Das der Kalklöschtrommel, Patent Richard Jäger, zu grunde liegende Prinzip ist folgendes:

Durch ein genügend weit gehaltenes Mannloch wird Kalk, direkt wie er aus dem Brennofen kommt oder angeliefert wird (d. h. also ohne jede Vorzerkleinerung), eingestürzt. Nach Verschluss des Mannloches wird aus einem Wasserreservoir so viel Wasser zugelassen, wie gerade zur vollkommenen Hydratisierung dieser Kalkmenge erforderlich ist. Während das Wasser einfließt, ist ein Hahn geöffnet, durch den die Luft entweichen kann. Sowie die bestimmten Mengen Kalk und Wasser hineingebracht sind, werden die Hähne der auf ca. 6 Atmosphären innere Spannung konstruierten Trommel

vollkommen geschlossen und diese selbst wird in langsame Drehung versetzt. Die Kalkstücke, welche das Wasser schneller aufsaugen, löschen bald ab, wobei die entstehende Wärme den ganzen Inhalt zunächst bis zum Sieden erwärmt. Allmählich müssen aber auch selbst die sehr schwer wasser-saugenden Kalkstücke vollkommen getränkt werden, weil sie trotz der hohen Temperatur immer noch [mit flüssigem Wasser zusammenbleiben. Nach ca. 5 bis 10 Minuten hört das Rauschen in der sich drehenden Trommel vollständig auf, zum Beweis dafür, dass das hineingegebene Wasser nunmehr vollständig zur Tränkung aller Kalkstücke in dem Masse verbraucht ist, wie diese Wasser anzusaugen vermochten. Die Temperatur resp. die Spannung in der Trommel steigt dadurch sehr hoch an, dass kein Wasserdampf entweichen kann, so dass die ganze beim Kalklöschchen entwickelte Wärme in

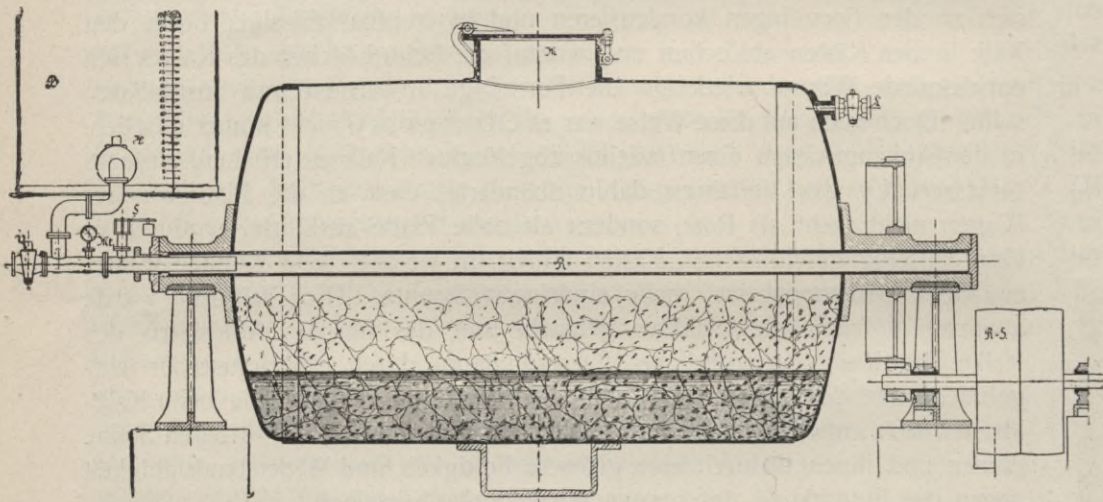


Fig. 217.

der Trommel verbleiben muss. Da der bereits zerfallene Kalk immer wieder mit dem noch vorhandenen flüssigen Wasser in der sich drehenden Trommel getränkt und bei einer Temperatur von ca. 140° (entsprechend einer Dampfspannung von ca. 4 Atmosphären) herumbewegt wird, so muss sich das vollkommene Trockenlöschen von Kalk in dieser Trommel in einer solchen Vollkommenheit vollziehen, wie sie sich bei schwierig löschenden Kalkarten selbst bei den geschlossenen Kalklöschkästen nicht vollziehen kann, weil hier die anhaltende und innigste Durchmischung zwischen Kalk und Wasser fehlt, wenschon alle anderen massgeblichen Bedingungen auch hier erfüllt werden, wie z. B. die anhaltende Einwirkung der hohen Dampfspannung auf den mit Wasser getränkten Kalk und die gleichmässig verbleibende, zugegebene Wassermenge.

Bei der Massenfabrikation von Mauersteinen ist die Trommel wegen der leichteren und sicheren Handhabung den geschlossenen Kalklöschkästen unter den Wagen unbedingt vorzuziehen.

Für teilweise sehr träge löschende Kalkarten, wozu erfahrungsgemäss die meisten im Ringofen gebrannten Kalke zählen, gibt es ausser der soeben beschriebenen Kalklöschtrommel keinen anderen Apparat, um bei der Massenfabrikation vereinzelt, sehr schwer ablöschende Kalkstücke, die sich in jedem gebrannten Kalk vorfinden, soweit für die Kalksandsteinfabrikation unschädlich zu machen, dass sie hinterher bei der Erhärtung der Steine im Kessel diese nicht auseinandertreiben. Ein Kalk kann für Bauzwecke als ein recht guter gelten, ohne dass er deshalb für die Kalksandsteinfabrikation ohne weiteres tauglich ist. Beim Ablöschen in der Grube bleiben nämlich die sehr schwer löschenden Teile einfach zurück; sie werden als Verunreinigungen betrachtet, die weggeworfen werden. Bei der Kalksandsteinfabrikation können solche Stücke aber nicht ausgeschieden werden; sie werden vielmehr durch die Zerkleinerung nur in kleinere Teilstücke zerlegt, und bleiben bei nicht hinreichender Durchfeuchtung mit flüssigem Wasser doch nur unvollkommen abgelöscht, so dass einige derartige schwerlöschende Stücke in dem gebrannten Kalk einen sehr grossen Teil der fabrizierten Steine verderben können.

Wenn die Trommel sich schon beim blossen Kalklöschchen als ein ganz vorzüglicher Apparat erwies, so wurden deren überaus weitreichende Vorteile speziell für die billigste Massenfabrikation von Kalksandsteinen sehr bald erkannt, als erst einmal eine derartige Trommel im Gange war. Diese Vorteile der Trommel für die glatte Massenfabrikation von Mauersteinen sind folgende:

1. Während bei blosser Einfüllung von Kalk, namentlich wenn es recht guter Fett- resp. Weisskalk ist, infolge der sehr starken Wärmeentwicklung nur verhältnismässig wenig Kalk in die Trommel hineingefüllt werden konnte (bei zu starker Einfüllung von Kalk allein können Spannungen von 10 bis 15 Atmosphären mit entsprechender Gefahr für Explosion in der Trommel entstehen), kann man durch gleichzeitige Beimengung von grösseren Quantitäten Sand die Trommel mit weit mehr Kalk beschicken, ohne der Gefahr für Überanstrengung (Explosion) ausgesetzt zu sein. Bringt man z. B. 600 kg gebrannten Stückkalk in eine Trommel von ca. 8 cbm Inhalt, so kann die Spannung bis zu ca. 12 Atmosphären in derselben ansteigen. Bringt man zu diesen ca. 600 kg Kalk aber gleichzeitig 600 kg Sand zu, der durch die Kalklöschwärme mit erhitzt werden muss, so vermindert sich die in der Trommel entstehende Spannung schon auf ca. 6 bis 8 Atmosphären. Mischt man auf 600 kg Kalk 1200 kg Sand zu, so steigt die Spannung in der Trommel nur noch auf ca. 4 bis 5 Atmosphären u. s. w.

Durch die gleich mit hineinzugebende Sandmenge kann man demnach verhältnismässig grosse Kalkmengen in die Trommel bringen, ohne irgend welcher Gefahr durch Überanstrengung derselben ausgesetzt zu sein.

2. Durch die gleichzeitige Beigabe einer beliebig grösseren Sandmenge mit dem Kalk in die Trommel, wird für die glatte Massenfabrikation von Mauersteinen die Möglichkeit geschaffen, von der Witterung resp. von der Sandfeuchtigkeit ganz unabhängig zu sein.

Folgende Beispiele werden dies zeigen:

Ist der Sand ganz trocken und gibt man in die Trommel z. B. 600 kg Kalk hinein, so muss man erfahrungsgemäss ca. 360 l Wasser aus dem Reservoir zulassen, um die sichere und weitgehendste Hydratisierung des Kalkes durchzuführen. Der Überschuss an Wasser, welcher zur Überführung des Kalkes in trocknes Kalkhydrat nicht verbraucht wird, geht hinterher als Dampf fort, wenn man die Spannung aus der Trommel entlässt, um diese entleeren zu können.

Wäre andererseits z. B. der Sand vollkommen mit Wasser getränkt, so dass derselbe z. B. 15 % Wasser enthielte (wohl das Maximum, welches schärferer Sand hat, selbst wenn er direkt aus dem Wasser gebaggert wird), so könnte man die 360 l Wasser, welche man bei ganz trockenem Sand direkt in die Trommel einfliessen lassen muss, durch so viel feuchten Sand ersetzen, dass die in dieser Sandmenge vorhandene Wassermenge 360 l beträgt. 1000 kg ganz feuchter Sand hätten 150 l Wasser bei 15 % davon. Gibt man demnach 600 kg gebrannten Kalk und 2400 kg feuchten Sand (15 % Wassergehalt) in die Trommel, so wird der Kalk gerade durch die bereits in dem Sande enthaltene Wassermenge in trocknes Kalkhydrat übergeführt.

Man erhält ohne direkten Wassereinlauf ca. 3000 kg ganz trockne Masse aus der Trommel, welche mindestens noch eine Temperatur von ca. 90° C. hat. Würde man nun diesen 3000 kg der ganz trocknen Masse selbst noch 4000 kg von dem sehr feuchten Sande hinterher beimengen, so würde man ca. 7000 kg Mörtelgemenge erhalten, in denen nur die Wassermenge frei, d. h. nicht chemisch an den Kalk gebunden, enthalten ist, welche die 4000 kg Sand noch hatten (bei 15 % Wassergehalt), die man hinterher zu der bereits abgelöschten, ganz trocknen Masse beimischte. Der gesamte Mörtel von ca. 7000 kg Gewicht hätte demnach nur 600 kg chemisch nicht gebundenes Wasser, d. h. also nur ca. 8,5 %, so dass er zum Verpressen gerade recht ist. Die direkte Verarbeitung des feuchtesten Sandes bei weitgehendster Ablöschung des Kalkes ist demnach bei diesem Verfahren absolut sicher.

3. Die Ablöschung in der Kalklöschtrommel ermöglicht nicht nur die direkte Verarbeitung eines bis zur äussersten Grenze feuchten Sandes, sondern der Sand kann auch vollkommen gefroren sein, ohne dass die Möglichkeit der glatten Fabrikation dadurch behindert wird. Würde man in dem unter 2. erörterten Fall 600 kg Kalk mit 2400 kg sehr feuchtem und selbst stark gefrorenem Sand in die Trommel bringen, so würde dieser Sand in der Trommel unbedingt vollständig bei der Ablöschung aufgetaut. Höchstens könnte der Fall eintreten, dass in diesem Falle die Spannung in der Trommel, die bei ungefrorenem Sand reichlich noch bis auf 4 Atmosphären ansteigen würde, nur bis ca. 2 Atmosphären steigt. In diesem Falle kann man aber der Trommel leicht und bequem von aussen her Wärme zuführen, indem man dieselbe mit einem doppelten Mantel versieht und den Inhalt der Trommel indirekt durch Abdampf vorwärmt. Man erreicht dann anstandslos die zur vollkommenen Ablöschung des Kalkes notwendige Spannung in der Trommel, selbst wenn der verwendete Sand stark gefroren ist. Da die

ca. 3000 kg Mörtelmasse aus der Trommel mit einer Wärme von ca. 90° C. herauskommt, so reicht die darin enthaltene Wärme immerhin noch reichlich aus, um die noch weiterhin im Mischapparat zuzusetzende Sandmenge aufzutauen, selbst wenn man mit diesem Zusatz von gefrorenem Sand noch bis zu 4000 kg hinaufgeht, wobei man einen Mörtel verpressen würde, der nur ca. 8% seines Gesamtgewichtes an Kalk aufweist. Man kann demnach selbst bei schärfstem Frost den feuchtesten Sand direkt ohne jede Schwierigkeit verarbeiten und bringt den Mörtel immer noch mit einer Temperatur in die Presse, welche meist nicht unter ca. 15° C. heruntergehen wird, so dass die Pressarbeit und auch das Absetzen der Steine selbst bei strengstem Frostwetter glatt und anstandslos durchführbar ist.

4. Ein weiterer, sehr wesentlicher Vorteil der gleichzeitigen Ablöschung von Kalk und Sand in der Trommel ist nicht nur die bereits erfolgende innigste Vermischung beider Stoffe, sondern auch die in der Trommel schon eintretende Aufschliessung der Kieselsäure des Sandes unter Einleitung der Kalkhydrosilikatbildung, die eintreten muss, während der aufgeschlossene Kalk im Beisein von gesättigtem, gespanntem Wasserdampf bei der Drehung der Trommel in andauernd innigster Berührung mit dem Sande bleibt.

Der auf diese Weise hergerichtete Mörtel hat für die Verpressung besonders geeignete Beschaffenheit und ergibt durch seine hervorragende Bildsamkeit selbst bei geringerem Druck noch sehr feste Steine.

Der überaus einfache Gang der Massenfabrikation von Kalksandsteinen nach diesem Verfahren ist folgender:

Die hinreichend gross bemessene Kalklöschtrommel ist ca. 6 m hoch montiert. Der gebrannte Kalk und der Sand, welche gleichzeitig in die Trommel hineinzugeben sind, werden mittelst geeigneten Aufzuges bis zu der obersten Arbeitsbühne gehoben, welche mit der Einfüllöffnung der Trommel in einer Ebene liegt. Kalk und Sand werden aus den passend gewählten Kippwagen, durch deren Inhaltsgrösse gleichzeitig die richtigen Mengenverhältnisse bedingt sind, in die Trommel eingestürzt. Dann werden die Mannlochdeckel geschlossen, und es wird bei nicht sehr feuchtem Sand das zur Hydratisierung des Kalkes noch fehlende Wasser, welches nicht schon in dem Sand enthalten ist, aus einem Reservoir zugelassen. Die Trommel wird dann in Drehung versetzt, wobei sich der oben beschäftigte Arbeiter ca. $\frac{3}{4}$ Stunde lang gar nicht mehr um dieselbe zu bekümmern braucht. Der Arbeiter zieht sich während dieser Zeit mit dem Aufzug den Kalk und die Sandmenge hoch, welche für die nächste Trommelfüllung gebraucht werden. Dieser eine Arbeiter an der Trommel, dem die Kippwagen mit Kalk und Sand beladen unten an den Aufzug herangeliefert werden, genügt für eine stündliche Leistung von ca. 1800 Steinen; derselbe kann sich noch den Kalk in die Kippwagen selbst einfüllen. Ungefähr $2\frac{1}{2}$ m unter der obersten Arbeitsbühne, von welcher aus die Beschickung der Trommel erfolgt, befindet sich eine zweite Arbeitsbühne, nach welcher hin die Löschtrommel die abgelöschte Masse entleert, und auf welcher ausserdem der Vorrat von Sand angehäuft ist, der hinterher noch der in der Trommel bereits abge-

löschten Masse beizugeben ist und den die Arbeiter nach dort heraufschaffen, welche die Entnahme aus dem Sandlager besorgen. Zwischen den beiden Vorratshaufen von abgelöschtem Kalk und Sand befindet sich die Einwurfoffnung für den Mischapparat, an welcher ein weiterer Arbeiter beschäftigt ist, der abgelöschten Kalk und Sand in bestimmtem Verhältnis in die Füllöffnung des Mischapparates einschiebt (derselbe braucht nicht hoch zu werfen). Ein Arbeiter an dieser Stelle schafft gut und bequem das Material für stündlich ca. 1800 Steine. Der Mischapparat gibt das innige Gemenge von Sand und vorher für sich abgelöschten Kalk nach einem grösseren Vorratsraum ab, aus welchem Transportschnecken es nach den einzelnen Pressen automatisch hinführen und in die Füllöffnung derselben hineinfallen lassen.

Die Pressen sind bereits derartig durchgebildet, dass diese automatische Füllung keine Schwierigkeiten mehr bereitet. An einer Presse von beispielsweise 900 Steinen stündlicher Leistung sind zwei Arbeiter beschäftigt, welche die gepressten Steine auf die Wagen absetzen. Da es aber unumgänglich nötig ist, die Pressen öfter (ca. alle 5 bis 6 Stunden) zu reinigen, so richtet man die Arbeit am besten so ein, dass die Leute, welche das Absetzen der gepressten Steine besorgen, auch gleichzeitig die vollgesetzten Wagen in die Erhärtungskessel schieben und sich die leeren Wagen wieder an die Presse heranzufahren. Gibt man für zwei Pressen einen Mann zur Aushilfe hinzu, so können fünf Mann an zwei Pressen ganz gut in 10- bis 11stündiger Arbeitszeit 15000 Steine fertigstellen. Während zeitweise drei Mann das Einschieben der besetzten Wagen in die Kessel und das Heranschaffen leerer Wagen zur Presse besorgen, reinigt inzwischen je ein Mann eine Presse. Rechnet man weitere drei Mann hinzu, welche die Wagen mit den fertigen Steinen aus den Erhärtungskesseln herausschaffen und beim Verladen resp. Absetzen der Steine mitwirken (wobei noch das Kalkausladen mit besorgt werden kann), so würde man mit zusammen höchstens 10 Arbeitern bequem in 10- bis 11stündiger Arbeitszeit ca. 16000 Steine herstellen können.

§ 219.

b) Das Verfahren nach Meurer-Girard.

Die charakteristischen Merkmale dieses Systems sind:

1. Verwendung künstlich getrockneten heissen Sandes und warmen Wassers.
2. Zumischung von rohem Ton zur Kalksandmasse.

Zu 1. sei bemerkt, dass nach Meurer und Bormann-Zix*) Formlinge, welche mit überschüssigem Wasser in die Erhärtungskessel eingesetzt werden, der Zerstörung dadurch anheimfallen, dass dieses Wasser sich im Kessel in Dampf von entsprechender Spannung verwandelt, welcher die Struktur des Formlings lockert und den letzteren eventuell deformiert. Nur „abgebundene“ Formlinge, d. h. solche, welche kein überschüssiges Wasser mehr besitzen und deren Kalkhydrat eine durch den ganzen Körper hindurchgehende, zu-

*) S. Oest. Patent No. 8964 vom 15. März 1902.

sammenhängende Masse bildet, können, ohne Schaden zu nehmen, der Einwirkung hochgespannter Dämpfe ausgesetzt werden und besitzen eine genügende Festigkeit, um unter der Wirkung des Niederschlagwassers nicht mehr zu erweichen. Meurer fand, dass diese Voraussetzung dann am sichersten erfüllt erscheint, „wenn Kalkhydrat im Gemenge mit Sand eine hohe molekulare Dichtigkeit besitzt, sich in höherer Temperatur befindet, einen bestimmten Überschuss an hygroskopischem Wasser besitzt und in diesem Zustande stark zusammengepresst wird.“ Zu diesem Behufe wird der Sand nicht nur getrocknet, sondern vor der Mischung mit dem Kalk auf diejenige Temperatur erhitzt, welche der letztere während des Löschens annimmt (70 bis 100° C. und darüber). Dadurch bleibt dem Kalk seine Wärme erhalten und die Folge davon ist die vollkommene Hydratisierung desselben. Dem absolut trockenen Gemisch kann das nötige Wasser nunmehr in genau solcher Menge zugesetzt werden, dass der oben erwähnte schädliche Überschuss vermieden wird.

Das Wasser wird warm, jedoch nicht heiss oder kochend zugegeben, und zwar aus dem Grunde, weil Heisswasser, wenn es nicht im Überschuss zugegeben wird, den Übelstand hat, dass sich unter seiner Wirkung Klumpen bilden, welche zuviel Wasser aufgesaugt und Stellen, welche dessen zu wenig erhalten haben, so dass eine sehr ungleichmässige Ablöschung entsteht. Das Warmwasser soll mindestens eine Temperatur von 40° C. haben, entsprechend dem Wärmegrad, bei welchem sich das $\text{Ca}(\text{HO})_2$ aus $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ bildet und etwa 90° C. nicht übersteigen.

Zu 2. ist folgendes zu sagen. Girard hat beobachtet, dass, wenn der Sand zumeist nur schwer durch das Kalkhydrat aufschliessbar ist, im Gegensatz dazu der Ton leichter, rasch und vollständig dieser Aufschliessung unterliegt. Die Verkieselung des Kalkes, die sonst 12 Stunden in Anspruch nahm und wobei noch ein grosser Überschuss an freiem Kalk zurückblieb, wird durch den Tonzusatz eine viel vollkommeneren, so dass sich bereits in der Hälfte der obigen Zeit, also in 6 Stunden, unter einem Dampfdruck von 8 bis 10 Atmosphären Klinker von einer Druckfestigkeit von 300 kg pro qcm herstellen lassen. Die Zusammensetzung der Masse geschieht in der Regel nach folgendem Verhältnis: 92 bis 93 % Sand zu 5 % Kalk zu 2 bis 3 % Ton.

Ein weiterer Vorteil des Tonzusatzes ist in der dadurch erzielten gesteigerten Plastizität der Steinmasse zu erblicken, deren Folge eine leichtere Pressarbeit und verringerte Bruchgefahr dieser Apparate sein muss. Endlich wird — nach Girard — die Hydraulizität (Wasserbeständigkeit) des Steines durch den Tonzusatz gesteigert, was daher rührt, dass der Kalk stärker verkieselt und dass nicht nur ein Kalksilikat, sondern auch ein Kalk-Tonerde-Doppelsilikat gebildet wird. Für speziell hydraulische Steinmasse wird das Mischungsverhältnis 90 % Sand zu 5 % Kalk zu 5 % Ton gewählt.

Der Fabrikationsvorgang vollzieht sich in der Weise, dass der Stückkalk auf der Kugelmühle fein gemahlen und als feines Ätzkalkpulver in einen Messapparat befördert wird, während der künstlich (vorteilhaft durch die

Abgase der Kesselfeuerung) getrocknete Sand nebst dem getrockneten und pulverisierten Ton dem Messapparat von der anderen Seite zugeführt werden. Das vorherige Trocknen des Sandes hat den Vorteil, dass man von den Einflüssen der Witterung vollständig unabhängig wird und auf den Feuchtigkeitsgrad des rohen Sandes, der ja naturgemäss grossen Schwankungen unterworfen ist, durchaus keine Rücksicht zu nehmen braucht. Die genau abgemessenen Quantitäten Ätzkalk, Sand und Ton werden einem Mischapparat übergeben, in welchen eine ganz bestimmte Menge warmen Wassers eingespritzt wird. Die Mischung, während welcher auch die Ablöschung des Ätzkalkes zu Kalkhydrat erfolgt, geschieht chargenweise und der Wasserzusatz ist derart zu bemessen, dass die gemischte Masse nach kurzer Lagerung in kleinen Silos auf den Pressen zu Steinen gewünschter Grösse verarbeitet werden kann.

Anstatt Ätzkalk kann man auch trockenes Kalkhydrat verwenden, welches auf irgend eine Weise, sei es in einer Kalklöschtrommel, sei es nach dem alten Tauchverfahren oder sonst wie gewonnen worden ist. In diesem Falle kann die Lagerung der Masse umgangen und das feuchte Gemisch den Pressen direkt aufgegeben werden.

§ 220.

c) Das Verfahren nach Kleber.

Kleber war zuerst Lizenznehmer des Neffgenschen Patentes und nahm die Zubereitung der Steinmasse nach diesem bzw. dem Cressyschen Verfahren vor; die Formlinge liess er jedoch in Hochdruckkesseln erhärten. Die Masse wurde in einem grossen Silo oberhalb der Presse 12 Stunden lang gelagert, was den Zweck hat, zu verhindern, dass nicht einzelne Partikel des Ätzkalkes sich der Ablöschung entziehen und durch Nachlöschen im Erhärtungskessel Treiben und Zerfallen der Steine hervorrufen. Um dieses Ziel nun mit absoluter Sicherheit zu erreichen, verwendete Kleber zur Ablöschung verdünnte Salzsäure, worauf ihm 1897 ein D. R.-Patent (No. 103777) erteilt wurde.

In der Beschreibung seines späteren französischen Patentes (von Jahre 1899) fehlt der Hinweis auf die Behandlung der Masse mit Salzsäure indessen gänzlich und wird das Verfahren folgendermassen beschrieben:

Der Sand wird grubenfeucht mit dem Ätzkalk gemischt und ein Teil des letzteren durch die Feuchtigkeit des Sandes abgelöscht; die zur vollständigen Ablöschung erforderliche Wassermenge wird dem Kalk in einem zweiten Mischapparat zugesetzt, im dritten Stadium der Zubereitung aber noch so viel Wasser oder Kalkmilch zugegeben, als zur Erzielung einer gut pressfähigen Masse nötig erscheint.

§ 221.

d) Das Verfahren nach F. Komnick.

Die Elbinger Maschinenfabrik F. Komnick (vorm. H. Hotop) in Elbing hat in den von ihr eingerichteten Kalksandsteinfabriken die chargen-

weise Mischung vollständig umgangen und den kontinuierlichen Arbeitsprozess eingeführt, dessen Lichtseiten viel zu allgemein bekannt sind, als

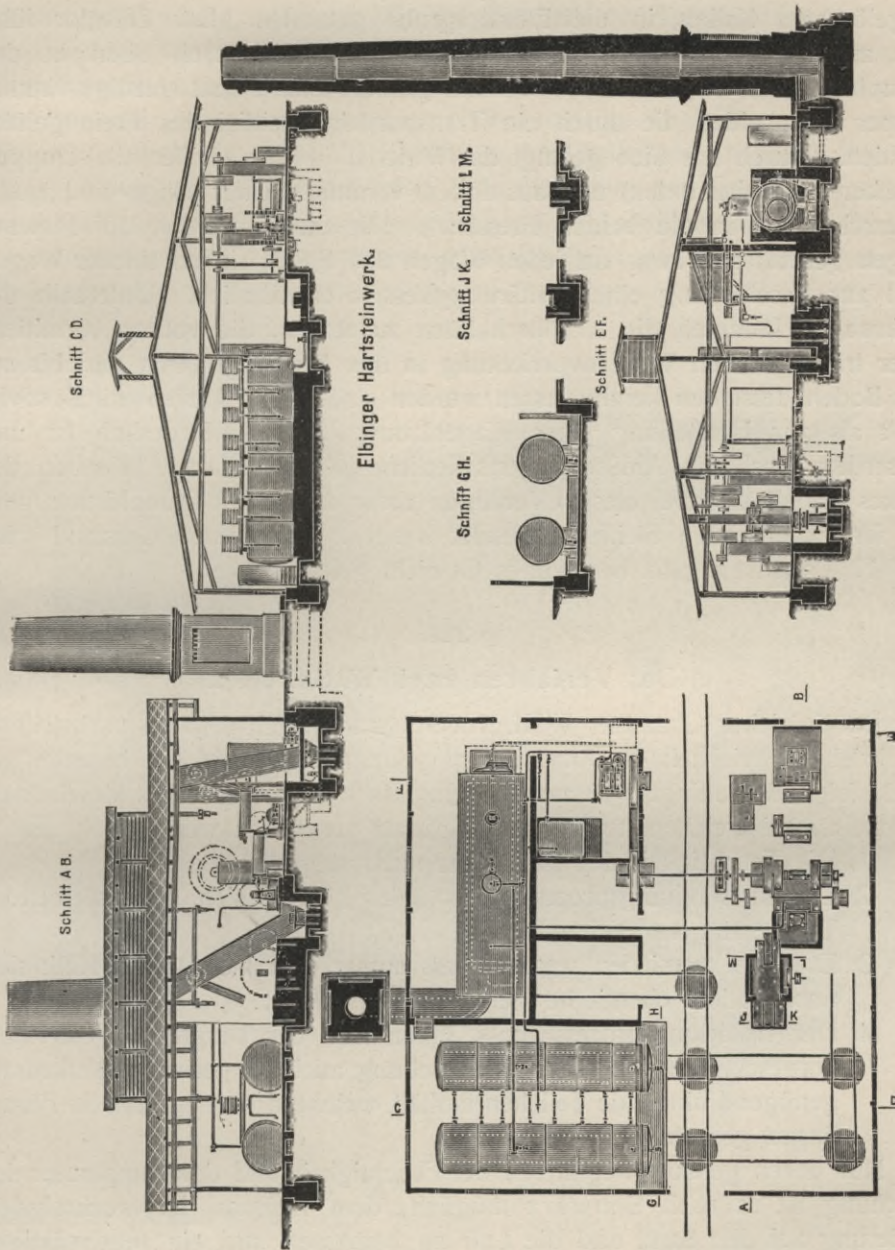


Fig. 218—224.

dass wir hier noch nötig hätten, sie besonders hervorzuheben. Eine von der Genannten erbaute Anlage*) ist durch die Fig. 218 bis 224 dargestellt.

*) Die Elbinger Kalksandsteinfabrik.

Der Fabrikationsvorgang vollzieht sich wie folgt:

In dem, dem Hauptraume benachbarten Sandraum werden von zwei Arbeitern von Hand je eine abgemessene Anzahl Schaufeln Sand und abgelöschten Kalkes in die Elevatorgrube geworfen. Der Elevator führt das zusammengeworfene Material durch die Wand nach oben in den Hauptraum auf ein Rüttelsieb, welches gröbere Steine und sonstige Fremdkörper ausscheidet, die durch ein Transportband seitlich ins Freie geführt werden. Durch das Sieb gelangt das Material in den „Differential-Doppelmischer“ (s. weiter unten) und aus diesem vermittelt einer Längs- und zweier Querschnecken in die beiden Pressen.*) Die Steine werden auf Plateauwagen gesetzt, und zwar auf jeden Wagen 800 Stück, sieben solcher Wagen sind zur Beschickung eines Erhärtungskessels erforderlich. Unterhalb der Steinwagen kommen die Kalklöschkästen zu stehen, die vorher vermittelt einer transportablen Windvorrichtung in den Kessel gefahren und bis auf den Boden desselben herabgelassen worden sind. Jeder Kasten enthält soviel Kalk als zur Herstellung einer Wagenladung Steine erforderlich ist und ausserdem das zum Ablöschen erforderliche Wasser. Das Ablöschen des Kalkes erfolgt also bei diesem Verfahren unter demselben Dampfdruck, dem die fertig gepressten Steine ausgesetzt werden. Auf diesen Umstand wird von F. Komnick ganz besonderes Gewicht gelegt.

§ 222.

e) Das Verfahren nach W. Schwarz.

Der Züricher Chemiker Wilhelm Schwarz, nach dem das nachstehend beschriebene, vielfach in Anwendung gekommene Verfahren benannt ist, stellte folgende Bedingungen zur Erzielung eines möglichst reinen kieselsauren Kalksteins, bei welchem unnötiger Kalkzusatz vermieden werden soll, auf:

1. Die Feuchtigkeit des Pressgutes muss stets dieselbe sein.
2. Der Aufbereitungsprozess muss unter hoher, sich gleichbleibender Temperatur vor sich gehen.
3. Es muss vermieden werden, dass ausser dem kieselsauren Kalk sich noch andere chemische Verbindungen bilden.
4. Der Erhärtungsprozess muss schon vor der Verpressung so weit vorgeschritten sein, dass die Mischung auch bei geringem Kalkzusatz genügend bindende Teilchen enthält, welche das Verpressen zu Formlingen gestatten.

Nur durch genaues Regulieren der Feuchtigkeit und der Temperatur der Mischung ist es nach Schwarz möglich, dem Einfluss der wechselnden Witterung auf den Sand und die Luft zu begegnen und ein regelmässiges Produkt zu erzielen. Charakteristisch an dem Verfahren ist die zur Erleichterung der Feuchtigkeitsregulierung des Pressgutes vor dem Pressen einhergehende Austrocknung des naturfeuchten Sandes in der Mischmaschine, und zwar in

*) Die Zeichnung stellt die Anlage in ihrem ursprünglichen Umfange dar; später ist noch die zweite Presse und der dritte Erhärtungskessel dazugekommen.

demselben einzigen Apparat, in welchem auch alle übrigen Vorgänge des Aufbereitungsprozesses sich abspielen. Durch diese Zentralisation in einer einzigen Maschine soll einerseits die Abkühlung der Mörtelmasse, wie sie bei Anwendung mehrerer Mischer während des Transportes von einem zum andern Apparat eintritt, vermieden, die Übersichtlichkeit erhöht und an Transportmitteln gespart werden. Auch entfallen hierbei die Lagersilos für das Pressgut und sind Kollergänge oder sonstige kraftefordernde Mischapparate entbehrlich, weil sich die Ablöschung des pulverisierten Ätzkalkes im Gemenge mit dem durch eine Heizvorrichtung an der Maschine stark erhitzten Sande sehr rasch und gründlich vollzieht und die knetende Wirkung der Mischflügel des Apparates eine nachträgliche, besondere Bearbeitung des Pressgutes überflüssig macht.

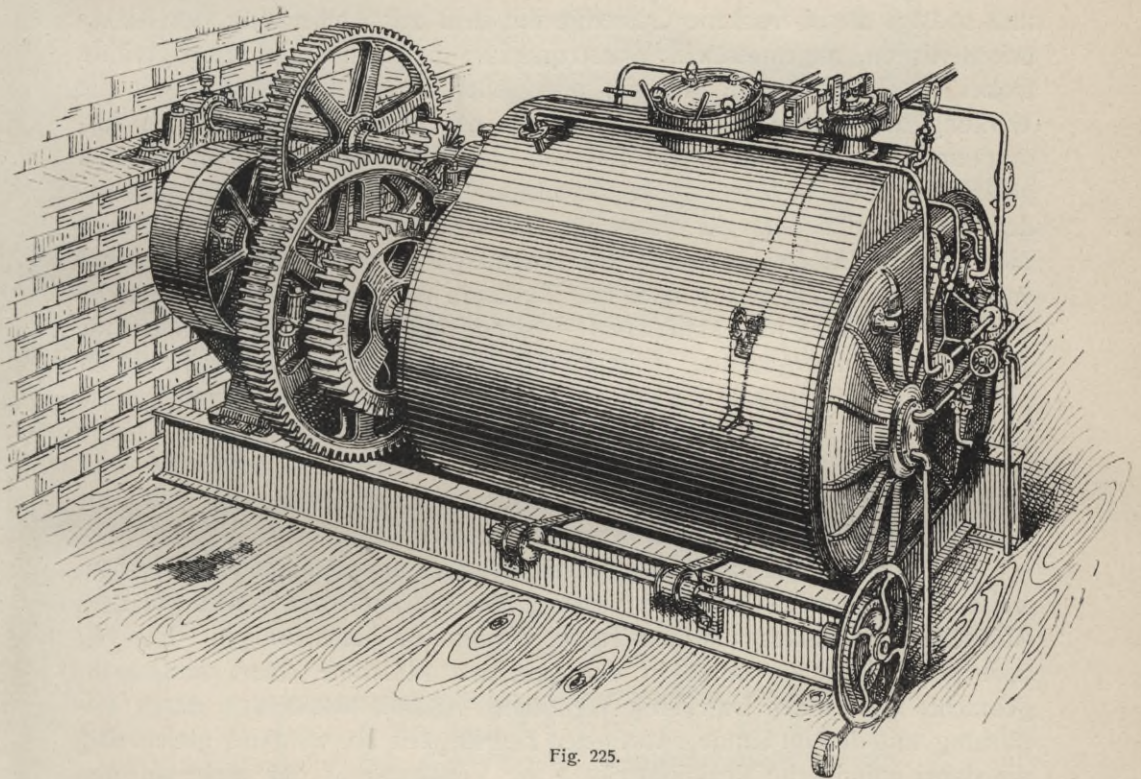


Fig. 225.

Die zur Ausführung des Schwarz-Verfahrens dienende Aufberei-
tungsmaschine (Konstruktion der Aktien-Gesellschaft für industrielle
Sandverwertung in Zürich und Berlin) ist durch obige Abbildung
(Fig. 225) veranschaulicht. Sie besteht aus einer mit Mischflügeln besetzten
Welle, welche in einem mit Heizmantel versehenen Behälter rotiert. Die
Heizung kann entweder mit direktem Dampf oder Abdampf oder auch mit
heissem Wasser erfolgen. Durch eine besondere Leitung ist der Misch-
behälter mit einer Vorrichtung zum Absaugen der verdampften Feuchtigkeit

(z. B. Vakuumpumpe) verbunden, oder es ist ein Auslassventil und Auspuffrohr vorgesehen, durch welches die bei Erhitzung und Trocknung des Sandes bzw. beim Kalklöschten entstehenden Dämpfe rasch entweichen können.

In dem Apparat befindet sich ferner ein an die Wasserleitung angeschlossenes Brauserohr, durch welches dem Mischgut regelbare Feuchtigkeitsmengen zugeführt werden. Mit Hilfe von drei an dem Apparat sitzenden Ventilen erfolgt die Ausführung des ganzen Aufbereitungsprozesses, und zwar in zwei, bezüglich der Sandtrocknung verschiedenen Formen.

Nach der einen wird der grubenfeuchte Sand in dem geheizten Mischbehälter der Maschine unter Absaugung der verdampfenden Feuchtigkeit zunächst für sich getrocknet, dann pulverisierter Ätzkalk im bestimmten Verhältnis zugesetzt, der trocken-heisse Sand mit dem Kalk innig durchgemischt und sodann dieses trockene Gemenge mit dem zur Ablöschung des Kalkes erforderlichen, abgemessenen Wasserquantum befeuchtet und durchgerührt, wobei die Löschdämpfe und ein eventueller Wasserüberschuss durch die Wirkung der Mantelheizung und der mit der Maschine verbundenen Absaugungsvorrichtung abgehen. Der nun aus trockenem Sand und trocken gelöschtem Kalk bestehenden heissen Masse (Trockenmörtel) wird schliesslich die zur Erzielung der Plastizität erforderliche Wassermenge zugeführt, dieser feuchte Mörtel vermittelt der Mischflügel intensiv durchgeknetet und endlich in pressfähigem, dampfenden Zustande der Maschine entnommen.

Die Einfüllung der Materialien — Sand und Kalk — in die Maschine geht, wie schon angedeutet, in bestimmten Chargen vor sich, derart, dass für jede Charge Mörtelmasse die Maschine eine bestimmte Zeit in Funktion ist. Eine für etwa 1000 Normalziegel ausreichendes Pressgut liefernde Charge dauert zwischen 30 bis 55 Minuten, so dass, entsprechend der Grösse und Leistungsfähigkeit des Apparates, im Zeitraum einer Stunde für 1000 bis 2000 Steine pressfertige Masse hergestellt werden kann.

Die zweite in der Fabrikationspraxis mehrfach angewendete Ausführungsweise des Schwarz-Verfahrens vereinigt das Trocknen des Sandes mit dem Ablöschten des Kalkes, um den Trockenprozess zu beschleunigen. Der mit dem grubenfeuchten Sande in der geheizten Maschine sofort zusammengebrachte und unter Umrühren vermischte Ätzkalk löscht sich durch Berührung mit der im Sande enthaltenen Feuchtigkeit ab, während gleichzeitig die dabei entwickelte Reaktionswärme zur Verdampfung der nicht an den Kalk chemisch gebundenen überschüssigen Sandfeuchtigkeit Verwendung findet. — Die weitere Bearbeitung dieses Trockenmörtels in der während des Aufbereitungsprozesses permanent geheizten Maschine geht in derselben Weise vor sich wie bei dem zuerst beschriebenen Verfahren.

Es ist klar, dass die stete Erhitzung von Kalk, Sand und Wasser sowohl die Plastizität der Mischmasse — also ihre Pressfähigkeit — ausserordentlich steigert, als auch den Effekt der Aufbereitung, die Qualität des Pressgutes unabhängig macht von Einflüssen der Witterung, um so mehr, als der Trockenprozess die Bestimmung des Feuchtigkeitszusatzes wesentlich erleichtert. Der

etwaige Einwand, dass die Ökonomie des Betriebes bei diesem System der trocken-heissen Aufbereitung in einer einzigen Maschine durch die Ausgaben für Heizdampf ungünstig beeinflusst werden könnte, wird durch die Praxis widerlegt, wonach der normale Kohlenverbrauch der nach dem Schwarz-Verfahren arbeitenden Kalksandsteinfabriken pro 1000 Steine nicht mehr als etwa 150 kg beträgt.

§ 223.

Eine Anlage nach dem Schwarz-System für eine Tagesleistung von 12000 Stück Normalziegel ist in den Fig. 226 bis 230 dargestellt (Ausführung der Aktien-Gesellschaft für industrielle Sandverwertung,

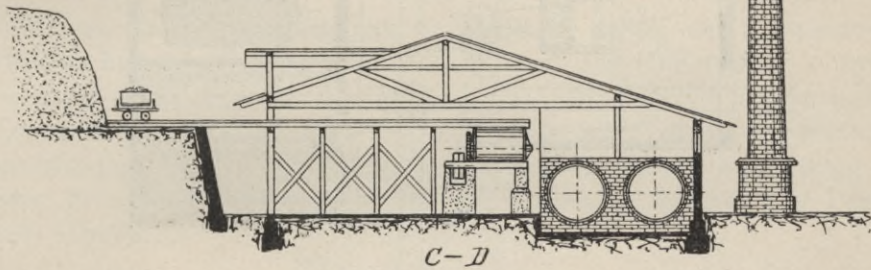


Fig. 226. Querschnitt.

Zürich-Berlin). Sie besteht aus einem Pressraum, enthaltend eine Schwarzsche Aufbereitungsmaschine, eine Rotationspresse für Mauerziegel sowie eine

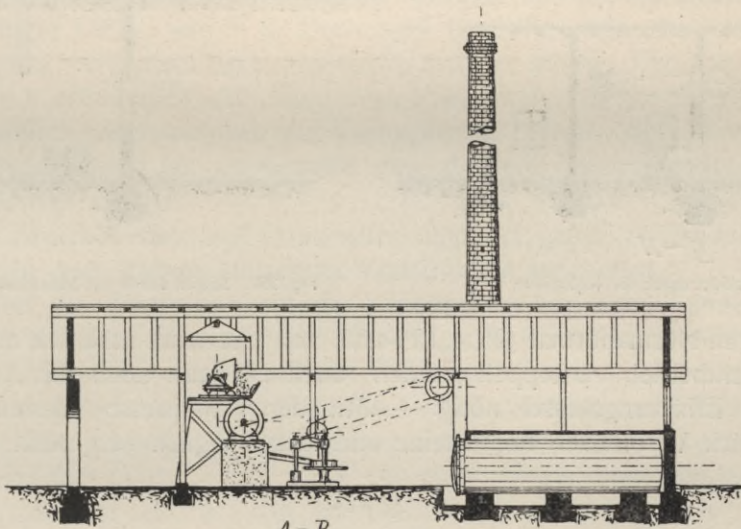


Fig. 227. Längsschnitt.

kräftige Handpresse für Verblender, Façonsteine und dergl.; sodann aus dem Erhärungsraum mit zwei Erhärungskesseln, Maschinenhaus mit liegender Dampfmaschine und Dampfkessel, Kalkmühle mit Pulverisierapparat für Ätz-

kalk und endlich aus noch zwei Lokalen, welche als Reparaturwerkstätte und Magazin Verwendung finden können. — Wie oben erwähnt, beträgt die Leistungsfähigkeit dieser Anlage im Tagbetrieb (10 Stunden) 12000 Mauer-

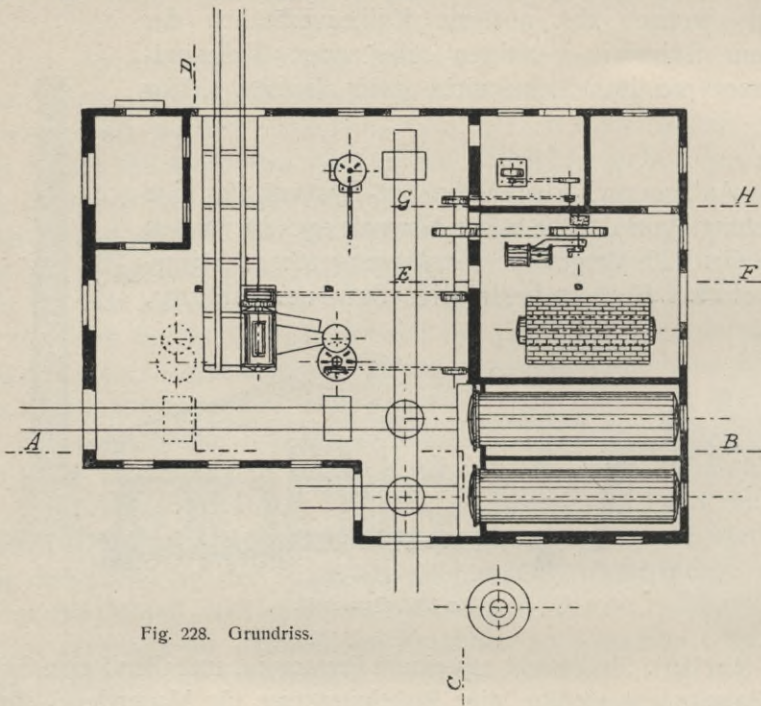


Fig. 228. Grundriss.

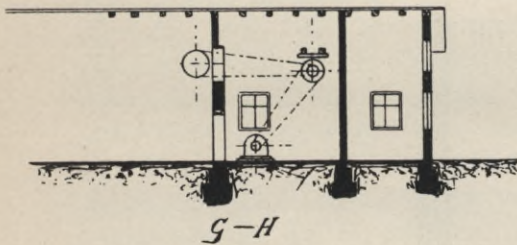


Fig. 229. Schnitt durch die Kalkmühle.

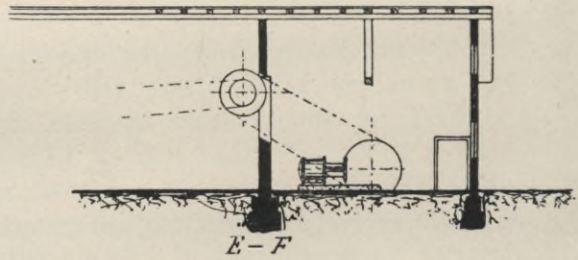


Fig. 230. Schnitt durch das Maschinenhaus.

steine vom Normalformat ($25 \times 12 \times 6,5$ cm). Sie kann natürlich durch Tag- und Nachtbetrieb verdoppelt werden, doch ist dann noch die Aufstellung weiterer Erhärtungskessel nötig. — Mit der Handpresse können bis zu 3000 Stück Verblender, Façonsteine oder dergl. täglich hergestellt werden.

§ 224.

f) Das Verfahren nach Nagel & Kaemp.

Um das Zusammenmischen von Sand und Kalk unter stets gleichbleibenden, von äusseren Einflüssen absolut unabhängigen Bedingungen zu bewirken, geht das Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. Hamburg derart vor, dass es den Sand künstlich (am besten in einer in den Fuchs

der Kesselfeuerung eingebauten Trockentrommel) trocknet und den Kalk, sei es durch Tauchen sei es in einer Trommel oder sonstwie ablöscht, siebt und lagert. Der vollständig trockene Sand wird mit dem, von nachlöschenden Kalkteilchen vollständig freien Kalkhydrat in genau abgewogenen Mengen und unter genau regelbarem Zusatz von Wasser in einer Mischmaschine, Patent Kost & Geissler (s. Seite 167), aufs Allerinnigste durchgemischt und verrieben, so dass eine hochplastische, vorzüglich pressbare Masse von absoluter Gleichmässigkeit und Genauigkeit der jeweils gewollten Zusammensetzung entsteht, wodurch die Grundbedingung für eine störungsfreie Fabrikation und ein tadelloses Fabrikat gegeben ist.

§ 225.

Wir wenden uns nunmehr zur Beschreibung der in der Kalksandsteinfabrikation hauptsächlich verwandten Maschinen und Hilfsapparate — soweit diese nicht schon bei der Besprechung der verschiedenen Aufbereitungsverfahren Erwähnung gefunden haben — und teilen diese der leichteren Übersichtlichkeit wegen in vier Gruppen: α) Apparate für die Zubereitung des Sandes, β) solche für die Zubereitung des Kalkes, γ) Mischer und Pressen und δ) Diverse.

α) Apparate für die Zubereitung des Sandes.

Wird der Sand, wie es häufig geschieht, direkt von der Grube weg verarbeitet, so sind besondere Zubereitungsapparate nicht nötig. Es sei denn, dass der Sand viel grobes Korn enthält, welches, im Falle als man Fabrikate von geringer Dicke, wie z. B. Dachziegel herstellen will, die Schärfe der Formgebung verhindern bzw. unmöglich machen würde. Dann ist es selbstverständlich erforderlich, den Sand abzusieben, während für die Fabrikation von gewöhnlichen Bausteinen das Vorhandensein verschiedener Korngrössen insofern von Vorteil ist, als dasselbe eine dichtere Aneinanderlagerung der Teile bewirkt.

Das Absieben kann auf Handsieben oder bei grösserer Produktion auf Rundsieben oder Rättern einfachster Konstruktion geschehen.

Basiert die Fabrikation auf der Verwendung trockenen Sandes — wie z. B. beim Meurer-Girardschen oder Nagel & Kaempfschen Verfahren — so sind Vorrichtungen zum künstlichen Trocknen des Sandes anzuwenden. Zum Beheizen derselben verwendet man mit Vorteil die Abgase der Dampfkesselfeuerung. Der Vorteil liegt dabei jedoch nicht in der Ausnutzung der Wärme der abgehenden Gase — weil diese bei einer richtig konstruierten Anlage nur so gross sein soll, um den erforderlichen Zug im Schornstein aufrecht zu erhalten —, sondern darin, dass man für den Sand-Trockenapparat keine besondere Feuerstelle einzurichten und im Gang zu halten braucht. Es ist nur darauf zu achten, dass bei der Bemessung der Rostfläche unter dem Dampfkessel auf das Mehr an stündlich zu verfeuerndem Brennmaterial Rücksicht genommen wird.

Meurer bewirkt die Trocknung des Sandes dadurch, dass er denselben als ununterbrochenen Regen den Schornstein der Fabrik herunterrieseln lässt, welcher im Innern mit kreuzweise versetzten Hindernissen versehen ist zwecks Verlängerung der Einwirkungsdauer der abziehenden Rauchgase auf den Sand. Um dabei Verschmutzung und Verrussung des Sandes möglichst hintanzuhalten, muss die Dampfkesselfeuerung rauchverzehrend sein.

Demselben Zwecke dient die, auf Seite 212 dieses Buches bereits beschriebene Trockentrommel, welche in den Rauchkanal eingebaut zu denken ist, und zwar so, dass die Feuergase dieselbe von aussen umspülen, daher mit dem Sand im Innern der Trommel nicht in Berührung kommen, so dass auch stark russendes Material, wie z. B. Braunkohle, zur Verfeuerung unter dem Dampfkessel verwendet werden kann.

§ 226.

§) Apparate für die Zubereitung des Kalkes.

Handelt es sich darum, den in grossen Stücken ankommenden Ätzkalk zu pulverisieren, so kommen für diesen Zweck nur Steinbrecher (s. Seite 142) und Kugelmühlen (s. Seite 216) in Frage. Das Vermahlen des Ätzkalkes hat dermassen vor sich zu gehen, dass die Arbeiter vor Staub unbedingt geschützt sein müssen, weil der Ätzkalkstaub ungemein gesundheitsschädlich ist und namentlich die Schleimhäute des Mundes und der Nase heftig angreift. Die Anlage eines Staubfängers (s. Seite 246 u. ff.) ist unter allen Umständen zu empfehlen.

Über das Ablöschen des Kalkes ist schon im ersten Teil dieses Buches, welcher von der Kalkbrennerei handelt, das Erforderliche gesagt worden. Hinzufügen möchten wir nur noch, dass zum Ausscheiden der ungelöschten Partikel aus dem trocken gelöschten Kalk mit bestem Erfolg der Windseparator der Gebr. Pfeiffer (s. Seite 164) in Anwendung gebracht wird.

Neuere Trockenlöschapparate sind die weiter oben schon ausführlich beschriebene Kalklöschtrommel (Patent R. Jäger bezw. W. Olschewsky) sowie die Kalklöschtrommel der Maschinenbau A.-G. vorm. Gebr. Forstreuter (jetzt Maschinenfabrik „Oddesse“) in Oschersleben. Die Konstruktion dieses Apparates (D. R.-P. 130501) ist aus beistehender Fig. 231 ersichtlich. Das Charakteristische derselben ist die Kombination der Löschtrommel *A* mit dem Oberflächen-Kondensator *B*, welche bezweckt, die während des Löschens in *A* entstehenden Dämpfe zu kondensieren und dadurch die Entwicklung einer jeglichen höheren Spannung in der Trommel hintanzuhalten. Indem aber die Dämpfe in *B* kondensieren und als heisses Wasser durch das Rohr *G* wieder in die Trommel *A* zurückfliessen, bleibt das zum Löschen des Kalkes als erforderlich erkannte und bestimmte, bezw. an einer Skala abgemessene Wasserquantum stets erhalten, was ein durchaus gleichmässig abgelöschtes Produkt zur Folge hat. — Nach beendeter Löschung wird die Trommel still gesetzt und entleert. Dem frisch eingefüllten Ätzkalk wird durch Öffnen des Ventils *D* sein bestimmtes, der Menge und Natur des

Kalkes entsprechende Quantum des heiss gewordenen Kühlwassers zugesetzt und der Rest des letzteren durch das Ventil C ins Kesselhaus abgeführt. Die Zuleitung des frischen Kühlwassers erfolgt bei E.

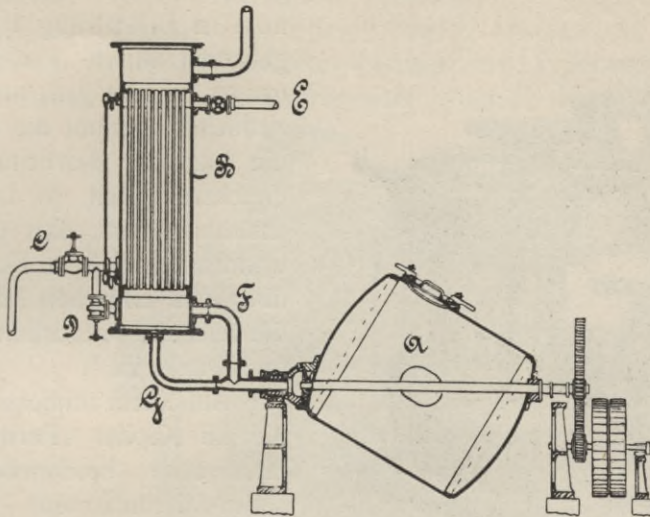


Fig. 231.

Für die Normalausführungsgrösse dieses Apparates beträgt die Füllung 6 bis 8 Ctr. (300 bis 400 kg) Kalk, welchem man im Mittel 160 bis 200 Liter Wasser zuzusetzen hat. Die Löschdauer ist je nach der Natur des Kalkes verschieden und schwankt zwischen 25 bis 40 Minuten.

§ 227.

γ) Mischer und Pressen.

Alle im Abschnitt „Portland-Cementfabrikation“ besprochenen Mischapparate können auch in der Kalksandsteinerzeugung zum Mischen Verwendung finden (s. Seite 167: Mischapparat Patent Kost & Geissler, Seite 149: Misch- und Transporttrommel und Seite 172: Gegenstrom-Mischmaschine Patent Nagel & Kaemp). Eine vorzügliche Mischwirkung entfalten auch die bekannten Apparate von Werner & Pfeleiderer in Cannstatt sowie die Mischkollergänge, welche so eingerichtet sind, dass sie auf das Material eine stark knetende Wirkung ausüben. Einen solchen Misch- und Knet-Kollergang zeigt die nachstehende Fig. 232. Der obere Teil des Apparates ist als Mischmaschine konstruiert und besteht aus einer tiefen Pfanne, in welche das Mischgut mittelst Elevators befördert wird, und in welcher sich ein Armkreuz mit eigenartig gestalteten Schaufeln dreht, die so gestellt sind, dass sie das Gut von der Peripherie allmählich nach der Mitte zu schieben, wo es herausfällt und auf einen gleichfalls rotierenden Teller gelangt. Durch die mit dem Teller verbundenen Rohre fällt das Gut in den Kollergang, in welchem es vermittelst eines verstellbaren zweiten Schaufelsystems den umgekehrten Weg macht, d. h. von innen nach aussen

transportiert wird. Die Verstellbarkeit der Schaufeln ermöglicht einen langsameren oder rascheren Durchgang des Materials und damit eine längere oder kürzere Bearbeitung durch die Kollersteine. Die Wirkung dieses von

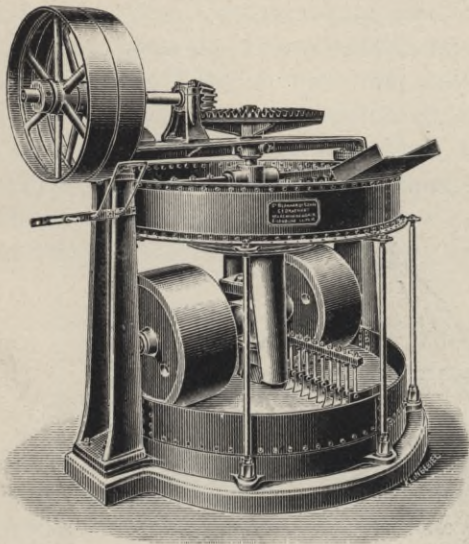


Fig. 232.

Dr. Bernhardt Sohn, G. E. Draernert in Eilenburg bei Leipzig, gebauten Misch- und Knet-Kollerganges ist eine ganz hervorragende; zweifellos gewinnt die Masse durch die intensive Bearbeitung sehr an Geschmeidigkeit, so dass man wol annehmen darf, dass der Mehraufwand an Kraft beim Kollern gegenüber dem einfachen Mischen durch die leichtere Pressarbeit wieder aufgewogen wird.*)

Auf einem ähnlichen Prinzip wie die im Kapitel „Portland-Cementfabrikation“ beschriebene Gegenstrom-Mischmaschine beruht der Differential-Doppelmischer der Elbinger Maschinenfabrik, F. Komnick vorm. H. Hotop in Elbing.

Der Apparat besteht aus einem starken schmiedeeisernen Trog, in welchem zwei parallel gelagerte Wellen mit ungleicher Geschwindigkeit rotieren und die mit Schaufeln eigenartiger Form besetzt sind. Diese Schaufeln greifen ineinander (zum Unterschied vom Gegenstrommischer, bei welchem sie aneinander vorbeigehen) und bearbeiten und verreiben das Material in kräftigster Weise.

§ 228.

Die Pressen zur Herstellung von Kalksandsteinen müssen ganz ungemein kräftig gebaut und derart konstruiert sein, dass selbst beim Hineingeraten von Fremdkörpern in die Formen Brüche und Zerstörungen wichtiger Organe der Presse ausgeschlossen erscheinen. Dabei muss die Leistungsfähigkeit der Presse verhältnismässig gross, der benötigte Kraftaufwand dagegen klein und der Verschleiss der arbeitenden Teile erträglich sein.

Der Maschinentechnik ist es natürlich nicht ganz leicht gefallen, allen

*) Nach einer von G. Beil in der diesjährigen (1903) Berliner Versammlung des Vereins der Kalksandsteinfabriken veröffentlichten Tabelle über die mittlere Druckfestigkeit einer grösseren Anzahl von ihnen untersuchter Kalksandsteine, beträgt dieselbe für mit Mischapparaten aufbereitete Steine i. M. 99 kg/qcm, für Steine aus gekollterter Masse dagegen i. M. 139 kg/qcm, woraus Beil schliesst, dass das Kollern die Festigkeit des Steines erhöht und sich namentlich überall da empfiehlt, wo es sich darum handelt, den Sand mit Kalk nicht nur zu mischen, sondern ihn auch gleichzeitig zu zerkleinern. — Bachl bezweifelte indessen die Richtigkeit der Beilschen Zahlen, weil die in Vergleich gezogenen Steine nicht aus genau gleichen Rohstoffen hergestellt waren und wies darauf hin, dass auch auf Mischmaschinen Steine mit einer Druckfestigkeit von über 200 kg/qcm erzielt werden. — Neuerdings hat der genannte Verein seinen Mitgliedern die bindende Verpflichtung auferlegt, 140 kg/qcm als Mindestdruckfestigkeit der Steine einzuhalten.

diesen einander teilweise widersprechenden Anforderungen nachzukommen und ist ja anfänglich auch auf diesem Gebiete recht viel Lehrgeld bezahlt worden. Heute kann man jedoch erfreulicherweise sagen, dass die Pressenfrage als gelöst zu betrachten ist und dass die Konstruktionen von Dr. Bernhardt-Eilenburg, Lucke-Eilenburg, Tigler-Meiderich, Amandus Kahl-Hamburg, Brück & Kretschel-Osnabrück, F. Komnick-Elbing und noch manche andere der vorliegenden Aufgabe im höchsten Masse

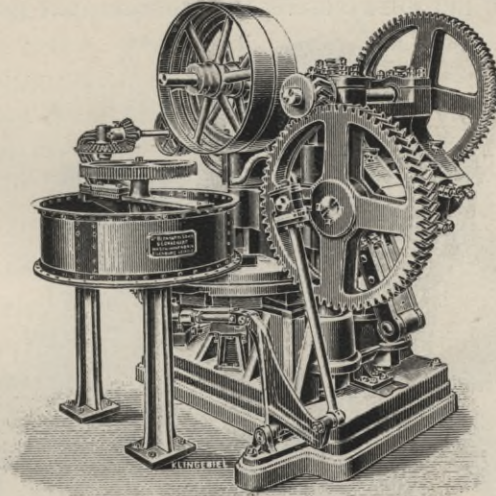


Fig. 233.

gewachsen sind. Auch die Dorstener Presse (s. Seite 176), die in der Ziegel- und Cementindustrie so viele treue Anhänger hat, hat sich in der

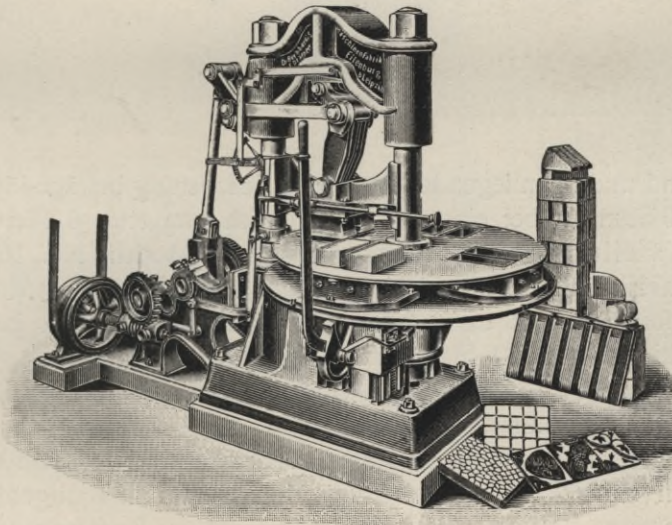


Fig. 234.

Kalksandsteinfabrikation vorzüglich bewährt. Dagegen ist uns über die Verwendung hydraulischer Pressen auf diesem Gebiete nichts bekannt geworden.

Es ist selbstverständlich unmöglich, alle die genannten Pressenkonstruktionen an dieser Stelle ausführlich zu würdigen, vielmehr gestattet uns der uns zugewiesene Raum nur einige derselben herauszugreifen und kurz zu besprechen.

Fig. 233 zeigt die Schub-Kurven-Presse (Modell No. 14) der ältesten Maschinenfabrik für Kalksandsteinpressen, Dr. Bernhardt Sohn, G. E. Draenert in Eilenburg bei Leipzig. Die Presse hat rotierenden Tisch mit 12 Formen, welche mit auswechselbaren Einsätzen aus gehärtetem Gussstahl

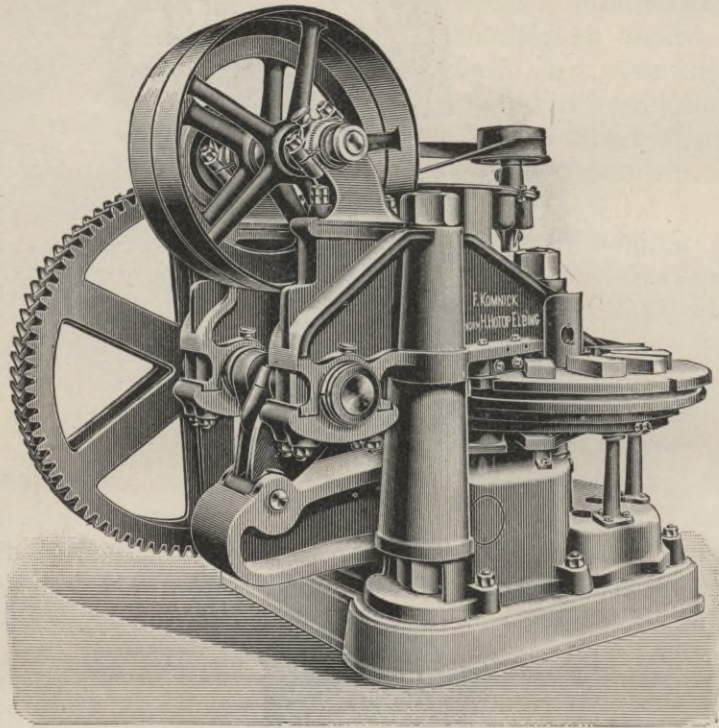


Fig. 235.

versehen sind und obenliegenden Antrieb. Die Leistung beträgt 15000 Normalsteine in 10 Stunden bei einem Kraftverbrauch von etwa 8 Pferdestärken.

Die Zwilling's-Schub-Kurven-Presse (Modell No. 16) derselben Maschinenfabrik entsteht aus dem vorstehend beschriebenen Modell No. 14 durch Anmontieren des dazu gehörigen Zwilling's. Sie hat bei doppelter Leistungsfähigkeit (30000 Steine in 10 Stunden) den grossen Vorzug der relativ (um ca. 16 %) geringeren Anschaffungskosten und ist für Massenfabrication ganz besonders geeignet.

Zur Herstellung von Façonsteinen, Dachziegeln, Flur- und Wandbekleidungsplatten baut die genannte Firma die in Fig. 234 abgebildete „Bau-materialienpresse“ (Modell 15). Auch bei dieser Konstruktion wird die Pressung durch einen Kniehebel bewirkt, welcher bis zu 180000 kg Druck auszuüben im stande ist. Der Antrieb erfolgt mittelst Riemen, kann jedoch leicht für direkte Kupplung mit einem Elektromotor eingerichtet werden.

Der Kraftverbrauch beträgt bei einer Leistung von 7000 ganzen Normalsteinen in 10 Stunden etwa 3 PS.

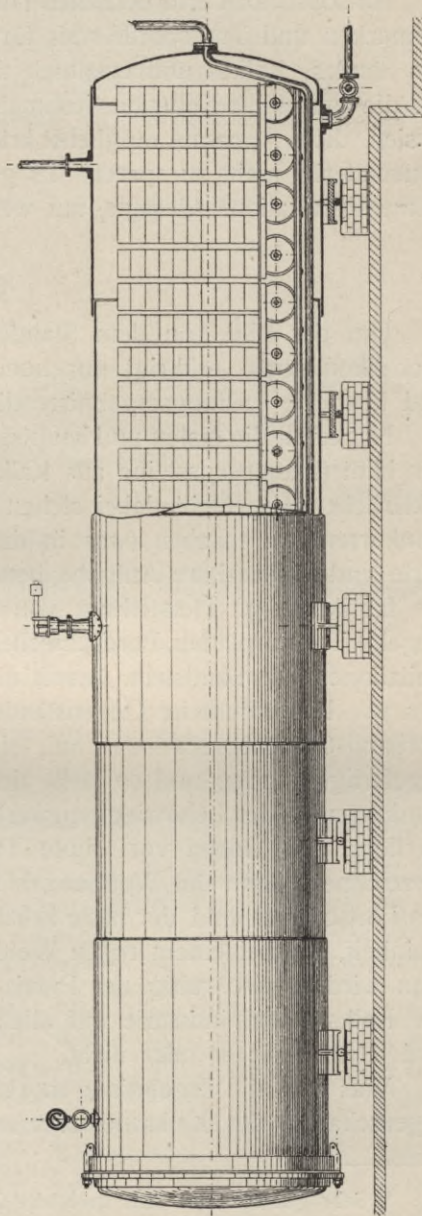
Bei der Bernhardischen Presse No. 15 erfolgt die Pressung von oben, bei No. 14, No. 16 und bei den Pressen von Lucke, Komnick u. a. von unten. Die Komnicksche Presse ist durch Fig. 235 veranschaulicht. Sie wird in zwei Modellgrößen gebaut: a) mit 12 einfachen (6 Doppel-) Formen, pro Pressung zwei Steine herstellend, für etwa 20000 Steine (Normalformat) Tagesleistung, b) mit 8 einfachen Formen, pro Pressung einen Stein herstellend, für etwa 10 bis 11000 Steine Tagesleistung.

§ 229.

δ) Sonstige Hilfsapparate.

Was für die Lehmziegelfabrik der Brennofen, das ist für die Kalksandsteinfabrik der Erhärtungskessel, in beiden vollzieht sich die Umwandlung aus dem frisch gepressten Formling in den verwendungsfähigen fertigen Baustein. Nur erfolgt diese Metamorphose im Kessel in erheblich kürzerer Zeit als im Brennofen, auch bedarf sie keiner umständlichen Vorbereitung (Vortrocknung), sondern das Einsetzen der Formlinge kann unmittelbar von der Presse weg geschehen.

Die Erhärtungskessel sind einfache cylindrische Kessel (s. Fig. 236) von gewöhnlich 1,8 bis 2 m Durchmesser und in der Länge zwischen 10 bis 20 m variierend. Die Aufnahmefähigkeit beträgt dementsprechend zwischen 5000 bis 10000 Normalsteinen. Der Betriebsdruck wird von 8 bis 10 Atmosphären gehalten, die Erhärtungsdauer beträgt 8 bis 12 Stunden. Der Kessel erhält vollständige Armatur, bestehend aus Sicherheitsventil, Ablasshahn, Manometer, Übersteigventil, Dampfverteilungsrohr und den Schienen. Besonders sorgfältig ist der abnehmbare Deckel konstruiert. Meistens wird der Kessel auf Rollen gelagert, damit er seiner Längsausdehnung folgen kann und mit



einer dicken Isolierschicht aus Kieselguhrmasse oder dergl. gegen Strahlungsverluste geschützt. Manche ziehen es vor, den Kessel, gleich jedem anderen Dampfkessel, einzumauern. Wie man sieht, ist die Konstruktion ungemein einfach und von jeder halbwegs komplet eingerichteten Kesselschmiede ohne weiteres auszuführen.

An sonst noch erforderlichen Hilfsapparaten sind die Elevatoren, Aufzüge, Schnecken und Transportbänder für den Vertikal- bzw. Horizontaltransport des Sandes, Kalkes und eventuell des Gemisches zu nennen. In Rücksicht auf die aggressive Natur der Rohmaterialien (namentlich des Sandes) empfiehlt es sich, diese Apparate möglichst kräftig und stark zu bauen und an Konstruktionsmaterial nicht zu sparen. Es gilt hier das bereits im Kapitel „Portland-Cementfabrikation“ Gesagte, auf welches hiermit hingewiesen sei.

§ 230.

Um das Bild von dem Stande der heutigen Kalksandsteinindustrie zu vervollkommen, erübrigt nur noch, einiges über die Verwendungsformen und über die Prüfungsergebnisse dieses neuen Baumaterials zu sagen.

Nachdem die ersten und hauptsächlichsten Schwierigkeiten der Fabrikation der Hintermauerungssteine aus Kalksandmasse überwunden waren, ist man erklärlicherweise nicht dabei stehen geblieben, nur dem billigen Backstein Konkurrenz zu machen (was in der Mehrzahl der Fälle sich ohnehin als harte und undankbare Aufgabe herausgestellt hat), sondern man nahm auch die fabrikmässige Herstellung von feineren Waren auf als da sind: Dachziegel,*) Trottoirplatten, Bordschwellen, Flurplatten, Treppenstufen, Werkstücke, Imitationen von Sandstein, Granit und anderen natürlichen Bausteinen u. s. w. u. s. w. Fast sämtliche Gegenstände, zu welchen man bisher ausschliesslich Portland-Cement verwendet hat, sind auch schon aus Kalksandsteinmasse angefertigt worden und so stellt sich nun diese neue Industrie nicht nur als Konkurrentin des Lehmzieglergewerbes, sondern auch der Betonindustrie dar. Es liegt kein Grund vor, diese Tatsache anders als mit Befriedigung zu verzeichnen, denn der Wettbewerb ist bekanntlich die mächtigste Triebfeder des Fortschrittes und der beste Freund des Verbrauchers, der grossen Allgemeinheit, die bei einem regen Wettbewerb nur gewinnen, nie verlieren kann. Man wird es also ruhig der Praxis überlassen können, zu entscheiden, ob die Kalksandsteinindustrie auf allen den genannten Gebieten wettbewerbs- und lebensfähig ist oder nicht.

Was nun die Ergebnisse von Untersuchungen der technisch wichtigsten Eigenschaften des Kalksandsteins anbelangt, so liegt hier trotz der Jugend

*) Sehr gut scheinen sich in letzter Zeit die Kalk-Sand-Dachziegel zu bewähren, um deren Einführung sich u. a. C. Lucke in Eilenburg und die weiter oben mehrfach erwähnte Firma Dr. Bernhardt Sohn, G. E. Draenert in Eilenburg, verdient gemacht haben. Die unter hohem Druck hergestellten Dachziegel erhalten eine beliebig gefärbte Cement-Kalt-Glasur, wodurch sie absolut wetterbeständig werden. Die Herstellungskosten eines derartigen Ziegels sollen ungefähr den dritten Teil jener des glasierten Ton-Dachziegels betragen.

dieser Industrie bereits ein ungemein reichhaltiges Material vor. Die Erklärung dafür ist naheliegend; hatte doch jede neu entstandene Fabrik das allergrösste Interesse daran, ihre Erzeugnisse einer objektiven Prüfung unterwerfen zu lassen, welche den zahlenmässigen Nachweis von der Güte und Zuverlässigkeit ihres Fabrikates erbringen sollte. Diese amtlichen Prüfungsatteste haben sich im Daseinskampfe der Kalksandsteinindustrie in der Tat als eine vorzügliche Waffe erwiesen, deren systematischer Anwendung der grosse Aufschwung derselben in erster Reihe mit zu verdanken ist.

Die Prüfung des Kalksandsteins erstreckt sich in der Regel auf:

- a) die Druckfestigkeit,
- b) das Wasseraufnahmevermögen,
- c) die Frostbeständigkeit.

§. 231.

Nachstehend folgen die Ergebnisse einiger derartiger Untersuchungen, ausgeführt in der Königl. mech.-techn. Versuchsstation in Charlottenburg.

A. Ergebnisse der Prüfungen

auf Wasseraufnahme und Druckfestigkeit von Kalksteinen, die im Feuer gewesen waren.

Probenform und Abmessungen: Vollsteine; mittlere Abmessungen: $25_{,0} \times 12_{,0} \times 6_{,0}$ cm.

Zugerichtete Versuchsstücke: ¹⁾ $25_{,0} \times 12_{,0} \times 15_{,0}$ cm.

Gedrückte Fläche = 300 qcm.

Probe No.	Wasseraufnahme-Vermögen						Druckfestigkeit der vom Feuer bestrichenen Steine im trockenem Zustande geprüft					
	Gewicht					Wasser- aufnahme		Probe No.	Ge- wicht kg	Belastungen kg ²⁾		
	bei der Einlie- ferung kg	nach dem Trock- nen kg	nachdem die Proben 24 Stunden unter Wasser gelegen kg	96 kg	125 kg	der Probe kg	be- rechnet auf 1 kg Proben- gewicht			bei der Riss- bildung	bei der Zer- störung	
1	3,500	3,330	3,764	3,783	3,783	0,453	0,136	}		Risse und Zer- störung fielen zu- sammen	57 300	
2	3,351	3,258	3,683	3,713	3,713	0,455	0,140				12	54 310
3	3,473	3,373	3,823	3,842	3,842	0,469	0,139				13	55 810
4	3,423	3,284	3,764	3,787	3,787	0,503	0,153				14	57 800
5	3,608	3,438	3,836	3,869	3,869	0,431	0,125				15	55 310
6	3,425	3,308	3,756	3,773	3,773	0,465	0,141				16	52 820
7	3,495	3,332	3,773	3,793	3,793	0,461	0,138				17	58 790
8	3,482	3,353	3,784	3,801	3,801	0,448	0,134				18	61 780
9	3,594	2,473	3,885	3,921	3,921	0,448	0,129				19	40 880
10	3,403	3,273	3,713	3,736	3,736	0,463	0,141				20	
Mittel	3,475	3,342	3,778	3,802	3,802	0,460	0,138				54 977	

Mittlere Druckfestigkeit B in kg/qcm

183

Bemerkungen:

- 1) Die zwei Steine wurden mit Portland-Cementmörtel aufeinander gemauert und auf beiden Druckflächen mit demselben Mörtel abgeglichen.
- 2) Die Zahlen sind nur bis $\pm 2,5\%$ zuverlässig.

Die Baupolizei verlangt bei gewöhnlichem Ziegelmauerwerk eine gewöhnliche Beanspruchung von 7 kg pro qcm, d. i. bei 10facher Sicherheit eine Druckfestigkeit von nur 70 kg, während die Festigkeit dieser im Feuer gewesenen Kalksandsteine noch eine 26fache der zulässigen ist.

B. Ergebnisse der Prüfungen auf Druckfestigkeit
von Kalksandsteinen, die nicht im Feuer gewesen waren.

Probeform: Normalziegelformat.

Abmessungen: $25,0 \times 12,0 \times 6,5$ cm.

Zugerichtete Versuchsstücke:¹⁾ $12,0 \times 12,0 \times 14,5$ cm.

Gedrückte Fläche = 144 qcm.

Druckfestigkeit							
Nach dem Gefrieren der wassersatten Proben im wassersatten Zustande geprüft ²⁾				Im trockenen Zustande geprüft ³⁾			
Probe No.	Gewicht kg	Belastungen kg ⁴⁾		Probe No.	Gewicht im An- lieferungs- zustande kg	Belastungen kg ⁴⁾	
		bei der Rissbildung	bei der Zerstörung			bei der Rissbildung	bei der Zerstörung
1	/		30 180	11	/		42 620
2			29 190	12			36 900
3			26 450	13			30 930
4		Risse und	33 170	14		Risse und	35 410
5		Zerstörung	33 670	15		Zerstörung	42 120
6		fielen	30 939	16		fielen	31 930
7			32 170	17			26 950
8		zusammen	33 920	18		zusammen	37 400
9			29 940	19			34 410
10			36 400	20			24 460
Mittel	3,960	—	31 602	—	3,600	—	34 313
Mittlere Druckfestigkeit B in kg/qcm			219				238

Bemerkungen:

- 1) Die Mauersteine wurden mit der Säge in zwei Hälften geschnitten, diese mit Portland-Cement aufeinander gemauert und auf beiden Druckflächen mit Portland-Cement abgeglichen.
- 2) Zehn Steine, welche 150 Stunden im Wasser gelegen hatten, wurden vor dem Schneiden 25mal einer Kältewirkung von etwa -12° C. ausgesetzt und im Wasser von Zimmerwärme aufgetaut.

- 3) Die Versuchsstücke wurden bis zu gleichbleibendem Gewicht getrocknet.
 4) Die Zahlen sind nur bis $\pm 2,5\%$ zuverlässig.

C. Ergebnis der Prüfung auf Frostbeständigkeit.

Zu der Prüfung auf Frostbeständigkeit wurden zehn Kalksandziegel zunächst 150 Stunden in Wasser gelegt und darauf 25mal hintereinander abwechselnd je vier Stunden dem Froste von etwa -12° C. ausgesetzt und je drei Stunden in Wasser von Zimmerwärme wieder aufgetaut.

Nach dieser Beanspruchung zeigten sich die Proben unversehrt.

D. Ergebnisse der Prüfungen auf Druckfestigkeit von Kalksandsteinen im trockenen Zustand geprüft.

Bezeichnung bzw. Ursprung der Proben: „Künstliche Bausteine“ aus Kalk, Sand und Ton, hergestellt am 4. Februar 1901.

Farbe: rötlich-braungrau.

Art und mittlere Abmessungen der Proben: Vollsteine $18,0 \times 9,0 \times 4,5$ cm.

Mittleres Gewicht der Proben:

im Anlieferungszustande 1,601 kg

im trockenen Zustande 1,572 kg.

Abmessungen der Versuchsstücke im Mittel: $8,6 \times 9,0 \times 11,3$ cm.

Probe No.	Belastung kg	
	bei der Rissbildung	bei der Zerstörung
1		18 840
2		20 940
3		21 140
4	Risse und Zerstörung fielen zusammen	24 400
5		20 300
6		20 640
7		23 650
8		20 300
9		19 850
10		—
Mittel		21 118
Mittlere Druckfestigkeit B. in kg		274

Bemerkung: Wie unter 1 B.

Die Prüfungsobjekte der Versuche A bis C entstammen der Fabrik von W. Olschewsky in Coswig i. A., jene des Versuches D sind nach dem Verfahren Meurer-Girard hergestellt; die Probe auf Frostbeständigkeit wurde von letzteren gleichfalls tadellos bestanden.



Sach-Register.

- Abbinden 257. 312. 323.
Ablöschen 3.
Abnutzbarkeit 271. 288.
Aetzkalk 1.
Alkalien 126.
Allgemeine Regeln für Entstäubungs-Anlagen 252.
Anfertigung der Probekörper 261. 316.
Anlage von Kalkwerken 112.
Anstrich 281.
Apatit 2.
Apparate f. d. Zubereitung des Sandes 343.
Apparate f. d. Zubereitung des Kalkes 344.
Arbeitsprozess 129.
Aspirations-Bürstenschnecke 250.
Aufbereitung im allgemeinen 146.
Aufbereitungs-Apparat nach Schwarz 339.
Aufbewahren des gebrannten Kalkes 89.
Aufgehen des Kalkes 94.
Ausbeute an Beton 295.
Austernschalen 11.
Auswahl der Materialien für Beton 294.
Automatische Wage 149. 172.
- Bandtransporteur 245.
Bedingungen für die Anlage von Portland-Cementfabriken 125.
Begriffserklärung von Portland-Cement 125. 311. 321.
Bergkalk 5.
Bergmilch 11.
Beton 282.
Betonbereitung 291
Betonbettung 308.
Betonmaschinen 298—302.
Betonschüttung 302.
Biegefestigkeit 271.
- Bimsstein 111.
Bindezeit 257. 312. 324.
Braunkalk 9.
Brechschnecke 144.
Brennen des hydraulischen Kalkes 76.
Brennen des Kalkes im allgemeinen 19.
Brennen des Kalkes in Feldöfen 23.
Brennen des Kalkes in gemauerten Öfen 28.
- Calorimeter 15.
Cementbretter 307.
Cement, dolomitischer 107.
Cementfarben 279.
Cementkalkmörtel 276.
Cementmüllerei 216.
Cementputz 277.
Cementwarenfabrikation 306.
Centrifugalsichter 162.
Cohrssche Trocknerei 186.
Cyclone 251.
Cylinderöfen 54.
- Desintegrator 153.
Dietzsch-Etagenöfen 116. 190.
Differential-Doppelmischer 346.
Dolomit 2.
Dolomit-Cement 107.
Dolomit-Mergel 10.
Doppel-Pendelmühle 222.
Doppel-Separator 165.
Dorstener Presse 176. 346.
Drehofen 119. 206.
Drehofen der Brennöfen-Bauanstalt 210.
Drehofen von Hurry & Seaman 207.
Drehofen von F. L. Smidth 214.
Duckstein 108.

- Eigenschaften des Betons 282.
 Eigenschaften des Kalkes 1.
 Eigenschaften des Portland-Cementes 253.
 Eisenoxyd 128.
 Elevatoren 239.
 Erbsenstein 6.
 Ergänzung der Normen 318.
 Erhärtung 259.
 Erhärtungskessel 348.
 Estrich 308.
 Excelsior-Waschmaschine 292.

 Fahrstuhl-Aufzug 241.
 Fallwerk 297.
 Farbe des Portland-Cementes 255.
 Federpendelmühle 222.
 Feinheit der Mahlung 254. 313. 324.
 Feldöfen 23.
 Festigkeit 259. 285. 288. 324. 325.
 Festigkeitsprüfung. 264. 324.
 Fettkalk 3.
 Feuerungen an Kalköfen 30.
 Filterpressen 133.
 Filtrations-Methode 247.
 Fixöfen 48.
 Flaschenöfen 48.
 Fliesen aus Cement 307.
 Fluatieren 282.
 Förderschwinge 243.

 Gasfeuerung 65.
 Gaskalköfen 65.
 Gedeihen des Kalkes 3. 94.
 Gegenstrom-Mischmaschine 172.
 Gehwegplatten 307.
 Gemischte Cemente 323.
 Generator 65.
 Generatorgas 66.
 Gloriamühle 154.
 Grand 97.
 Griesmühle 227.
 Griffinmühle 220.
 Grus 97.

 Halbtrocken-(Halbnass-)Verfahren 147. 170.
 Halbwassergasofen 75. 199.
 Hammerapparat 262.
 Heizeffekt 32.
 Hilfsapparate 238.
 Hochdruckdampf-Erhärtung 326.
 Hochofenschlacke 112.
 Horizontaltransport 243.
 Hydraulische Presse 178. 265.
 Hydraulischer Kalk 105. 107. 320.
 Hydraulischer Mörtel 104.
 Hydraulische Zuschläge 108. 321. 322. 323.
 Hygrometer 259.

 Jurakalk 5.

 Kalk 1.
 Kalk, kohlensaurer 1. 125.
 Kalk, kompakter 5.
 Kalk, krystallinischer 4.
 Kalkgruben (-Kuhlen, -Kuten, -Löcher) 94.
 Kalkhacke 93.
 Kalkkästen 93.
 Kalkmergel 9.
 Kalkmergelnieren 10.
 Kalkmilch 3.
 Kalköfen 33. 36. 47. 54.
 Kalköfen Aalborg 62.
 Kalköfen Deplinne & Donop 39.
 Kalköfen Fahnehjelm 70. 73. 117.
 Kalköfen Fink 37. 95.
 Kalköfen Gerhardt 71.
 Kalköfen Hofmann 62.
 Kalköfen Khern 53.
 Kalköfen Loeff 41. 56.
 Kalköfen Mihálik 76.
 Kalköfen Schmatolla 74.
 Kalköfen Schwarz Gebr. 43.
 Kalköfen Steinmann 69.
 Kalköfen Theurer & Hansen 75.
 Kalköfen Dr. Zwick 45. 46.
 Kalksandsteinfabrik Elbing 337.
 Kalksandsteinfabrik Schwarz 341.
 Kalkspat 4.
 Kalksteinschiefer 6.
 Kalkwasser 3.
 Kammerspeicher 229.
 Kanalleitungen 306.
 Kanaltrocknerei 180.
 Karren 238.
 Kellersche Trockenmethode 185.
 Kettenschlepprinne 244.
 Kieselsäure 127.
 Kippschuhverschluss 147.
 Kippwagen 238.
 Klinkerlagerung 215.
 Kniehebelpresse 178.
 Kohlenmühlen 212.
 Kohlentrockner 212.
 Kollergang 150. 345.
 Kreide 57.
 Künstliche Erhärtung 326.
 Kugelmühle 216.
 Kunstsandstein 307.

- Langsambinder 257. 312. 323.
 Liaskalk 5. 319.
 Libanofen 197.
 Löschbütte 93.
 Löschen des Kalkes 91.
 Löschrücke 73.
 Löschtrommel, Forstreuter 344.
 Löschtrommel, Jäger-Olschewsky 329.
 Lokomotiven 238.
 Luftkalk 319.
 Luftmörtel 97. 276.
- Magerkalk 3.
 Magnesia 128.
 Mahlgang-Oberläufer 157.
 Mahlgang-Untersläufer 158.
 Makadam 308.
 Mauerspeise 97.
 Meilerofen 25.
 Mergel 9.
 Messgefäß 147.
 Mischanlage 171.
 Mischer für Kalksandstein 345.
 Mischkoller 345.
 Mischmaschine 167.
 Mischungsverhältnis 99. 126. 274. 276.
 Misch- und Transporttrommel 149.
 Mittelbinder 257.
 Modul 129.
 Mörtel 97. 274.
 Mörtelausbeute 275. 277.
 Mörtelmaschinen 101. 104.
 Mörtelmischer 261.
 Montmilch 11.
 Mosaik 307.
 Mühlsteine 159.
 Muschelkalk 11.
 Muscheln 11.
- Nadelapparat 258.
 Nass-Kollergang 132.
 Nass-Mahlgang 132.
 Nass-Verfahren 130.
 Natürlicher Portland-Cement 126.
 Netzschnecke 169.
 Niederdruckdampf-Erhärtung 327.
 Normalbinder 257.
 Normalmörtel 261.
 Normalsand 260.
 Normen, deutsche 311.
 Normen, schweizer (Auszug) 319.
- Oberläufer-Mahlgang 157.
 Ofen (Cementbrenn-), Aalborg 196.
 Ofen (Cementbrenn-) Brennöfen-Bauanstalt 210.
 Ofen (Cementbrenn-), Dietzsch 116. 190.
 Ofen (Cementbrenn-), Hoffmann 201.
 Ofen (Cementbrenn-), Hurry & Seaman 207.
 Ofen (Cementbrenn-), Liban 197.
 Ofen (Cementbrenn-), Riisager 197.
 Ofen (Cementbrenn-), Schacht- 188.
 Ofen (Cementbrenn-), Schmidt 194.
 Ofen (Cementbrenn-), Schneider 199.
 Ofen (Cementbrenn-), Smidth 214.
 Ofen (Cementbrenn-), Stein 199.
 Ofen (Cementbrenn-), Theurer & Hansen 199.
 Oolith 5. 6.
- Pack-Silos 230.
 Packvorrichtungen 233—236.
 Partialofen 89.
 Plänerkalk 5.
 Plandarre 135.
 Propellerrinne 244.
 Prüfungsergebnisse 350—353.
 Puzzolan-Cement 322.
 Puzzolanen 108.
 Puzzolanen (künstliche) 112. 321. 323.
 Puzzolanerde 110.
- Raschbinder 257.
 Raumbeständigkeit s. auch Volumenbeständigkeit 216. 313. 324.
 Raumbeständigkeit, Proben auf—, nach den Normen 266. 313.
 Raumbeständigkeit, Proben auf—, abgekürzte 267.
 Raumbestimmungsbestimmung 265.
 Reformmühle 153.
 Regenerativfeuerung 67.
 Regenerator 66.
 Riisager („R“)-Ofen 197.
 Ringofen, Eckardt 83.
 Ringofen, Hoffmann 201.
 Röhren aus Cement 306.
 Roggenstein 6.
 Rohmasse 134.
 Rohmehl 134.
 Rohrmühle 225.
 Rollbahnwage 148.
 Romancement 105. 107. 320.
 Rüdorsdorfer Ofen 55. 58.
 Rührwerke 130. 132.
 Rumford-Ofen 54. 61. 115.

- Sackklopfmaschine 237.
Sackschüttelmaschine 238.
Sand 97. 292. 294.
Santorinerde 111.
Schachtofen für Cement 188.
Schärfung der Mühlsteine 160.
Schaukelaufzug 240.
Scherfestigkeit 270.
Schlackencement 323.
Schlämmen der Kreide 130.
Schlämmen des Sandes 98.
Schlämmgruben 132.
Schleifmaschine 272.
Schlot 297.
Schnellerofen 48.
Schrägtransporteur 243.
Schurrsieb 163.
Schwefelsaurer Kalk 2. 128.
Sechskantsortierer 161.
Silospeicher 232.
Speisepfannen 93.
Speiss 97.
Spezifisches Gewicht 255.
Stampfen des Betons 305.
Staubbeseitigung 246.
Staubfänger Amme, Giesecke & Konegen 250.
Staubfänger Beth 248.
Staubfänger Nagel & Kaemp 247.
Staubkammern 247.
Steinbrecher 142.
Stinkstein 8.
Strangpresse 174.
Sümpfen 93.
Süßwasserkalk 5.
System Coignet 310.
System Hennebique 310.
System Hyatt 310.
System Koenen 310.
System Monier 309.
System Ransome 310.
System Wilson 310.
- Tasterapparat 267.
Teil- u. Mischmaschine. 167.
Ten Hompels System 231.
Terrazzo 307.
Tonerde 126. 128.
Tonmergel 9.
Tonschneider 175.
Totbrennen 2. 20.
Transportschnecke 244.
- Trass 108.
Treiben, Treiber 266.
Trichterofen 48.
Trockenmörtel 340.
Trockenpressen 176. 177. 178. 346.
Trockentrommeln 136.
Trockenturm 135.
Trockenverfahren 134.
Trommelsieb 131.
Tunneltrocknerei 182.
- Übergangskalk 5.
Unterläufer-Mahlgang 158.
Untersuchung der Kalksteine 12.
Unterwindgebläse 195.
- Verbesserter Etagenofen 194.
Verfälschung von Portland-Cement 269.
Verfahren nach Kleber 336.
Verfahren nach Komnick 336.
Verfahren nach Meurer-Girard 334.
Verfahren nach Nagel & Kaemp 342.
Verfahren nach Olschewsky 328.
Verfahren nach Schwarz 338.
Verhalten des Betons 288. 289.
Verhalten des Portland-Cementes 272.
Verpacken der fertigen Ware 233—236.
Verpackung und Gewicht 311. 323.
Versenken von Betonkästen 304.
Versetzen von Betonblöcken 305.
Versuche von La Rochelle 290.
Versuche von Dyckerhoff 291.
Vertikaltransport 239.
Volumenbeständigkeit 266. 313. 324.
Volumenometer 255.
Vorbrech-Walzwerke 144.
- Wachsen des Kalkes 394.
Walzenstühle zum Feinschroten 151.
Walzenstühle zum Vorbrechen 144.
Walzverfahren 173.
Wassergas 68.
Wassermörtel 97. 108.
Wetterfestigkeit 272.
Windwerke 241.
Windseparator 164.
- Zechstein 5.
Zerreissapparat 264.
Ziegelpressen 174.
Zugform 262.
Zug- und Druckfestigkeit 260. 266. 314.
Zusammensetzung des Portland-Cementes 253.

Namen-Register.

- Aktien-Ges. für industrielle Sandverwertung
Zürich-Berlin 339. 341.
Alsen 186.
Amme, Giesecke & Konegen 153. 212. 235.
250.
Amsler & Laffon 265.
Aspdin 123.
Atlas-Cement-Co. 207.
Bach 285. 286.
Bauschinger 267. 271. 285. 287. 288.
Becker & Klee 327.
Belelubsky 291.
Berggreen 130. 173.
Bernhardi, Dr. 346. 347. 348.
Beth 248.
Bleibtreu 124.
Böhme 262. 272. 288.
Bonniceau 309.
Bormann-Zix 334.
Brennöfen-Bauanstalt 207. 210.
Brinck & Hübner 154.
Bruckmann 224.
Brück & Kretschel 346.
Brückner 217.
Büsing 289.
Carlshütte Alfeld 234. 235.
Candlot 290.
Chemisches Laboratorium Berlin 19. 265.
Cohrs 186.
Coignet 310.
Cramer 263. 265.
Cressy & Co. 327.
Cummer 136. 137. 182.
Davidsen 225.
Delbrück 124.
Deplinne-Donop 39.
Deval 291.
Dietzsch 190.
Dittmar 84.
Dolberg 239.
Dolomieu 2.
Dorsten 176. 346.
Dyckerhoff 186. 260. 276. 287. 291. 295.
Eckardt 83.
Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) Hamburg
131. 136. 137. 144. 151. 153. 163. 171. 173.
178. 212. 222. 237. 239. 243. 247. 342. 343.
345.
Erdmenger, Dr. 124.
Fahnehjelm 70. 73.
Feichtinger 106. 107. 109. 112. 126. 127. 158.
Fink 37. 59.
Fellner & Ziegler 136.
Forell 210.
Forstreuter, Gebr. 344.
Frühling, Dr. 264.
Gaiser 222.
Ganz & Co. 178.
Gary 289.
Gauhe, Gockel & Co. 102. 298.
Geislingen 251. 301.
Geissler 154.
Gerhardt 71.
Girard 334. 335. 343. 353.
Goslich, Dr. 221. 223.
Gresly-Rouge 98.
Griffin 220.
Grundmann 186.
Hartig 285. 286.
Hauenschild 124.
Hausding 71.
Heeren 40.
Heintzel, Dr. 124. 267.
Hennebique 310. 311.
Hoffmann 83. 201.
Hotop 74. 84. 89. 112.
Huckauf & Bülle 178.
Hüser 284.
Huntington 220.
Hurry & Seaman 207.
Hyatt 310.
Jäger 328. 329. 344.
Jochum, Dr. 167.

- Kahl 346.
Keller 185.
Khern 53.
Klaproth 111.
Kleber 336.
Klose 127. 128.
Knapp 14.
Koenen 309. 310.
Komnick 336. 346. 348.
Koppel 239.
Kost & Geissler 167. 343. 345.
Krantz 297.
Krupp-Grusonwerk 145. 153. 167. 217. 227.

Le Chatelier 291.
Lefort 311.
Ljamin 126.
Liban 197.
Linnenbrügge 195.
Loeff 41. 56.
Löhnert 218.
Lucke 178. 346. 348.

Maclay 267.
Manger 279.
Marcus 244.
Martens 263. 265.
Martini 98. 292.
Meurer 334. 335. 343. 344. 353.
Meyer-Malstatt 271.
Meyer-Osnabrück 186.
Michaëlis, Dr. 124. 127. 129. 253. 263. 264.
267. 271. 326. 327.
Mihálik 14. 77.
Möller & Pfeifer 136. 140. 180. 182.
Monier 308. 309. 310.
Mumford & Moodie 164.

Naske 173. 183. 215. 220. 252. 267.
Neffgen 327. 336.

„Odesse“ 344.
Olschewsky 88. 328. 329. 344. 353.
Orenstein & Koppel 239.

Pallenberg 132. 178.
Pasch 106. 107.
Pasley 124.
Pavin de Laforge 311.
Pfeiffer, Gebr. 164. 165. 329. 344.
Polysius 158. 178.
Prüssing 221. 267.

Quistorp 186.

Ransome 310.
Redlich, Orenstein & Spitzer 160.
Reuther & Reisert 149. 172.
Riisager 197.
Rivot 106. 107.
Rumford 61.

Sachsenberg 217.
Sanders 311.
Schlickeysen 101. 302.
Schmatolla 74.
Schmelzer 175. 261.
Schmidt 194. 195.
Schneider 199.
Schoch, Dr. 106. 107. 127. 254. 266.
Schöfer 62. 196.
Schopper 265.
Schott 220. 221.
Schule 243.
Schumann, Dr. 255. 275. 277. 284.
Schwarz, Gebr. 43.
Schwarz, W. 338. 339. 340. 341.
Seger, Dr. 263. 265.
Siemens 66.
Siordet 220.
Smeaton 123.
Smidth & Co. 62. 136. 148. 196. 214. 225.
226.
Sonnet 199.
Stein 199.
Steinbrück 261.
Steinmann 68. 199.
Suchier 256.

Ten Hompel 231.
Tetmajer 105. 267.
Theurer & Hansen 75. 199.
Tigler 346.
Triest 22.

Versuchsanstalt, Kgl., Charlottenburg 258.
261.
Vicat 90. 105. 123. 258.
Vitruv 326.

Wayss 309.
v. Weiler 111.
Wilson 310.
Winkler 178.
Wolfram 100.

Zernikow, Dr. 326.
Zwick, Dr. 45. 46.



Vorbrecherei und Trocknerei der Hannoverschen Portland-Cement-Fabrik Act. Ges.
vorm. (Kuhlemann & Meyerstein), Misburg bei Hannover

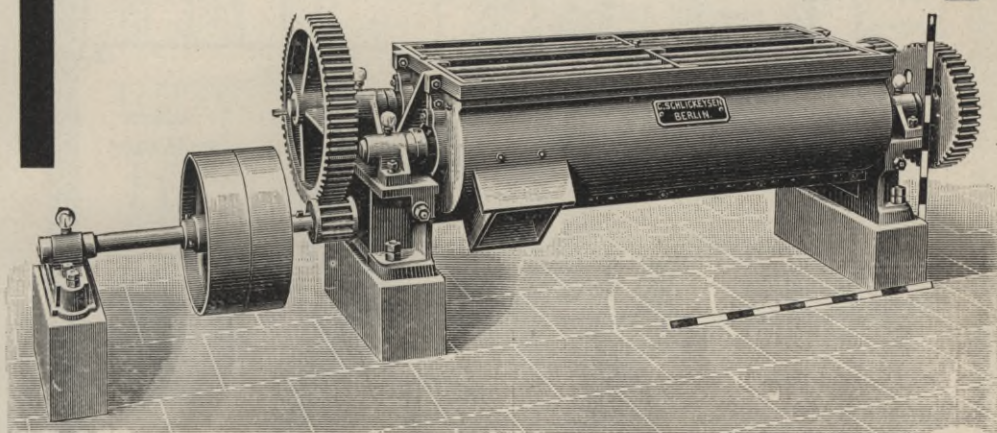
C. SCHLICKEYSEN

BERLIN-RIXDORF

Maschinen-Fabrik für Ziegel-, Torf-, Thonwaaren-
und Mörtel-Fabrikation

am Bahnhof Rixdorf.

Seit 1884 auf grossen Bauten des In- und Auslandes
im Gebrauch. Arbeitet vollständig automatisch und continuirlich.
Auf Wunsch mit Elevator.



Beton-Maschine No. 2

Diese Betonmaschinen werden in 4 Grössen zu 3, 6, 10
und 20 Kubikmeter Leistung in 1 Stunde angefertigt.

Energischste Mischung.

Dichteste Beton-Blöcke.

Sie mischt zuerst Sand und Cement trocken, dann das Gemisch
mit Wasser und presst es zuletzt in einen grossen kräftigen Misch-
und Imprägnier-Apparat, der es mit Kies oder Steinschlag energisch
zusammenknetet und auspresst.

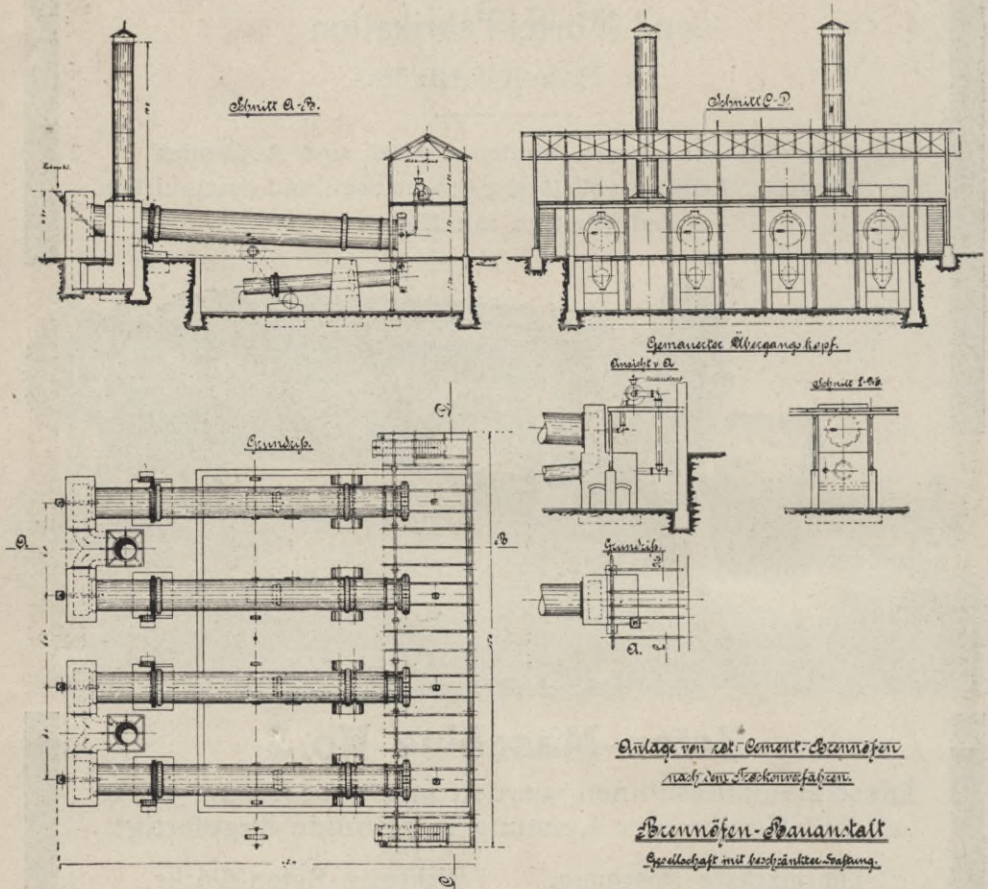
Diese Beton-Maschinen geben durch energische Knetung und
Mischung die widerstandsfähigsten Beton-Blöcke bei der höchsten
Leistungsfähigkeit gegenüber dem alten Verfahren des Mischens
aller Materialien durch Durcheinander-Schütteln derselben.

Mehrere Exemplare stets auf Lager.

Brennöfen-Bauanstalt

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Hamburg, Posthof.



Wir bauen
als Specialität „Rotierende Oefen“
zum Brennen von Portland-Cement

aus Schlamm oder Rohmehl, Weiss - Kalk,
Hydraul. Kalk, Gyps und anderer Stoffe.

Die besten Trockenanlagen

liefern

Möller & Pfeifer
Berlin.

Trocken-Trommeln
Trocken-Kanäle
mit indirekter Heizung.

Trocken-Kanäle
mit direkter Heizung
und
Centralfeuerungen.


Höchste Verdampfungs-
Ziffer.

Trockenanlagen.

**Neuestes
Verfahren**

zur Herstellung
unmittelbar

brennfähiger

 **Rohmasse**
aus Schlamm bei

Benutzung bisheriger
Schachtofen unter Ver-
meidung jeder Ziegelei
und Steintrocknerei.

Prospekte, Anschläge, Projekte kostenlos.
Berlin W. 10, Friedrich Wilhelmstr. 19

Telephon-Amt IV 2229.

Telegramme an: Trockenprozess Berlin.

Maschinenfabrik

L. Schmelzer Magdeburg

Bahnhofstrasse 16

Civil-Ingenieur

Ziegeleibesitzer

liefert als Specialität seit 1861 für Cementfabriken:

Ziegelmaschinen

neuester Construction mit Compensations-Schnecken
o o und contraspiralförmigen Stäben (Patent) o o

Walzwerke, Brechwerke, Thonschneider, Schlamm-
Maschinen, Trockenkollergänge, Nasskollergänge, Thon-
aufzüge, Elevatoren, Bremsfahrstühle, Förder-
maschinen, Förderwagen, Kippwagen, Karren, Dampf-
maschinen und Transmissionen nach System Sellen
und Ringschmierlager.

Unter Anderen lieferte ich an folgende Cementfabriken
Ziegelmaschinen:

Eisen'sche Portland-Cementfabriken in Itzehoe.
Cement-Fabrik in Porta Westfalica.
Hallsche Cement-Fabrik in Halle a. S.
Pommerscher Industrie-Verein a. H. in Stettin.
Oberschlesische Portland-Cementfabrik in Oppeln.
Schmidt, Brosang & Co. in Wunstorf.
Stettin-Bredower Portland-Cementfabrik in Bredow bei Stettin.
Wickling'sche Portland-Cementfabrik in Lenggerich.
Württembergisches Portland-Cementwerk in Krauffen a. Neckar.
Portland-Cement-Fabrik „Stern“ in Finkenwalde.
Preussische Portland-Cementfabrik in Neustadt i. Westpreussen.
Schlesische Actien-Gesellschaft für Portland-Cement-Fabrikation in
Groschowitz b. Oppeln.
Breitenburger Portland-Cementfabrik in Lägerdorf i. Holstein.
Cement-Fabrik in Podol bei Prag.
Ledeczer Cement-Fabrik in Ledecz bei Illawa i. Ungarn.
Gräflich Roon'sche k. u. k. aussch. priv. Portland- und Roman-Cement-Fabrik in
Labatlan bei Sattel-Neudorf i. Ungarn.
Portland-Cementwerke in Dittingen i. d. Schweiz.
Fabrique Suisse de Cement Portland in St. Sulpice Con. Neudatel i. d. Schweiz.
Moskowlische Actien-Gesellschaft in Podolsk bei Moskau.
Portland-Cement-Fabrik Lasy i. Rußland.
Fabbrica Nazionale Cemento Portland (Montandon & Cia) in Ponte Chiasso
(Provincia di Como) i. Italien.
Blos de J. M. Rezola y Cia. Fabrica de Cemento Natural in San Sebastian i. Spanien.
Campania de Cementos Saditanos Antes Marga „Liavalle“. Puerto Real i. Spanien.

Jacobiwerk

Actien-Gesellschaft in Meissen

==== Gegründet 1835 ====

liefert als Specialität:

Ziegelpressen für Cementfabriken

Maschinelle Einrichtungen
von Kalksandsteinfabriken

Bernburger Maschinenfabrik Aktiengesellschaft

Gegründet 1844

Bernburg a. d. Saale

Gegründet 1844

liefert

Vollständige Einrichtungen

von **Zement-, Chamotte- und Tonwarenfabriken** mit
Steinbrechern, Patent-Kugelmühlen (Konstruktion 1902),
Kollergängen, Trockenpressen, Trockentrommeln und
-Kanälen, Sackpackmaschinen, sämtlichen Transport-
elementen und Siloanlagen.

Specialeinrichtungen für Hartzerkleinerung.

Complete Ziegelei-Anlagen.

Anlagen zum
Schlämmen, Kneten und Formen aller Rohmaterialien.

Dampfkessel · Dampfmaschinen · Pumpen

Neu! Universal-Kettentrieb-Apparat Neu!

D. R.-P. 67813.

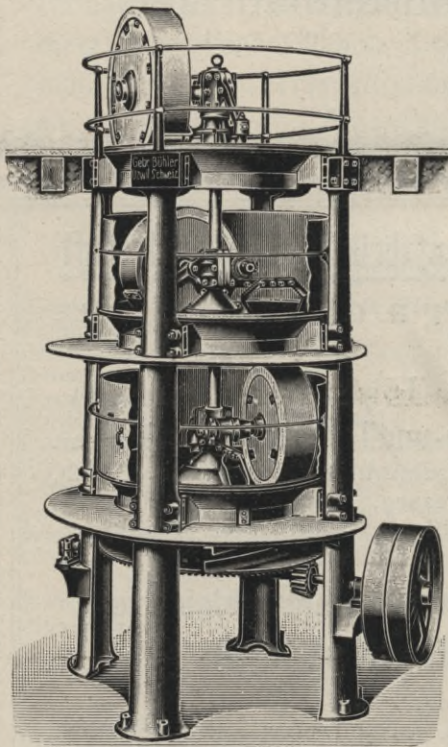
Prospekte und Kostenanschläge gratis.

Gebrüder Bühler

Giessereien  **UZWIL** Maschinenfabrik
GRAND PRIX PARIS 1900.

Spezialität:

Mehrfacher Misch-Kollergang Patent Bühler.





Dreifacher Kollergang Modell F B IV.

Beste Nassaufbereitungsmaschine
der Gegenwart. — Präpariert
jeden Rohthon direkt von der
Wand ohne Zwischenarbeit fertig
zum Verformen.

Unerreichte Zerkleinerung,
Mischung und Aufschliessung
jeden Thones
mit Rosten bis zu 3 mm Schlitz-
weite.

**Geringer
Kraft- und Raumbedarf.**

Grösste Leistungsfähigkeit!

**Bühler's Walzen-
pressen.**  

Prospekte und Referenzen auf Verlangen.

F. L. Smidth & Co.

Ingenieure und Maschinenfabrikanten

Telegramm-Adresse: **Folasmidth Kopenhagen** Telegramm-Adresse: **Folasmidth**

Filialen: **Berlin, London, Paris, Neu-York, St. Petersburg.**

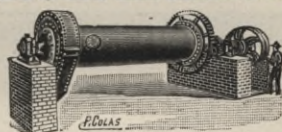
Pläne zum Bau ganzer Fabrikanlagen

für die keramische Industrie.

Maschinen für Hartzerkleinerung und die Ziegelindustrie.

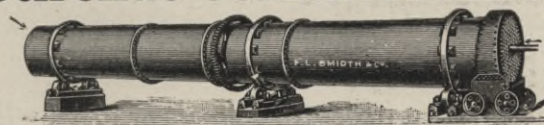
Rohrmühlen

zum Vermahlen von
60 Millionen Fass
Cement jährlich,
verkauft.



zum Feinmahlen
ohne Anwendung
von Sieben.

Rotirende Cementbrennöfen.

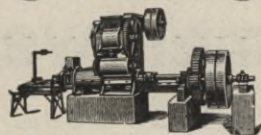


Billige Anlage- und Herstellungskosten.

Anlagen in Amerika, Australien, England, Frankreich, Deutschland, Dänemark etc.

Ziegeleianlagen.

Weit über **200**



Anlagen ausgeführt.

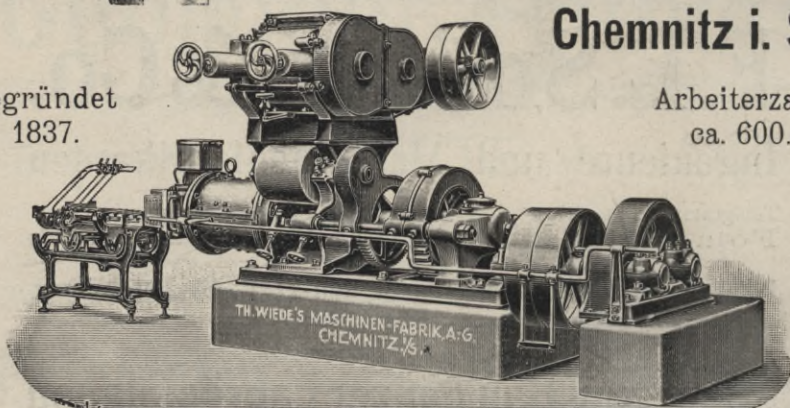
Oefen für Ziegel-Cement-Kalk.

Theodor Wiede's Maschinenfabrik A.-G.

Chemnitz i. S.

Gegründet
1837.

Arbeiterzahl
ca. 600.



Vollständige Einrichtungen für Ziegeleien, Thonwaren- und Chamottefabriken
Ziegelmaschinen, Walzwerke, Nass- und Trockenkollergänge etc. Alle Arten Mund-
stücke und Abschneideapparate D. R. G. M. 188785. Zerkleinerungsmaschinen.
Eigene Probirstation! Gutachten und Materialuntersuchungen!
Aufzüge. **Moderne Dampfmaschinen.** Transmissionen.

Fried. Krupp Grusonwerk

Magdeburg - Buckau.

Zerkleinerungs-Maschinen jeder Art,
Knef-, Misch- und Schlamm-Maschinen.

Vollständige maschinelle Einrichtungen

für

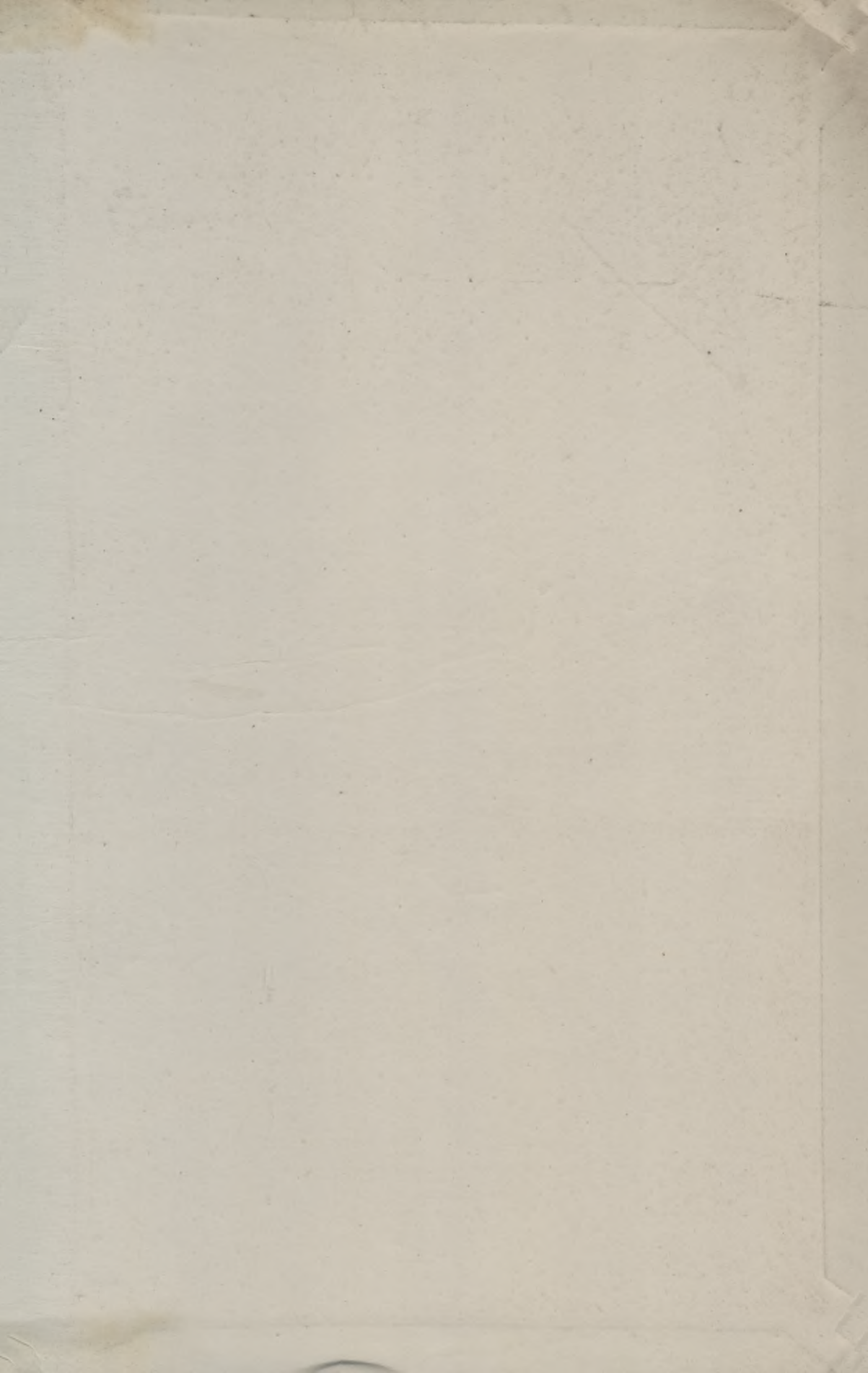
Cementwerke

und Kalkzerkleinerungs-Anlagen.

Räder. Herz- und Kreuzungsstücke für Anschlussgleise.

Prospekte kostenfrei.

S. 11



III 16910

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

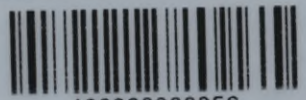
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-16910

Druk. G. J. zam. 50, 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300356