

- REID, H. *Practical treatise on the manufacture of Portland cement*. London 1868.  
 Färbung von Kalk-Mörtel. Deutsche Bauz. 1868, S. 436.
- MICHAËLIS, W. Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement in chemisch-technischer Beziehung. Leipzig 1869.
- BECKER, W. A. Praktische Anleitung zur Anwendung der Cemente zu baulichen, gewerblichen, landwirthschaftlichen und Kunst-Gegenständen. 2. Ausg. Berlin 1869.
- Hydraulische Mörtel. Deutsche Bauz. 1869, S. 275.
- LOEFF, P. Gründliche Anleitung zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelöfen, sowie zum Betriebe von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien. Berlin 1870.
- BÖHMER, E., u. F. NEUMANN. Kalk, Gyps und Cement. Handbuch für Anlage und Betrieb von Kalkwerken, Gypsmühlen und Cementfabriken. 4. Aufl. von Hertel's »Lehre von Kalk und Gyps« in gänzl. Umarbeitung. Weimar 1870.
- Kalk-Cement-Mörtel. Deutsche Bauz. 1870, S. 165.
- GILMORE, Q. *Practical treatise on limes etc. 4th edit.* New-York 1872.
- LOEFF, P. Entwürfe zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien, in vollständig ausgeführten Zeichnungen nebst gründlicher Anleitung zum Betriebe derartiger Anlagen. 2. Aufl. Leipzig 1873.
- GERSTENBERGK, H. v. Die Cemente, ihre Bereitung aus natürlich-hydraulischen und künstlich-hydraulischen Kalken, sowie ihre Anwendung zu baulichen, gewerblichen und landwirthschaftlichen Zwecken, wie auch zu Kunstgegenständen. 2. Aufl. Weimar 1874.
- Mörtel mit Sägespänen gemischt. Deutsche Bauz. 1870, S. 75; 1876, S. 150.
- HEUSINGER v. WALDEGG, E. Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei. In ihrem ganzen Umfang und nach den neuesten Erfahrungen. 3. Aufl. Leipzig 1876.
- KLOSE, H. Der Portland-Cement und seine Fabrikation. Wiesbaden 1876.
- BEHRMANN, Th. Beiträge aus Rußland zur Kenntniß des Portland- und Roman-Cements. Riga 1876.  
 Nutzwert verschiedener hydraulischen Mörtelmaterialien. Deutsche Bauz. 1878, S. 29.
- Rheinischer Trafs. Deutsche Bauz. 1878, S. 311.
- ZWICK, H. Kalk- und Luftmörtel etc. Wien 1879.
- ZWICK, H. Hydraulischer Kalk und Portland-Cement etc. Wien 1879.
- HAUENSCHILD, H. Katechismus der Baumaterialien. II. Theil. Die Mörtelsubstanzen. Wien 1879.
- STEGMANN, H. Die Kalk-, Gyps- und Cementfabrikation. Berlin 1879.
- WOLFF, E. W. Ueber Mörtel-Mischungen und Mörtel-Proben. Deutsche Bauz. 1879, S. 292.
- NAGEL, H. Die Bereitung und Verwendung der Cemente, ferner die Zusammensetzung und Verwendung des Glases. Stuttgart 1880.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. 58. Heft. Der Portland-Cement. Von W. W. MACLAY.  
 Deutsch von B. STAHL und R. RUDLOFF. Leipzig 1880.
- DYCKERHOFF, R. Eigenschaften und Festigkeit verschiedener hydraulischer Mörtel- und Betonarten, insbesondere aus Portland-Cement. Deutsche Bauz. 1880, S. 120.

#### h) Mörtel-Bereitung.

Im Vorhergehenden ist bereits Mehreres über die Bereitung des Mörtels, namentlich in so weit sie durch Handarbeit geschieht, gefagt worden; insbesondere sind die Hauptgrundsätze, die bei der Mörtel-Bereitung maßgebend sind, angegeben worden. Einige hier einschlägige Einzelheiten wird auch noch der Anhang zum III. Theile dieses »Handbuches« (Die Bauführung) bringen. Demgemäß werden wir uns an dieser Stelle ziemlich kurz fassen können.

Es geht aus dem Begriffe der Wirkungsweise der Mörtel hervor, daß Alles, was die Annäherung der einzelnen Bestandtheile des Mörtels befördert und was die Gleichmäßigkeit der Mischung erhöht, die Qualität des Mörtels verbessern müsse, und zwar in einem Grade, welcher genau durch die Elemente des *Stefan'schen* Gesetzes gegeben ist.

Bei der Schwierigkeit, einen vollkommen gleichmäßigen Mörtel mittels Handarbeit zu erzielen und bei dem kolossalen Mörtelbedarf der großen Bauten der Neuzeit hat auch hier die Benutzung von Maschinen schon frühzeitig Eingang gefunden.

Unter den verschiedenen Constructionen von Mörtel-Maschinen lassen sich im Wesentlichen drei Systeme unterscheiden: Maschinen mit Zinken, mit Quetschwerk und mit Messern.

1) Mörtel-Maschinen mit Zinken haben den Vortheil, daß bei ihnen alle Zwischenmechanismen, wie Räder, Riemen etc. entbehrlich sind, da man einen der Arme, welche die mischenden Zinken tragen, verlängern und die Pferde direct daran spannen kann; dagegen wird die Arbeit des Mengens von ihnen nicht gehörig vollführt.

Hierher gehört die älteste Construction einer Mörtelmaschine, jene von *Perronet*; sie ist nichts als ein kreisrunder, flacher Rührapparat nach Art der Thon-Rührwerke, entweder mittels Göpel für Pferdebetrieb oder für Maschinenantrieb eingerichtet. Das Mischen vollbringen nach abwärts bis auf die ringförmige Mischbahn reichende Zinken, welche an einem Querarm gut verankert sind und schaufelartige Fortsätze tragen, wodurch ein stetes Umwenden und Durchmischen bewirkt wird.

2) Mörtel-Maschinen mit Quetschwerk. In einer offenen Pfanne wird die Mischung durch umlaufende Quetschwalzen bewirkt, oder aber es wird die Pfanne unter den rotirenden Walzen in Umdrehung gesetzt; der Nutzeffect ist den neueren Maschinen mit Messern gegenüber ein geringer; auch macht man solchen Apparaten den Vorwurf, daß der Sand zerdrückt wird, was allerdings bei Sanden, die sehr grobe Körner enthalten, kein Nachtheil ist.

Man hat auch die beiden Systeme mit Quetschwerk und mit Zinken combinirt und damit eine Maschine erzielt, welche einen besseren Nutzeffect giebt und sich für Pferdebetrieb gut eignet.

Als Beispiel diene die Maschine von *Le Brun*, welche, wie die *Perronet*'sche, eine kreisrunde Mischbahn mit lothrechter Welle besitzt; aber an der Welle sitzen an Armen 4 Paar schwere Wagenräder, welche den Mörtel kneten und die Knollen zerdrücken, während 4 Arme mit Zinken die niedergewalzte Mörtelmasse hinter jedem Rade wieder aufrühren und umwenden. Nachdem die Masse genügend gemischt ist, werden zwei die ganze Mischbahn quer durchsetzende Schaufeln, welche, bisher aufgehangen, mitrotirten, herabgelassen und gleichzeitig ein Schieber am Boden derselben geöffnet. Dadurch wird der fertige Mörtel prompt entfernt.

In das vorliegende System sind auch die Kollergänge einzureihen, welche namentlich in England üblich sind; hinter jedem Kollerrad wendet eine Art Pflugschar den Mörtel einmal nach einwärts, das andere Mal nach auswärts, und ein ebenfalls suspendirter Abstreicher entfernt nach der nöthigen Anzahl Touren die Masse durch ein Loch am Umfange der Kollerpfanne. — *Grothe* in Luxemburg hat eine Maschine construirt, die gleichfalls aus einem Kollergang mit zwei schweren eisernen Walzen besteht und stündlich ca. 6,2 cbm Mörtel liefert.

3) Mörtel-Maschinen mit Messern. Es war naheliegend, das Princip der Thonschneider für die Mörtelbereitung zu verwenden; die neueren Maschinen sind fast ausschließlich nach diesem System construirt. Der Mörtel wird in cylindrischen Trommeln, die im Inneren mit Messern besetzt sind, gemischt. Man hat Maschinen mit lothrecht, mit schräg und mit wagrecht liegender Mischtrommel.

*Roger* in Paris hat den stehenden Thonschneider für die Zwecke der Mörtelbereitung umgeändert, und die französischen Architekten und Ingenieure arbeiten vielfach mit seinen Maschinen. Diese sind nichts als stehende Cylinder mit einer oberen trichterförmigen Mündung und lothrechter rotirender Messerwelle im Inneren. Drei Kränze von spiralförmig gestellten Armen mit Seitenzinken, wovon der mittlere an der Außenwand festsetzt, kneten und mengen den Mörtel, indem sie ihn zugleich nach dem Boden zu drücken. Dasselbst befindet sich ein sternförmiges System von breiten Flacheisen, welches durch eine Anzahl Schlitze im Boden den fertigen Mörtel durchpreßt. Die Leistung ist durchschnittlich die von 8 Mörtelarbeitern. Am Hafengebäude von Algier wurden sehr günstige Erfahrungen damit gemacht. — Die von *Boué* construirt Mörtelmaschine hat einen Eisenblech-Cylinder von ca. 1 m Höhe und 0,85 m Durchmesser,

worin sich eine mit den radial gestellten Meßern besetzte verticale Welle dreht; damit die Masse nicht zu schnell durch die Trommel hindurchgehe, sind im Inneren der letzteren noch ein paar feste Arme angeordnet. Mittels einer 4-pferdigen Locomobile können in 10 Stunden ca. 60 cbm Mörtel erzeugt werden. Aehnliche lothrecht stehende Mörtelmaschinen für Handbetrieb werden jetzt beim Bau der Gotthardbahn verwendet.

Die lothrechten Mörtelmaschinen haben aber nothwendig einen unvermeidlichen Fehler, nämlich das besonders anfangs die Mischung wegen des Durchfallens der zu mischenden Mörtelbestandtheile nicht gleichmäßig genug ist. Dieser Uebelstand fällt bei den Mörtelschneidern liegender Construction weg, welche gegenwärtig in Deutschland am gebräuchlichsten sind, obwohl die stehenden Maschinen einen geringeren Kraftaufwand erfordern.

Bei den Maschinen mit schräg liegender Trommel wird die letztere, nachdem sie mit den Mörtelsubstanzen gefüllt ist, in Rotation gesetzt. Solche Maschinen werden häufig vorgezogen, wenn der Mörtel sofort zur Betonbereitung verwendet werden soll, weil er alsdann direct aus der Trommel in die unterhalb liegende Betontrommel geleitet werden kann.

Unter den Maschinen mit horizontaler Trommel ragt besonders jene von *Schlickeysen* hervor.

Die Mörtel-Maschine von *Schlickeysen* hat sich bei vielen Bauten in Berlin, Hamburg etc. seit Jahren bewährt und ist jetzt so verbessert und hat solche unleugbare Vortheile gebracht, das man nach dem Vorgange Berlins schon hie und da eigene Mörtelfabriken angelegt hat, welche, mittels Dampf betrieben, überall auf die Bauten hin den fertigen Mörtel liefern.

Ein liegender Cylinder mit spiralförmig an einer centralen Achse und an den Außenwänden angeordneten Knetmessern empfängt aus einem Trichter mit Regulirvorrichtung immer die entsprechende Menge Kalkbrei und Sand, welche beide durch verhältnismäßige Becherwerksaufzüge zugeführt werden; der Sandaufzug ist außerdem noch mit einer Siebvorrichtung zur Entfernung des groben Kiefes versehen. Der fertige Mörtel verläßt am entgegengesetzten Ende des Cylinders denselben und fällt gleich in die Transportwagen. Gewöhnlich ist zur Erhaltung vollkommen sicher continuirlichen Betriebes eine Reservemaschine mit aufgestellt. Eine 6-pferdige Dampf-mörtel-Anlage leistet in 10 Arbeitsstunden gegen 100 cbm Mörtel, ersetzt demnach reichlich 50 Mörtelmacher und versorgt 300 Maurer, angenommen, das ein Maurer pro Tag 500 Backsteine (Normalformat) vermauert und auf 1000 Ziegel  $6\frac{2}{3}$  hl Mörtel benöthigt.

Die unzweifelhaft und schlagend, besonders beim Bau der Berliner Börse und des anhalter Bahnhofes in Berlin hervorgetretenen Vortheile sind: Ersparungen an Arbeitslohn, Ersparung an Raumbedarf (der Hauptgrund der raschen Einbürgerung der Mörtelfabriken), stets gleich bleibende egalste Mischung und besonders auch Ersparung an Kalk, resp. Cement.

## Literatur

über »Mörtelmaschinen«.

- LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechanische Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.
- Mörtelmaschine von ROGER. *Journ. de l'arch.* 1850, S. 93. *Polyt. Centralbl.* 1850, S. 1356.
- OPPERMANN. Notiz über eine bei dem Baue der Innerste-Brücke im Gebrauch befindliche Mörtelmaschine. *Notizbl. des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover.* 1852—53, S. 11.
- LENTZE. Mörtelmühle für den Bau der Weichselbrücke bei Dirschau. *Zeitschr. für Bauw.* 1861, S. 378.
- FRANZIUS. Kritik der gebräuchlichen Mörtelmaschinen. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 136.
- Mörtelbereitungsmaschine. ROMBERG's *Zeitschr. für prakt. Bauk.* 1870, S. 199.
- KOPKA. Die mechanische Mörtel- und Beton-Bereitung. *HAARMANN's Zeitschr. für Bauhdw.* 1871, S. 97, 116, 131, 145.
- Ueber Mörtelmaschinen. *Maschinenbauer* 1871, S. 375.
- Mörtelmühle mit Selbstentleerungsapparat. *HAARMANN's Zeitschr. für Bauhdw.* 1871, S. 188.
- Ueber Mörtelmaschinen. *Deutsche Bauz.* 1873, S. 226.
- Fabrikmäßige Mörtelherstellung für Berliner Bauten. *Deutsche Bauz.* 1876, S. 230.

RÜHLMANN, M. Allgemeine Maschinenlehre. 2. Band. 2. Aufl. Braunschweig 1876. S. 296—307.  
 SCHLICKEYSEN. Verbesserungen an Ziegel-, Torf- und Mörtelmaschinen. Polyt. Journ. Bd. 234, S. 181.  
 Transportable Mörtelmühle. Maschinenbauer 1880, S. 185.

### i) Prüfung und Festigkeit der Mörtel.

Die Wichtigkeit des Mörtels als Baumaterial hat zur Prüfung der Qualität desselben geführt, und zwar wurde und wird, je nach der verschiedenen Beanspruchungsweise, welche die eine oder die andere Art der Festigkeit oder sonstige Eigenschaften erfordert, bald die Bindekraft in sich oder mit Sand oder die Adhäsion an Steinflächen, also die Zugfestigkeit, bald die am meisten in Anspruch genommene Druckfestigkeit, bald die Bruchfestigkeit, bald die Wasserdichtheit, Volumbeständigkeit und Witterungsbeständigkeit erprobt.

Besonders sind es in neuerer Zeit die außerordentlichen Fortschritte in der Fabrikation und Anwendung von Cement, welche zur Entwicklung möglichst einheitlicher rationeller Prüfungsmethoden und zur Vervollkommnung der Prüfungsapparate geführt haben. Auf Grund sehr zahlreicher Versuche, welche ursprünglich *Grant* in England, sodann insbesondere *Michaëlis* in Berlin durchführten, hat als nun allgemein übliche Prüfungsmethode die Prüfung auf Zerreißungsfestigkeit Platz gegriffen, einerseits weil dieselbe thatsächlich der Ausdruck der wirklichen Cohäsion ist, von der aus auch auf alle anderen Arten der Beanspruchung mit praktisch hinreichender Sicherheit geschlossen werden kann; andererseits weil diese Prüfungsmethode gestattet, mit verhältnismässig einfachen und billigen Apparaten in kurzer Zeit eine große Anzahl von Proben durchzuführen, während die Prüfung auf Druckfestigkeit große Unzukömmlichkeiten in der Ausführung bietet, sowohl wegen der Schwierigkeit, homogene, mit völlig parallelen Druckflächen versehene Probekörper herzustellen, als auch wegen der hohen Kosten der hiezu nöthigen Prüfungsapparate.

Die Verhältnisse zwischen Zugfestigkeit und Druckfestigkeit sind variabel mit der Aenderung der maßgebenden Factoren: Art des Bindestoffes an sich, Qualität desselben, Zeit der Erhärtung, Medium derselben, Art und Menge des Sandzufutzes und des Wasserzufutzes. Deshalb ist es gefährlich, von einem gesetzmässigen Verhältniß der Druck- zur Zugfestigkeit zu sprechen: es wird dabei immer Gleichheit aller wirksamen Factoren vorausgesetzt, und entstehen deshalb bei einem und demselben Material je nach der Zeit der Erhärtung, nach der Art des Anmachens, nach dem Sand- und Wasserzufutze und nach dem Medium, in welchem die Erhärtung stattfindet, verschiedene Zahlen. Deshalb giebt auch die jetzt eingeführte Normenprüfung nur über die relative Werthbestimmung verschiedener Mörtelsubstanzen Aufschluss.

Bei Fettkalk und bei schwach hydraulischem Kalk ist nach eingetretener Erhärtung, etwa nach 3 Monaten, das Verhältniß von Druck- zur Zugfestigkeit bei Lufterhärtung und einem Mischungsverhältniß von 1 Volumtheil Kalk auf 2 Volumtheile reinen Sand 1 : 2,5; bei Erhärtung in wasserdurchränktem Sande 1 : 6, wobei noch zu bemerken, dass die Zug- und Druckfestigkeit ohne Sandbeimengung nahezu unmeßbar klein ist, weshalb diese Classe mit Recht nach *Hoffmann* unselbständige Mörtel genannt wurde.

Bei manchem Roman-Cement und bei manchem natürlichen Portland-Cement tritt der Fall ein, dass die Eigenfestigkeit in einer gewissen Zeit gleich ist der Festigkeit mit 2 bis 3 Theilen Sand, während die Druckfestigkeit etwa anfangs sich als das 11-fache, dann das 7-fache und nach sehr langer Erhärtung wieder steigend bis zum 16-fachen der Zugfestigkeit darstellt.

Bei Portland-Cement sind die Verhältnisse nach der Zeit, dem Sande etc. noch mehr verschieden; dazu kommt hier die nicht seltene Erscheinung des Treibens nach einiger Zeit, wodurch die Zugfestigkeit

87.  
Prüfung  
der  
Festigkeit.

88.  
Zug- u.  
Druckfestigkeit.