



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305692

Xxx

1071



DIE  
PORTLAND-ZEMENT-  
FABRIKATION  
IN DEN VEREINIGTEN STAATEN  
VON AMERIKA.

VON  
EMIL MÜLLER  
ALSEN, N. Y.



Jun. Nr. 27396.

9 19 / 35

VERLAG DER TONINDUSTRIE-ZEITUNG, BERLIN NW. 21.

— 1905. —

DRUCK VON GOTTLIEB & MÜLLER, FRANKFURT A. M.

XXX  
1071

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III 33214

Akc. Nr. 3460/49

## VORWORT.

---



BEIM Durchlesen der Fachliteratur ist mir oft der Gedanke gekommen, dass eine kurze Abhandlung, welche die Hauptmomente der Portland-Zementfabrikation schildert, eigentlich fehlt. Wir haben eine ganze Reihe sehr guter umfangreicher Werke, aber oft findet der in die Fabrikation eintretende Techniker keine Zeit zum längeren Studieren derselben. Ich habe nun in Folgendem mich bestrebt, die ganze Fabrikation so kurz als möglich zusammen zu fassen. Mit einer historischen Einleitung beginnend, ging ich zur chemischen Analyse der Rohmaterialien über, ein Vertrautsein des Lesers mit der allgemeinen Chemie voraussetzend. Im maschinellen Teil sind nur diejenigen Apparate und Maschinen aus einer grossen Zahl herausgegriffen, welche sich in der Praxis bewährt haben und allen modernen Anforderungen entsprechen. Besonders ist eine grosse Vereinfachung und mehr automatischer Betrieb mit der Einführung der Drehrohröfen eingetreten, so dass eine Beschreibung des Ziegels usw. in Fortfall kommt.

Meinen ganz besonderen Dank muss ich Herrn Ingenieur Kenneth G. Glover an dieser Stelle für seine Bemühungen sagen.

DER VERFASSER.

*Alsen, N. Y., Januar 1905.*



## Die Portland-Zementfabrikation in den Vereinigten Staaten von Amerika.

### GESCHICHTLICHES.

Der altbekannte deutsche Zementfachmann Dr. W. Michaëlis hat ganz besonders in seinem Werke „Die hydraulische Mörtel“, Leipzig 1869, der Mörtelgeschichte gedacht und die Kapitel der einzelnen Autoren genau angegeben. Hier wollen wir nicht weiter Herodot, die Genesis oder Vitruv zitieren. Das Mittelalter hat wohl die alten Mörtel beibehalten, bis am Anfange des 19. Jahrhunderts in England der Grundstein zu unserer heutigen Zementfabrikation gelegt wurde. Anno domini 1824 nahm Joseph Aspdin, Maurermeister zu Leeds in England das bekannte englische Patent: „Den Schlamm oder Staub von den 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 gemischt und in einem Kalkofen gebrannt, bis alle Kohlen säure entwichen ist; das gebrannte Produkt wird durch Mahlen, Kollern oder Stampfen in Pulver verwandelt und ist zum Gebrauch fertig.“ Aspdin nannte das Produkt Portland-Zement, wegen der Ähnlichkeit mit dem in England zu Bauten verwandten Portland stone. Wir wollen hier nicht näher darauf eingehen, wem die Priorität gebührt, zuerst Portland-

Zement fabriziert zu haben. Vicat machte dieselben Versuche. Gefördert wurde die Fabrikation durch General Pasley (1826), der englische Kreide mit blauem Septarienton als Rohmaterialien anwandte. Es wurden dann die ersten Fabriken gegründet; 1845 in Boulogne-sur-mer, 1850 durch Gieron in Stettin, 1852 durch Dr. Bleibtreu in Zülchow. Der Aufschwung der europäischen Zement-Industrie ist genügend bekannt.

Die erste Fabrik in den Vereinigten Staaten zur Herstellung von Portland-Zement ist wohl diejenige von David O. Saylor in Coplay, Pa., welche im Jahre 1865 gegründet wurde. Anfangs wurde natürlicher Zement hergestellt, einige Jahre später wandte man sich der Fabrikation von künstlichem Portland-Zement zu. Hier im Staate New York\*) wurde die erste Portland-Zementfabrik 1875-76 von Dunderdale zu East Kingston, Ulster Co. angelegt. Von historischem Interesse für uns wird die 1886 gegründete Wallkill Cement Co. sein, welche zuerst in einer verlassenen Mahlmühle zu Carthage Landing am Hudson mit Trockenkanal und 2 Schachtöfen eingerichtet wurde. Die Fabrikation begann 1881. Wenn auch nur in kleinen Mengen hergestellt, war der Zement von zufriedenstellender Beschaffenheit, so dass ein finanzieller Er-

\*) New York State Museum 1901, Zement-Industrie in New York by Edwin C. Eckel, C. E.

folg und Vergrößerung des Werkes nicht ausbleiben konnte. Das von der Compagnie 1881 bei South Rondout errichtete Werk kam 1883 mit einer täglichen Leistung von 200—300 Fass in Betrieb. Gebrannt wurde in 16 Schächtföfen, nach vorangegangenem Trockenprozess. 1888 wurde der erste Drehrohfen mit Rohöl-Feuerung angelegt. Der eine Ofen genügte, um fast alles Rohmaterial zu brennen und das Produkt war gleichmässig und gut. Auch in verschiedenen anderen Teilen des Landes wurden einige andere Zementwerke errichtet. Alle diese Fabriken arbeiteten nach dem alten Verfahren und brannten in Schächtföfen. Die hohen Arbeitslöhne, der grosse Kohlenverbrauch, vielleicht auch sonst noch unrentables Arbeiten veranlasste mehrere Fabriken zum Schliessen, obschon die Ware an und für sich zur damaligen

Zeit nicht schlecht war. Die Industrie wuchs erst durch die Verbesserungen an den Drehrohfen, durch welche die Produktionskosten wesentlich vermindert wurden. Abgesehen von einigen kleineren Werken arbeiten die Fabriken im Lehighdistrikt mit Trockenverfahren seit 1890 mit den Drehrohfen. Im Jahre 1894 wurde in Ohio der Drehrohfen für das Nassverfahren angewendet. Bis 1895 wurde im Drehrohfen mit Naphta gebrannt. Angestellte Versuche mit pulverisierter Kohle gaben gute Resultate und die Feuerung wurde der Billigkeit halber allgemein üblich und ist bis auf den heutigen Tag beibehalten worden.

Ein Bild von dem Aufschwung der Portland-Zementfabrikation kann man sich am besten durch folgende Zahlen machen:

*Herstellung von Portland-Zement in den Vereinigten Staaten in den Jahren 1901, 1902 und 1903. (Die Zusammenstellung zeigt die einzelnen Staaten in alphabetischer Reihenfolge).*

Staat.	1901.			1902.			1903.		
	Anzahl d. Werke	Menge in Fässern.	Wert.	Anzahl d. Werke	Menge in Fässern.	Wert.	Anzahl d. Werke	Menge in Fässern.	Wert.
Alabama .....				1			1		
Arkansas .....	1			1			1		
California .....	1	146,848	\$513,968	2	294,156	\$481,910	3	631,151	\$1,019,352
Colorado .....	1	585,000	643,500	2	82,044	105,016	1	258,773	436,535
Georgia .....				1			2		
Illinois .....	4	528,925	581,818	4	767,781	977,541	5	1,257,500	1,914,500
Indiana .....	2	218,402	240,242	3	536,706	628,244	3	1,077,137	1,347,797
Kansas .....	1			1	830,050	1,017,824	1	1,019,682	1,285,310
Michigan .....	10	1,025,718	1,128,290	10	1,577,006	2,134,396	13	1,955,183	2,674,780
Missouri .....				1			2	825,257	1,164,834
New Jersey .....	3	1,612,000	1,450,800	2	2,152,158	2,563,355	3	2,693,381	2,944,604
New York .....	7	617,228	617,228	10	1,156,807	1,521,553	12	1,602,946	2,031,310
Ohio .....	7	689,852	758,837	7	563,113	685,571	8	729,519	998,300
Pennsylvania .....	13	7,091,500	6,382,350	15	8,770,454	10,130,432	17	9,754,313	11,205,892
South Dakota .....	1			1			1		
Texas .....	2	195,752	215,227	2	165,500	234,950	2		
Utah .....	1			1			1		
Virginia .....	1			1	334,869	433,286	1	538,131	690,105
West Virginia .....							1		
Zusammen .....	56	12,711,225	12,532,360	65	17,230,644	20,864,078	78	22,342,973	27,713,319

Im Jahre 1889 betrug die jährliche Gesamtproduktion . . . 250,000 Fass  
 Im Jahre 1896 betrug die jährliche Gesamtproduktion . . . 1,543,000 Fass  
 Im Jahre 1900 betrug die jährliche Gesamtproduktion . . . 8,500,000 Fass  
 Im Jahre 1901 betrug die jährliche Gesamtproduktion . . . 12,000,000 Fass  
 Im Jahre 1902 betrug die jährliche Gesamtproduktion . . . 17,000,000 Fass  
 Im Jahre 1903 betrug die jährliche Gesamtproduktion . . . 22,342,973 Fass.

#### ROHMATERIALIEN.

Portland-Zement wird meistens dargestellt aus einer Mischung von Calciumcarbonat in Form von Kalkstein oder Mergel, Ton oder Schiefer, und zwar aus:

1. Kalkstein mit Ton oder Schiefer.
2. Kreide oder Mergel und Ton.
3. Natürlichem Zementstein.
4. Granulierter Hochofenschlacke mit Kalkstein.
5. Aus Abfällen der Sodafabrikation mit Ton.

Reiner kohlensaurer Kalk, Marmor, wird wegen seiner Härte und Dichte wohl nirgends zur Zementfabrikation verwendet; ebensowenig die selteneren beiden andern Modifikationen: Kalkspat und Aragonit. Dahingegen finden sich in allen sedimentären Formationen Kalkstein verschiedener Arten, so der Übergangskalk, Grauwackenkalk, Bergkalk (Kohlenkalk), die zur Triasformation gehörigen Muschelkalke und der Liaskalk der Juraformation und die Kreide der letzteren Formation, ein erdiges Calciumcarbonat von lockerer Struktur.

Zur Tertiärperiode schliesst sich ferner an der Grobkalk; dem Diluvium und Alluvium angehörend die Süsswasserkalke und der Wiesenkalk. In der Trias- und Juraformation finden sich auch die

Dolomite, mit mehr oder weniger hohem Gehalt an kohlensaurer Magnesia.

Die Mergel sind Süsswasser-Ablagerungen, meistens verunreinigt durch Quarz, Schwefelkies usw. Man unterscheidet Kalk- und Tonmergel, je nach dem vorherrschenden Verhältnis zwischen Kalk und Ton. Den Ton findet man in allen Sedimentär-Formationen auf primären, häufiger auf sekundären Lagerstätten als Verwitterungsprodukt tonerdehaltiger, meistens der Feldspatgruppe angehörender Gesteine. Für die Portland-Zementfabrikation ist sowohl die chemische als auch physikalische Beschaffenheit eines Tones von Wichtigkeit, die früher als so wichtig befundene Plastizität des Tones braucht man beim Drehrohrofenprozess nicht mehr zu berücksichtigen. Dahingegen muss man bei der Wahl eines Tones auf einen möglichst hohen Gehalt an löslicher Kieselsäure achten. Beimengungen, hauptsächlich Sand, wirken schädlich. Statt des Tones wird vielfach mit Vorteil Schiefer angewendet, wie dies in verschiedenen Pennsylvanischen Fabriken geschieht.

Das einfachste und für die Zementfabrikation billigste Rohmaterial ist wohl ein natürlicher Zementstein, in welchem Kalk und Ton beim Werdeprozess in der Natur sich so fein gemischt haben, wie wir es heute selbst mit unseren besten Maschinen nicht können.

Allerdings sind solche Lager verhältnismässig selten. Wir finden sie in Tirol in Europa. Die besten Naturzementsteine von idealer Zusammensetzung sah ich in Süd-Russland. So in Amprosiévka, (Kowalew) und besonders am Schwarzen Meere in der Gegend von Novorossisk bis Gelendzik, sich über 25 Meilen weit erstreckend. Hier in den Vereinigten Staaten haben leider öfters die Zementsteine einen mehr oder weniger hohen

Gehalt an Magnesia. Wir finden sie auch bei Milwaukee, Akron, Louisville und Pennsylvanien. In letzterem Staate wird, um ein gleichmässiges Produkt zu bekommen, Kalk je nach Bedürfnis zugesetzt. Die Naturzemente sind hier nach den Gegenden benannt, in welchen sie vorkommen, z. B. „Rosendale“, „Lehigh“, „Cumberland“, „Utica“ usw. Wie die Puzzolane, besitzt auch die granulirte Hochofenschlacke hydraulische Eigenschaften und wird sehr viel zur Zement-Fabrikation verwendet. Die Hochofenschlacken werden in feuerflüssigem Zustande „abgeschreckt“ zur Aufschliessung und Überführung der Kieselsäure in die verbindungsfähige Modifikation. Bei normalem Gang des Hochofens ist die Schlacke immer von derselben Zusammensetzung. A. Stein in Wetzlar, Deutschland, verarbeitet die Hochofenschlacke mit Kalkstein. Kalksteine und Schlacke werden getrocknet, im Verhältnis gemischt und gemahlen, zu Ziegeln geformt und in stehenden Öfen gebrannt. Die erhaltenen Klinker werden abgekühlt und wieder gemahlen. Das Produkt ist von ausgezeichneter Beschaffenheit. In Belgien sind eine ganze Reihe ähnlicher Fabriken entstanden. Einige Werke liefern ein minderwertiges Produkt, indem gebrannter Kalk mit gemahlener Schlacke gemischt wird. Aber kein Sachverständiger wird das Portland-Zement nennen. Bis jetzt sind mir hier in den Vereinigten Staaten nur 2 Zementwerke bekannt, welche granulirte Hochofenschlacke richtig verarbeiten. Es sind dies: The Clinton Cement-Company, Pittsburg Pa. und die Zementwerke Illinois Steel Company zu South Chicago. Die Werke trocknen die granulirte Hochofenschlacke, mischen und mahlen sie im richtigen Verhältnis mit Kalkstein und brennen dann diese Mischung in Drehrohröfen.

Als letztes Ausgangsmaterial sind noch die Abfälle der Sodafabriken zu erwähnen. Die Zementfabrik zu Wyandotte, Mich. setzt diese Kalkbestände (über 100 Tonnen täglich) einem in der Nähe vorkommenden blauen Ton zu und verarbeitet das Gemisch weiter nach dem Nassverfahren.

Folgende Zahlen nach des Verfassers Analysen geben eine Übersicht über die Zusammensetzung einiger bekannten Amerikanischen Portland-Zemente:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Glühverlust
Lehigh ...	21.78	6.33	2.50	62.45	3.47	1.28	2.05
Vulcanite	20.25	8.08	2.87	62.40	3.39	1.29	1.60
Alsen ....	22.60	6.83	3.75	62.50	1.60	0.70	1.35
Atlas ....	20.75	6.83	3.00	61.15	3.37	2.02	1.95

#### BESTIMMUNG DES HYDRAULISCHEN MODULS.

1 g Rohmaterial wird über dem Gebläse geglüht. Gewichts-differenz ist der Glühverlust. Der Tiegelinhalt wird dann mit verdünnter HCl aufgelöst, zum Kochen erhitzt und mit NH<sub>4</sub>OH gefällt, sorgfältig ausgewaschen\*) und über dem Gebläse geglüht (SiO<sub>2</sub> + R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Das heisse Filtrat wird mit Ammoniak und (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> versetzt und der gefällte Kalk nach einiger Zeit abfiltrirt, über dem Gebläse geglüht und als CaO gewogen.

Zur Feststellung des hydraulischen Moduls ermittelte Michaëlis durch eine Reihe von Versuchen, dass das Verhältnis der Gesamtsilikate zum Kalk in Portland-Zement annähernd 1 : 2 ist. Die Grenzen schwanken von 1,8 bis 2,2, bei Naturzementen bis 2,5. Erdmenger fand (im Jahre 1872) im Durchschnitt 1,9 als die mittlere Zahl. Im Laufe der Zeit sind diese Verhältnisse etwas modifiziert worden und der Kalkzusatz muss bei kieselsäurereichem Rohmaterial grösser sein, als bei solchem, in welchen sich mehr Tonerde und Eisen befindet. Le Chatelier

\*) Wenn nötig, wieder in wenig HCl gelöst und nochmals mit NH<sub>4</sub>OH gefällt.

legt in seinem Werke 1887 durch seine bekannten Formeln diese Verhältnisse fest und zwar:

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} < 3 \text{ und } \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO}} > 3$$

Diese Formeln bedeuten chemische Äquivalente und keine Gewichte. Newberry\*) drückt durch folgende Formel das Verhältnis zwischen CaO Kalk, Kieselsäure und Tonerde im Portland-Zement aus:

X (3CaO SiO<sub>2</sub>) + Y (2CaO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)  
oder Gewichte für die chemische Äquivalenz eingesetzt:

$$\text{Kalk} = \text{SiO}_2 \times 2,8 + \text{Al}_2\text{O}_3 \times 1,1$$

Um bei der Fabrikation von Portland-Zement das richtige Mischungsverhältnis zu finden, ist es angebracht, Probebrände mit verschiedenem Kalkgehalt vorzunehmen. Die Rohmaterialien werden zerkleinert, im Verhältnis gemischt, gemahlen, angefeuchtet und kleine Körper von runder oder eckiger Form angefertigt, welche nachdem sie getrocknet sind, im Versuchsofen gebrannt werden. Der gemahlene Klinker wird dann als Zement am besten auf Volumbeständigkeits-Proben verarbeitet, um die Treibgrenze genau festzustellen. In der Praxis sollte man stets unter dieser Grenze arbeiten, um ein späteres Treiben zu vermeiden, auch dann, wenn die Anfangsfestigkeiten durch hohen Kalkgehalt hohe sind. Durch zuviel Ton in der Mischung zeigt der Zement ausser schlechter Farbe nur geringe Festigkeiten. Man sollte von Anfang an diesen Punkt der Fabrikation berücksichtigen.

Viele Zementtechniker gehen mit ihren Berechnungen vom hydraulischen Modul aus, andere wieder von der Restbestimmung der Rohmischung und wieder andere legen der Berechnung der Rohmischung den Kalkgehalt derselben zu Grunde, was

\*) The Constitution of Hydraulic Cements, by S. B. Newberry and W. B. Newberry, Journal Society Chemical Industrie, November 30, 1897.

alles auf dasselbe hinauskommt. Geht man vom hydraulischen Modul 2,0 aus, z. B. unter Zugrundelegung folgender Zahlen in den Rohmaterialien:

Ton:

Silikate . . . . . 65,0  
Kohlensaurer Kalk 25,0 v. H. = 14 CaO

Kalk:

Silikate . . . . . 10,0  
Kohlensaurer Kalk 88 v. H. = 49,3 CaO

dann ist:

$$\frac{2 \times 65 - 14}{49,3 - 2 \times 10} = \frac{116}{29,3} = 3,9$$

Also auf 4 Teile Kalk kommt rund 1 Teil Ton.

In einer Rohmischung soll der Rest (Gehalt an SiO<sub>2</sub> + R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 21,30 sein.

Die Rohmaterialien seien folgende:

	Kalk (x)	Ton (y)
SiO <sub>2</sub> + R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.23	70.42
CaCO <sub>3</sub>	88.00	23.28
$\frac{8.23x + 70.42y}{x + y} = 21.30$		$x + y = 100$

$$8.23(100 - y) + 70.42y = 21.30$$

$$(70.42 - 8.23)y = 21.30 - 8.23 = \frac{13.07}{62.19}; y = 21.01$$

$$x = 100 - 21.01 = 78.99$$

$$78.99 : 21.01 = 100 : x; x = 26.7;$$

100 Kalkstein brauchen 26.7 Ton.

Geht man dann noch z. B. vom Kalkgehalt in der Zement-Rohmischung aus und zwar soll die Mischung 76,0 v. H. CaCO<sub>3</sub> haben.

Der Kalkstein (x) hat 78,2 v H. CaCO<sub>3</sub>; der Kalkgehalt (y) im Ton ist 13 v. H.

$$0,782 x + 0,13 y = 76$$

$$100 - y = x$$

$$0,782(100 - y) + 0,13 y = 76$$

$$78,2 - 0,782 y + 0,13 y = 76$$

$$0,782 y - 0,13 y = 78,2 - 76$$

$$0,652 y = 2,2$$

$$y = \frac{2,2}{0,652} = 3,3.$$

Also 100 Teile Kalkstein verlangen 3,3 Teile Ton.

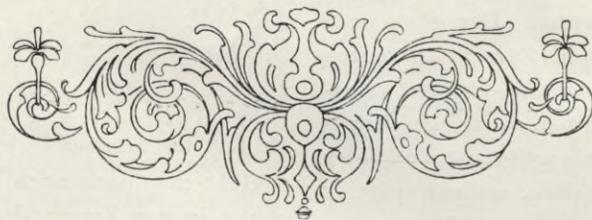
Die Kontrolle über die Mischungsverhältnisse in der Fabrik gibt einerseits die schon früher beschriebene Restbestimmung; schneller jedoch kommt man zum Ziel durch die volumetrische Bestimmung oder durch Titration des Kalkgehaltes. In früheren Jahren war der Apparat von Scheibler sehr gebräuchlich, jetzt meistens der Apparat von Ditt- rich \*) wegen seiner bequemen Handhabung. Die exakteste Bestimmung

---

\*) Vorrätig bei der Tonindustrie-Zeitung, Berlin, N. W. 21.

bleibt die Titration mit Normal-Salzsäure und  $\frac{1}{2}$  Normal-Natronlauge.

20 ccm Normal HCl = 1 g  $\text{CaCO}_3$ ; die Hälfte der ccm Lauge zieht man von der Anzahl der zugesetzten ccm HCl ab; der verbleibende Rest an ccm HCl wird mit 0,050 multipliziert. — Z. B. 1 g Rohmischung wird abgewogen, 20 ccm Normal HCl zugesetzt, erwärmt, 2 Tropfen Phenolphthalëin als Indikator zugegeben und verbraucht 9,2 ccm Lauge; dann ist  $(20 - \frac{9,2}{2}) \times 0,050 = 0,77 = 77,00$  v. H. kohlensaurer Kalk in der Mischung.



## Chemische Untersuchung der Rohmaterialien, Kalkstein und Zement.\*)

Auflösung. 0,500 g der fein pulverisierten Substanz ist abzuwägen; bei Kalkstein oder ungebrannter Mischung in einen bedeckten Platintiegel über starkem Gebläse während 15 Minuten oder bei nicht genügendem starkem Gebläse länger zu erhitzen. Die Probe wird dann in eine Abdampfschale gebracht, am besten in eine Platinschale, um schneller abzdampfen. Der Rückstand wird mit Wasser angefeuchtet und mit 5—10 ccm starker HCl erwärmt. Zur leichteren Auflösung kann man durch Zerdrücken der einzelnen Teilchen mit einem Glasstab nachhelfen.\*\*) Die Lösung ist dann bis zur Trockne einzudampfen, soweit dies auf dem Wasserbad möglich ist.

SiO<sub>2</sub>: Der Rückstand wird nicht weiter erhitzt, sondern mit 5—10 ccm starker HCl und etwas Wasser angefeuchtet oder gleich mit verdünnter HCl übergossen. Die Schale wird zugedeckt und 10 Minuten auf dem Wasserbad digeriert, wonach die Lösung filtriert und die ausgeschiedene SiO<sub>2</sub> sorgfältig mit heissem Wasser ausgewaschen wird. Das Filtrat wird wieder zur Trockne eingedampft, der Rückstand in HCl erhitzt und mit Wasser aufgenommen. Dann wird die kleine Menge eventuell ausgeschiedener SiO<sub>2</sub> auf einen besonderen Filter gesammelt und ausgewaschen. Die beiden Rückstände werden mit den Filtern feucht in einen gewogenen Platintiegel gebracht,

getrocknet, verascht, zuerst über einen Bunsenbrenner, bis das Papier völlig verbrannt ist, und dann 15 Minuten über dem Gebläse geglüht. Man wägt und prüft nochmals, indem man 10 Minuten bis zur Gewichtskonstanz glüht. Wird besondere Genauigkeit verlangt, so wird die SiO<sub>2</sub> im Tiegel mit 10 cm HF1 und 4 Tropfen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> übergossen und über einer niederen Flamme zur vollständigen Trockne eingedampft. Der kleine Rest wird geglüht, gekühlt und gewogen. Die Differenz aus beiden Wägungen ergibt den wahren Gehalt an SiO<sub>2</sub>\*\*\*)

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Das Filtrat der zweiten SiO<sub>2</sub> Abscheidung (etwa 250 ccm), wird mit NH<sub>4</sub>OH alkalisch gemacht und ein Überschuss desselben durch Kochen verjagt, bis nur noch ein schwacher NH-Geruch bemerkbar ist. Der ausgeschiedene Niederschlag von Al<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub> und Fe<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub> wird nach dem Absetzen einmal durch Abgiessen und dann auf dem Filter oberflächlich gewaschen. Das Filtrat wird auf die Seite gestellt und der auf dem Filter befindliche Niederschlag in heisser verdünnter HCl gelöst und die Lösung in dem zur ersten Auffüllung benutzten Becherglase gesammelt. Die Fällung mit NH<sub>4</sub>OH wird dann wiederholt und der Niederschlag auf dem zur ersten Füllung benutzten Filter gesammelt und ausgewaschen. Filter und Inhalt werden feucht in einem gewogenen Platintiegel verascht und bei zu ver-

\*) Nach Vorschlägen des Komitees für einheitliche technische Analyse, mit Ratschlägen von W. F. Hillebrand.

\*\*) Etwa Ungelöstes soll getrennt werden, geglüht mit etwas Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, aufgelöst und der ursprünglichen Lösung zugefügt werden.

\*\*\*) Bei gewöhnlicher Analyse im Fabrikslaboratorium kann man diese Korrektion vielleicht auslassen, — aber niemals eine zweifache Eindampfung.

mindernder Reduktionsflamme 5 Minuten geglüht, abgekühlt und als  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  \*) gewogen.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ : Die vereinigten Oxyde von  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  werden in einem Platintiegel bei möglichst niedriger Temperatur mit zirka 3—4 g  $\text{KHSO}_4$  oder bester  $\text{NaHSO}_4$  geschmolzen und die Schmelze mit so viel verdünnter  $\text{H}_2\text{SO}_4$  versetzt als zur Lösung notwendig ist und erhitzt. Wird grosse Genauigkeit verlangt, so wird die ausgeschiedene geringe Menge von  $\text{SiO}_2$  abfiltriert, ausgewaschen und mit  $\text{HFl}$  nachgeprüft. Das Filtrat wird mit  $\text{H}_2\text{S}$  reduziert, dessen Überschuss im  $\text{CO}_2$  Strome durch Kochen verjagt, hierauf wird das Fe durch Reduktion mit  $\text{KMnO}_4$  titrimetrisch bestimmt.\*\*)

$\text{CaO}$ : Zu den vereinigten Filtraten des Ammoniakniederschlages werden einige Tropfen  $\text{NH}_4\text{OH}$  zugegeben und die Flüssigkeit zum Kochen erhitzt. Zur kochenden Lösung werden 20 ccm einer gesättigten  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ -Lösung gegeben und das Kochen solange fortgesetzt, bis der Niederschlag eine deutliche körnige Beschaffenheit angenommen hat. Man lässt 20 Minuten oder länger absitzen und filtriert. Niederschlag und Filter werden feucht in einen Platintiegel gebracht und auf kleiner Flamme verascht. Hierauf wird geglüht, der Niederschlag in  $\text{HCl}$  gelöst und die Lösung durch Verdünnen mit Wasser auf etwa 100 ccm gebracht. Man versetzt mit einem kleinen Überschuss von Ammoniak und kocht die Lösung. Eine kleine Menge sich ausscheidenden  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wird abfiltriert, ausgewaschen, verascht und gewogen, und wenn grosse Genauigkeit erzielt werden soll, zu dem vorher gefundenen Werte

\*) enthält noch  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ .

\*\*) Auf diese Art wird der Einfluss der Titansäure vermieden und ein genaues Resultat für Eisen erhalten.

zugezählt. Der Kalk wird dann mit  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  wieder ausgefällt, absitzen lassen, abfiltriert, ausgewaschen und entweder mit  $\text{KMnO}_4$  titriert oder auf dem Gebläse in  $\text{CaO}$  übergeführt (Glühen bis zur Gewichtskonstanz) und als solches gewogen.

$\text{MgO}$ : Die vereinigten Abläufe von der  $\text{CaO}$ -Fällung werden mit  $\text{HCl}$  angesäuert und auf dem Dampfbade bis zu etwa 150 ccm eingeengt. Man versetzt mit 30 ccm einer gesättigten  $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ -Lösung und kocht einige Minuten, worauf in Eiswasser gekühlt wird. Tropfenweise wird unter Umrühren Ammoniak zugefügt, bis sich der kristallinische Ammonium-magnesium ortho-Phosphatniederschlag zu bilden beginnt, worauf noch im Überschuss Ammoniak zugesetzt wird, indem man das Umrühren noch einige Minuten fortsetzt. Nach einigen Stunden Stehen an einem kühlen Ort wird der Niederschlag filtriert, in heisser verdünnter  $\text{HCl}$  wieder gelöst, die Lösung auf 100 ccm gebracht, 2 ccm einer gesättigten  $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$  Lösung zugegeben und verfahren, wie bei der ersten Fällung. Man filtriert nach 2 Stunden durch ein Filter, glüht, kühlt und wiegt den Rest als  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ .

$\text{SO}_3$ : 1 g Zement wird in 15 ccm  $\text{HCl}$  gelöst, abfiltriert und der Rückstand vollständig ausgewaschen. Die Lösung wird auf 250 ccm gebracht und gekocht. Zur kochenden Lösung werden tropfenweise 10 ccm einer gesättigten  $\text{BaCl}_2$  Lösung zugesetzt und das Kochen fortgesetzt, bis der Niederschlag die gewünschte Struktur hat. Man lässt über Nacht stehen, filtriert, verascht und wägt als  $\text{BaSO}_4$ .

Total S: 1 g Zement wird in einem weiten Platintiegel gewogen und mit  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und etwas  $\text{KNO}_3$  geschmolzen, wobei zu beachten ist, dass keine Verunreinigung durch den S des Gases statt-



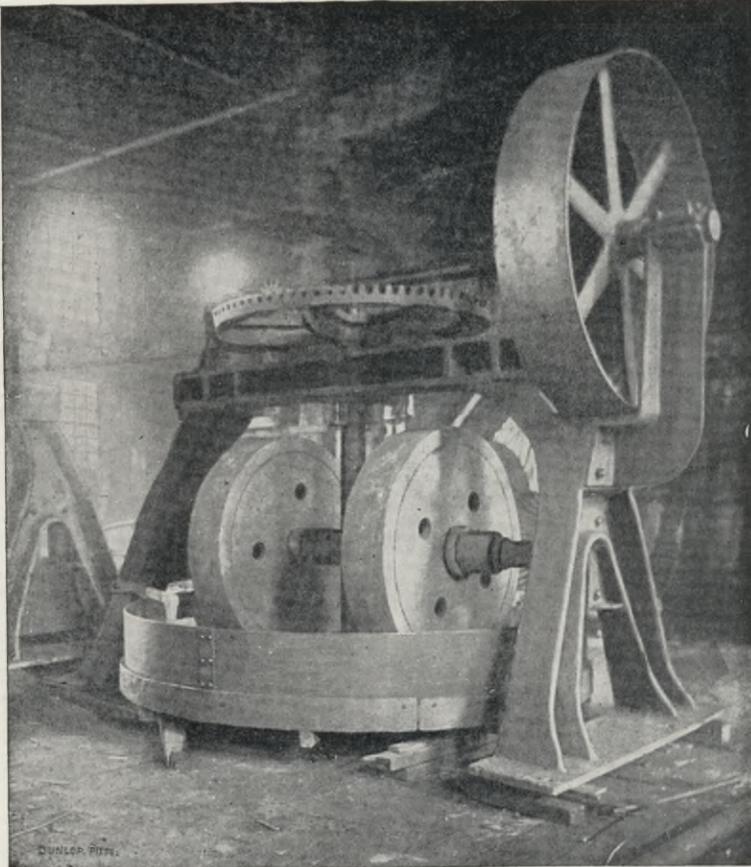
## Fabrikations-Methoden.

Im Allgemeinen kann die Portland-Zementfabrikation je nach den Rohmaterialien und der damit verbundenen Aufbereitung eingeteilt werden:

1. in die nasse Aufbereitung durch Aufschlämmen der Rohmaterialien,
2. in die trockene Aufbereitung.

dürfte sich aber etwas teurer als das Trockenverfahren gestalten. Das Schlämmen ist da anzuwenden, wo Kreide und weicher Mergel, die sich bekanntlich schwer vermahlen lassen, als Ausgangsmaterial genommen werden.

Ist der Kalkgehalt eines Schlämm-



KOLLERGANG VON ALLIS-CHALMERS.

### DIE NASSE AUFBEREITUNG.

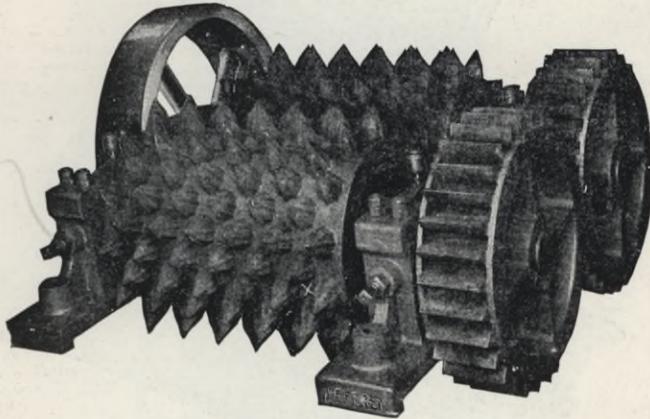
1. Die nasse Aufbereitung, bei welcher Ton mit Kalk-Mergel oder Kreide gemeinschaftlich unter Zusatz von Wasser in dünnflüssigen Schlamm verwandelt werden. Dieses Nassverfahren liefert unstreitig eine äusserst innige Mischung,

bassins als richtig befunden worden, so geht die Masse nach den Drehrohröfen und wird dort automatisch in dieselben eingeführt. Früher war ein Trocknen des Schlammes nötig, der dann für feststehende Öfen in Form von Brocken oder Ziegeln gebracht wurde.

Bei dem Nassverfahren bedient man sich besonderer Schlämmapparate. Die nasse Aufbereitung war früher mehr verbreitet; sie ist dadurch sehr wertvoll, dass sie eine ungemein innige Mischung der einzelnen Bestandteile ermöglicht. Sie wird dadurch vollzogen, dass man Ton mit Kreide, Wiesenkalk oder Mergel entweder zusammen oder jeden Stoff für sich besonders in Schlämmapparaten auflöst. Es sind dies runde gemauerte Bassins von etwa 3,6 m Durchmesser, 90 cm—1,20 m Höhe, in denen bei ständigem Wasserzufluss ein Rührwerk

anderen Sammelbehälter und wird dann nach den Öfen gepumpt.

Vielfach kommt beim nassen Verfahren der Kollergang von Allis-Chalmers als Vormahlapparat in Anwendung. Der Kollergang hat eine feste Bodenplatte und rotierende Läufer. Die Abbildung zeigt einen Kollergang mit Teller, letzterer 10 Fuss = 3,0 m im Durchmesser. Die Läufer sind um eine gemeinschaftliche horizontale Axe drehbar. Der Teller ist aus Hartguss hergestellt, mit auswechselbarer Mahlbahn, an welche sich nach aussen hin das als Sieb dienende gelochte Stahl-



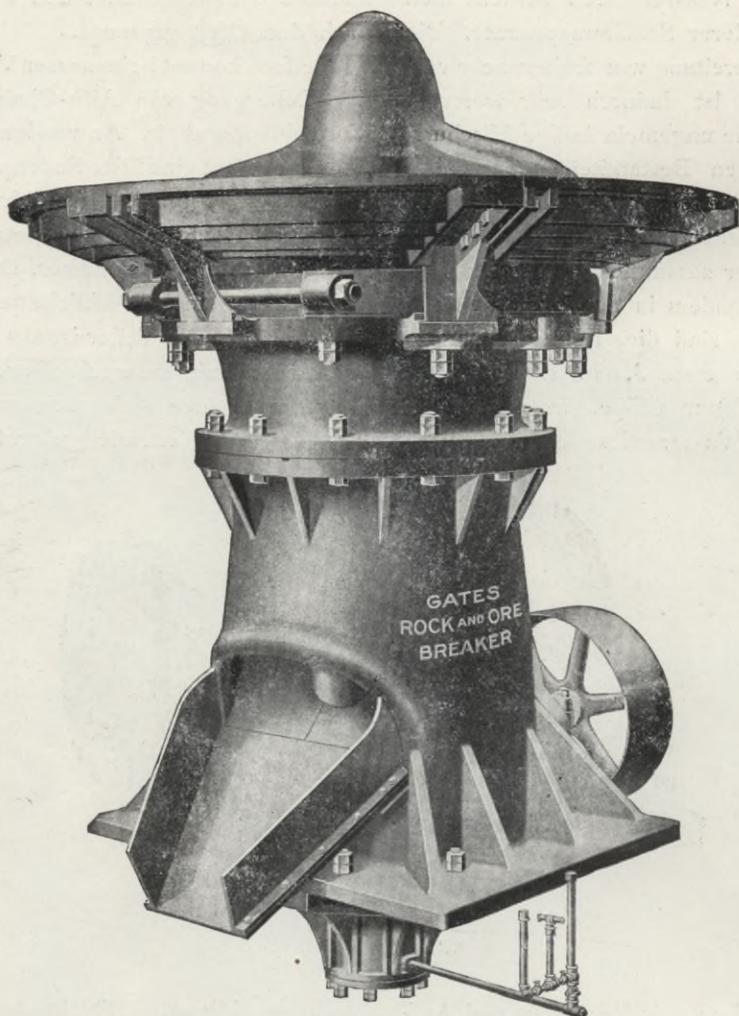
BRECHWALZE.

rotiert, wodurch ein Zerreiben und Auflösen der im Behälter befindlichen Stoffe erfolgt. Die fertige Schlammmasse fließt durch ein grobes Sieb ab, während die großen Stücke, vielfach aus Feuerstein bestehend, aus dem Bassin durch ein Becherwerk herausgeholt werden.

Meistens werden beide Materialien gleich zusammen verarbeitet. Der Brei im Sammel-Bassin wird auf Nassmühlen, jetzt meistens auf Kugel- und Rohrmühlen, Griffmühlen oder Kollergängen vermahlen. (siehe Trockenverfahren). Der feine Schlamm fließt nun nach Passieren der Mühlen in einen

blech anschliesst. Die in den Teller hineinreichenden 2 einander gegenüberliegenden Abweiser regulieren die Zuführung des Mahlguts. Das Feine fällt in die unten befindliche Rinne und wird weiter gemahlen.

Zum Vorzerkleinern des Tones und der Kohle gebraucht man meistens die Brechwalze, bestehend aus zwei nebeneinander liegenden Walzen; das Zahnrad der einen greift in das der anderen, so dass die Walzen sich gegeneinander drehen müssen. Je nach der Beschaffenheit der Materialien tragen die Walzen Zähne oder Rinnen. Die Walzen selbst



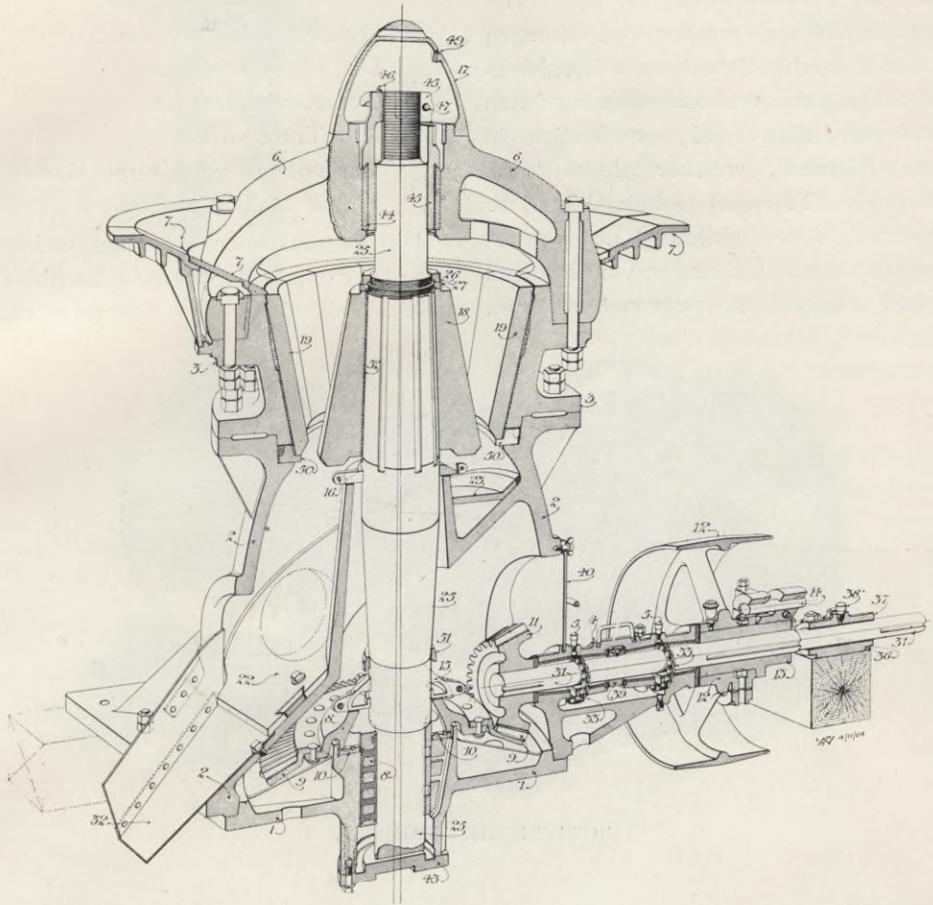
„GATES“ STEINBRECHER.

bestehen gewöhnlich aus einem gusseisernem Kern, welcher einen Mantel aus Hartguss trägt.

#### DAS TROCKENVERFAHREN.

Das Trockenverfahren besteht darin, Kalk und Ton zerkleinert zu trocknen und vorzumahlen, im richtigen Verhältnis zu einander zu wägen und bis zur Mehlfeinheit zu zerkleinern. Teils werden die Rohmaterialien bei gleichartiger physikalischer Beschaffenheit

direkt zusammen zerkleinert, teils einzeln vorgemahlen, um dann gemischt und zusammen fertig pulverisiert zu werden. Die Mischung geht entweder in Rohmehlbehälter oder direkt nach den Drehrohröfen. Früher war bekanntlich ein Anfeuchten des Mehls mit Wasser, Formen der Masse zu Ziegeln und darauf folgendes Trocknen nötig. Durch den Drehrohröfen fällt das Verziegeln der Rohmischung weg und gestaltet sich der ganze Betrieb bedeutend einfacher.



„GATES“, STEINBRECHER. Schnitt.

#### STEINBRECHER.

In manchen Werken werden die Kalksteine direkt im Steinbruch mit Steinbrechern vorzerkleinert, in anderen ist diese Anlage im Werke selbst, was sich immer nach den örtlichen Verhältnissen richtet. Der Maulbrecher wird allmählich durch die bewährte Konstruktion der „Gates“-Brecher von Allis-Chalmers zurückgedrängt und entspricht diese Maschine allen modernen Anforderungen.

Der „Gates“-Steinbrecher besteht aus einer senkrechten, an beiden Enden in Lagern laufenden Welle (25), welche unten einen konischen Radkranz (9) trägt, der mit einer Antriebswelle (31) und Riemenscheibe (12) in Verbindung steht. Das Stahlgehäuse besteht im Wesentlichen aus der Bodenplatte (1), dem Mittelstück (2) und dem oberen Ring (3). Das Material wird in den Mühltrichter (7) geschüttet und rutscht von hier aus in das Innere des Brechers. Die nach

unten konisch verlaufenden Platten (19) sowie der konische Kopf (18) der Welle sind mit Rinnen versehen und besorgen so durch rasche Rotation die Zerkleinerung. Die genügend feinen Steine fallen durch die Rinne (32) gewöhnlich in einen Elevator, welcher sie in eine rotierende Trommel schüttet. Diese Trommel (siehe Abbildung) aus gelochtem Eisenblech (Öffnungen von  $2\frac{1}{2}$  Zoll = 6,25 cm im Durchmesser) bestehend,

#### TRANSPORT-VORRICHTUNG IN DER FABRIK.

Die hauptsächlichsten sind:

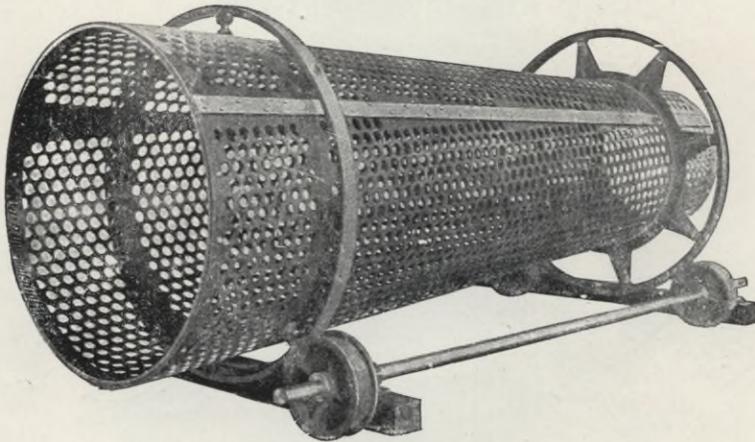
Die Förderschnecke.

Der Kettenelevator.

Das Transportband.

Verbundene gusseiserne Kasten auf Rollen laufend.

Die Förderschnecke besteht meistens aus horizontal liegendem Eisenblechgehäuse, in dem eine Schraube ohne



ROTIERENDE TROMMEL.

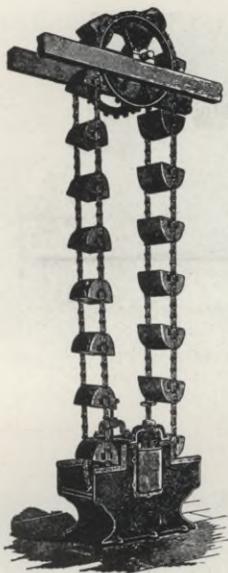
lässt nur Steine von bestimmter Maximalgröße durch, welche zur Weiterverarbeitung nach den Trocknern wandern, während zu grosse Stücke wieder in den Becher zurückgeführt werden. Die Steinbrecher werden in allen Grössen konstruiert, bis zu einer Leistung von 500 Tonnen pro Stunde und 10 bis 150 P. S. Kraftverbrauch. Die Umdrehungszahl der Riemenscheibe schwankt je nach Grösse von 600 bis 350 in der Minute.

Ende läuft, durch Rädervorgelege mit Riemenscheibe angetrieben. Die Schnecke vermag pulverförmiges Material und Gries zu befördern. Das Material fliesst der Schnecke am Einlaufende zu und wird unterwegs (mittelst Schieber) nach Zwischenstationen oder bis zum Ende weiter geschafft.

Der Kettenelevator, gewöhnlich in senkrechter Stellung angelegt, befindet sich meistens in einem Gehäuse aus Eisen-



FÖRDER-SCHNECKE.



KETTEN-ELEVATOR.

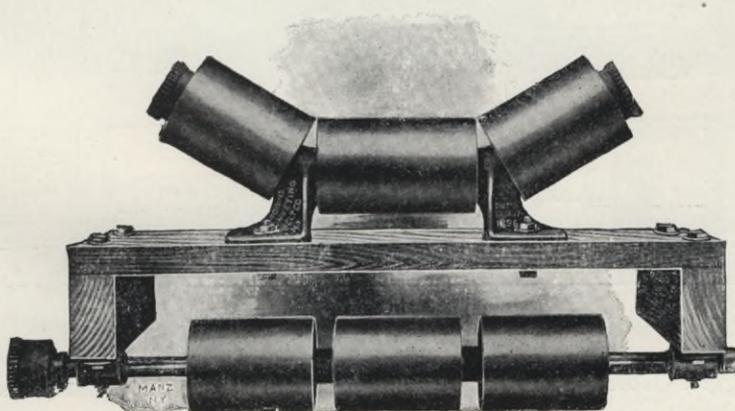


WAGEN.

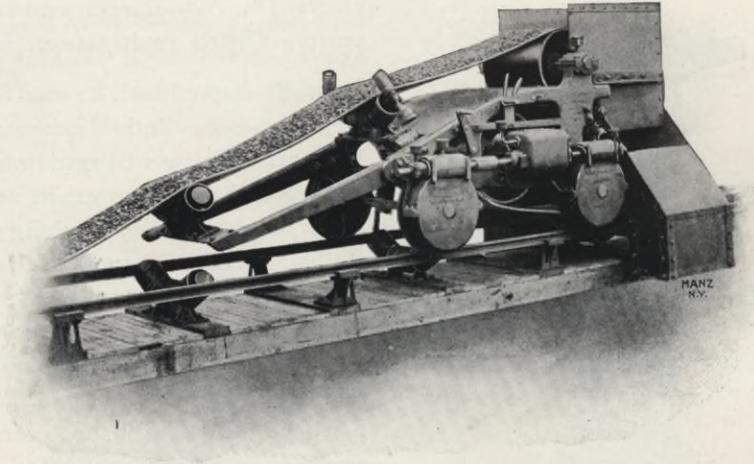
blech. Die Achsenlager sind verstellbar, um die Ketten nachspannen zu können.

Das Transportband, ein starker Gummi-Hanfzug ohne Ende läuft auf Rollen. Der untere Teil geht gerade über Rollen hinweg und der obere erhält seine hohle Form durch die seitlich schräg gestellten Rollen. Das Band kann an seinen Enden beliebig straff gespannt werden. Durch Einschalten eines besonderen Abwurfwagens kann man das Material an verschiedenen Stellen abwerfen. Das Transportband kann auch für verschiedene Steigungen gebraucht werden.

Zum Transport von heissen Zementklinkern benutzt man (siehe Abbildung) auf Schienen laufende kleine Wagen, eine Kette ohne Ende bildend. Die Konstruktion ist so ausgeführt, dass ein Kasten fest am anderen liegt und nichts verschüttet werden kann. Obige Konstruktionen werden von der Jeffrey Manufacturing Co. hergestellt.



ROLLEN ZUM TRAGEN DES TRANSPORT-BANDES.

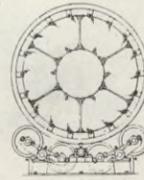


ABWURF - WAGEN.

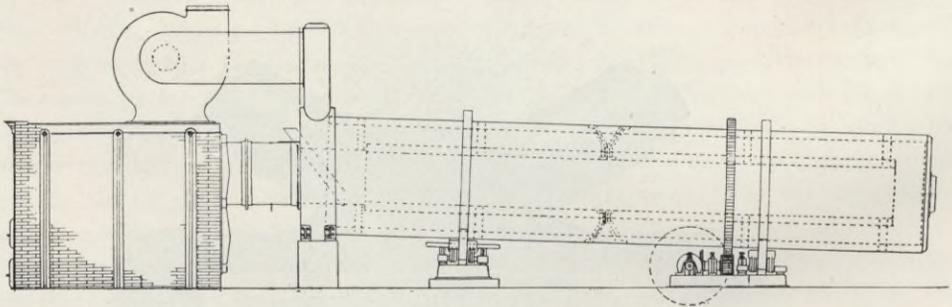
TROCKNEN DER ROHMATERIALIEN.

Trockenöfen, ähnlich den alten Schachtöfen, aus welchen man die Steine mit der Hand entleert, werden wohl kaum noch gebaut. Dahingegen sichern die rotierenden Trockner einen billigen und automatischen Betrieb. Aus einer Reihe von Trocknern möchte ich die Konstruktion von Ruggles-Coles, New-York erwähnen, welcher in letzter Zeit hier grosse Anerkennung gefunden hat.

Paar Laufrollen ruhen und wird der Apparat durch Zahnradantrieb in Bewegung gesetzt. Der innere Zylinder erstreckt



Schnitt.



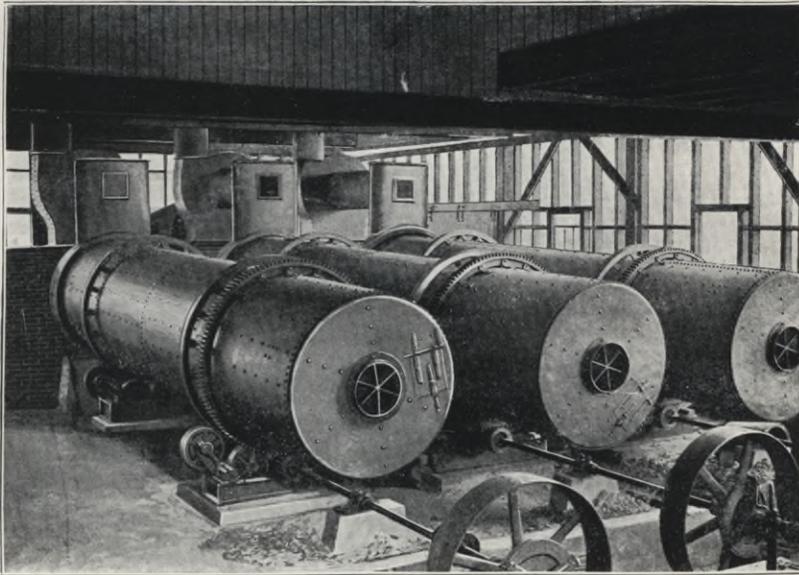
RUGGLES-COLES-TROCKNER.

Der Ruggles-Coles-Trockner, Figur obenstehend, besteht aus zwei fest mit einander verbundenen konzentrischen Zylindern. Der äussere ist mit zwei Laufrollen aus Stahl versehen, welche je auf 2

sich über das Kopfende des äusseren hinaus und ist mit einer feststehenden Feuerung und mit Chamottesteinen bekleideten Abzug verbunden. Die Feuer-gase gehen durch den inneren Kanal nach

dem hinteren Ende der Maschine und zurück zwischen beiden Zylindern durch das fallende Material zum Abzug. Das zu trocknende Material gelangt in die Trommel am Kopfende zwischen die zwei Zylinder, wird durch an der Innenseite der Aussentrommel angebrachte Flügel emporgehoben und fällt dann auf den heissen inneren Zylinder. Beim Umdrehen fällt die Masse vom inneren Zylinder auf den Boden des äusseren, um wieder aufgehoben zu werden bis zur vollständigen Trocknung und verlässt hier-

trockneren Material keine Kondensation der Feuchtigkeit. Beim Zurückgehen der Gase durch das zu trocknende Material absorbieren diese vielmehr die aufsteigende Feuchtigkeit, ausgetrieben durch den Innenkanal, und wandern durch den Exhaustor mit einer Temperatur, welche etwas höher ist als die äussere Atmosphäre. Bei Inbetriebsetzung des Apparates und Passieren der Gase durch den inneren Mantel ist der äussere kalt und geht nur wenig Hitze durch Wärmeabstrahlung verloren.



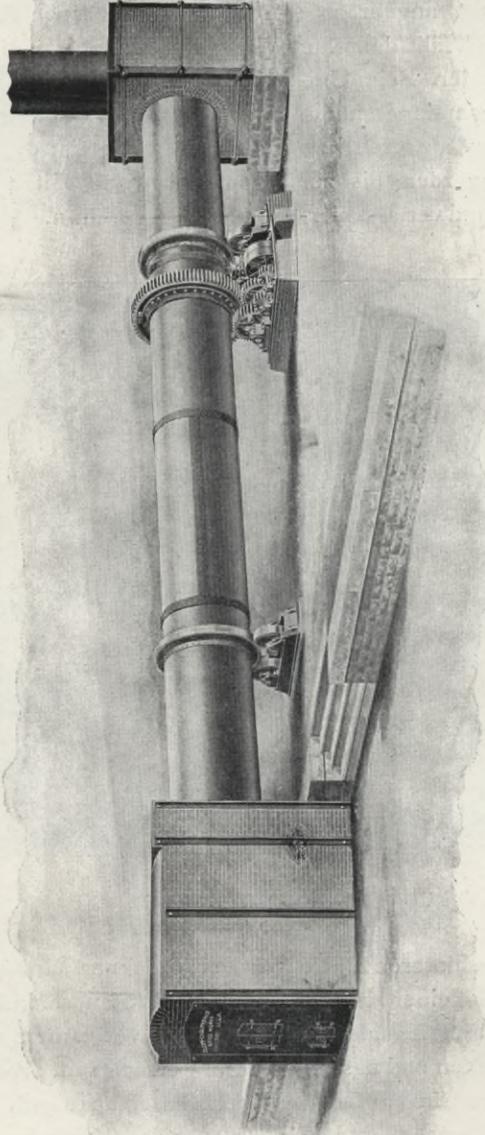
RUGGLES-COLES-TROCKNER.

auf den Apparat an seinem hinteren Ende. Die Ofengase treten mit einer hohen Temperatur in den inneren Kanal ein, sogleich ihre Hitze dem kalten und nassen Material gebend, welches sich auf der Aussenseite der Innentrommel befindet. Beim Verlassen der Innentrommel haben die Gase auf diese Weise schon teilweise ihre Hitze praktisch verwertet, sind aber noch trocken und auf diese Weise erfolgt beim Zusammentreffen mit dem

Der Trockner wird in manchen Fällen mit einem Staubsammler (Cyklon) entsprechend verbunden.

Ein Versuch zum Trocknen granulierter Hochofenschlacke gab folgende Zahlen:

Dauer des Versuches 1 St. u. 40 Min.  
 Durchschnittstemperatur:  
 der Luft . . . . . 75° F = 24° C.  
 des Heizkanals . . . . 1200° F = 650° C.  
 beim Abzug . . . . . 110° F = 43° C.  
 v. getrocknet. Material 195° F = 72° C.



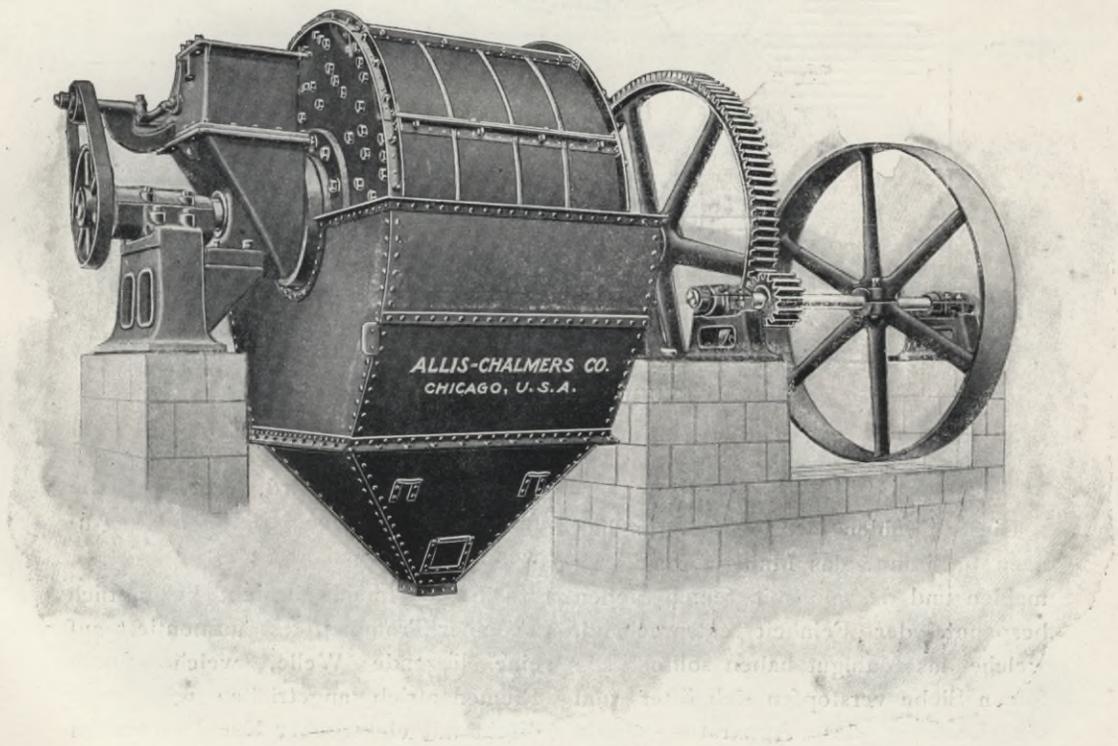
TROCKNER.

Vacuum im Abzugskanal	1,37 cm
Luftzufuhr in der Minute	412 cbm
Kohlenverbrauch . . . . .	438 kg
do. für die Stunde	252 "
Gesamtgewicht des getrockneten Materials . .	4928 "
Gewicht des getrockneten Materials in der Stunde	2898 "
Feuchtigkeit im benutzten angewandten Material .	40,82 v. H.
Feuchtigkeit im getrockneten Material . . . . .	0,29 " "
Wasser verdunstet für 1 kg Kohle . . . . .	7,85 kg
Wasser verdunstet in der Stunde . . . . .	1993 "

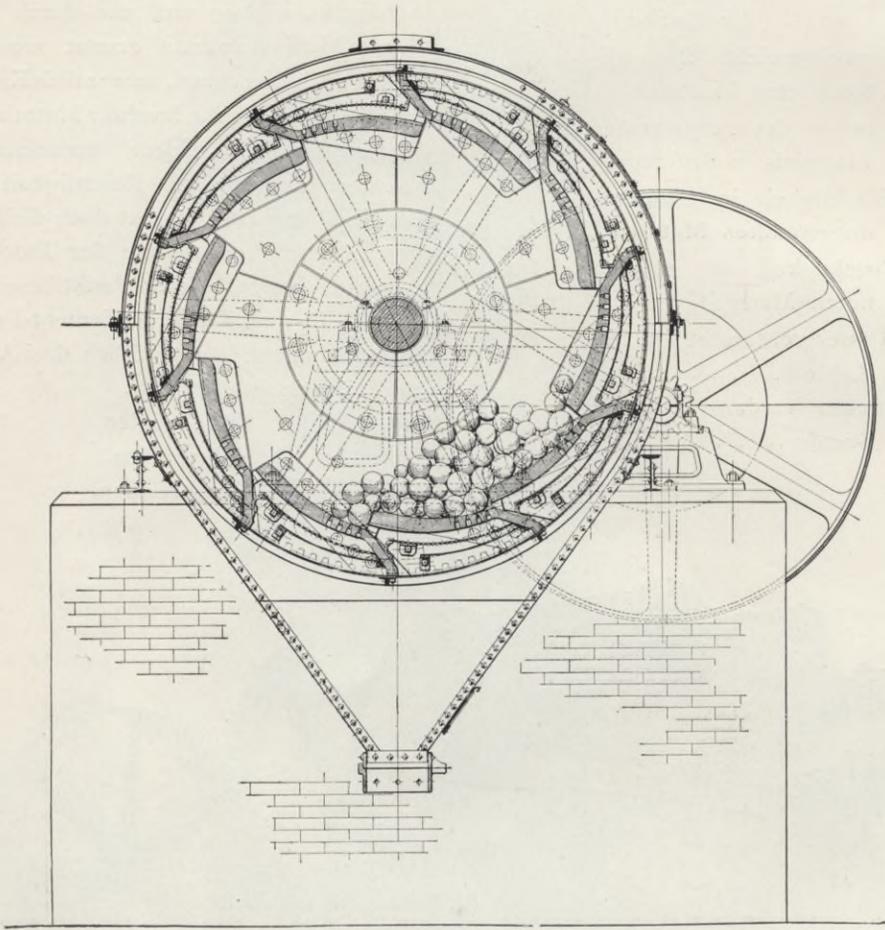
Der altherwürdige Oberläufer-Mahlgang mit seinem jüngeren Bruder, dem Unterläufer haben hier nicht das Feld behaupten können und sind durch moderne Mahl-Apparate ersetzt worden. Wenn auch manchmal, namentlich Kugelmühlen, bei Aufgabe feuchter Materialien hinter den Mahlgängen zurückstehen mussten, da diese für Feuchtigkeit unempfindlicher sind, so hat doch die fortgeschrittene Verbesserung der Trockenapparate dauernd diesen Punkt beseitigt.

Für die amerikanische Zement-Fabrikation kommen hauptsächlich drei Arten von Mühlen in Betracht:

1. Kugelmühlen.
2. Rohrmühlen.
3. Griffinmühlen.



KUGELMÜHLE.



KUGELMÜHLE. Schnitt.

#### KUGELMÜHLEN.

Diese Mühlen waren ursprünglich dazu bestimmt, das Mahlgut fertig zu mahlen und deshalb mit feinen Sieben bespannt, der Feinheit entsprechend, welche das Mahlgut haben sollte. Die feinen Siebe verstopfen sich öfters und die Leistung des Apparates wurde heruntergedrückt. Erst mit Einführung der Rohrmühle gibt die Kugelmühle wirklich gute Resultate, indem sie zum

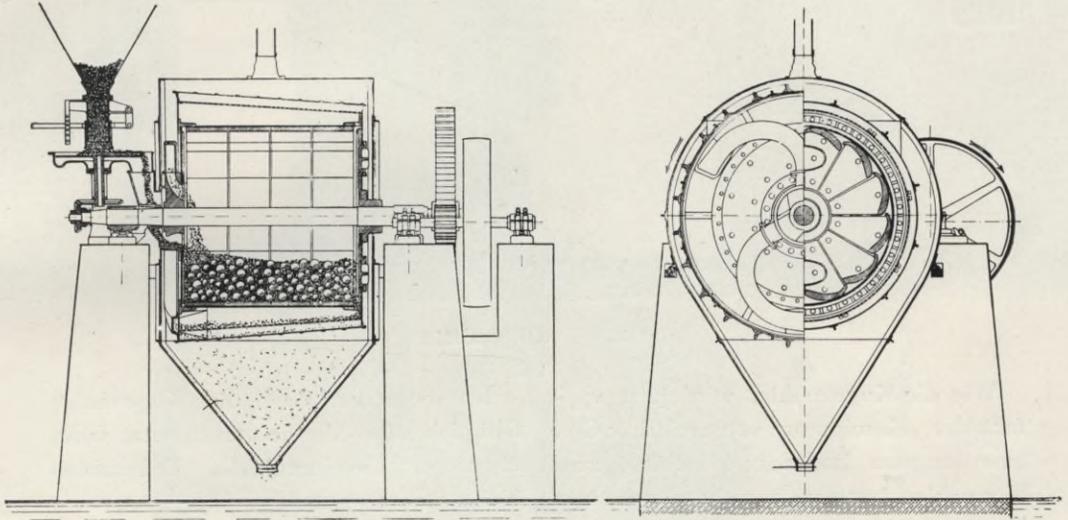
Vormahlen benutzt wird, die feinen Siebe fortfallen und Siebe Nr. 10—30 in Anwendung kommen.

Die Kugelmühle besteht bekanntlich aus einer Trommel, fest aufmontiert auf eine liegende Welle, welche durch Riemenantrieb angetrieben wird oder direkt mit elektrischer Kraft verbunden ist. Zum Schutze gegen Verschleiss sind die Wände mit Hartgussplatten versehen. Die parallel zur Axe liegenden starken

Laufplatten haben Löcher und Schlitz-  
 e, und zu einander stufenförmige Anord-  
 nung, entgegengesetzt der Drehungsrich-  
 tung, bezweckend, dass Kugeln und Ma-

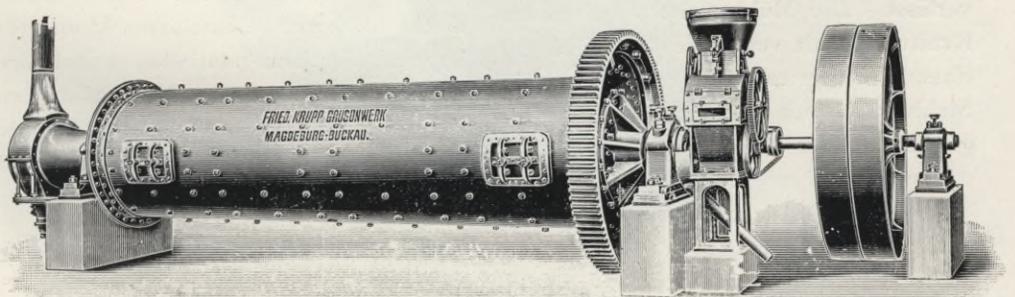
wird bei dem Umgang der Trommel  
 wieder in die Mühle zurückgeführt und  
 von neuem der Mahlung unterworfen,  
 während das genügend feine Material

**LINDHARD [PATENTED] KOMINUTER.**

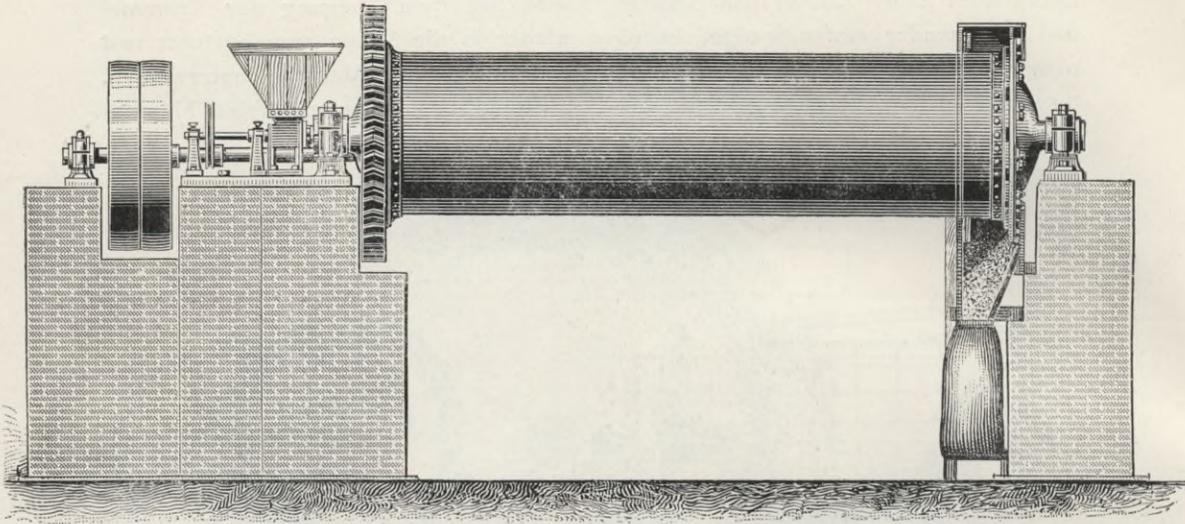


terial eine rollende und fallende Bewegung  
 erhalten. Die Mühlen haben jetzt alle auto-  
 matische Zuführung des Mahlgutes, wel-  
 ches durch diese ins Innere der Mühle fällt  
 und durch die Kugeln soweit zerkleinert  
 wird, dass es die Schlitz in den Lauf-  
 platten, resp. die gelochten Siebplatten  
 und Siebgewebe passiert. Das Grobe

die Mühle verlässt. Die Umdrehungs-  
 zahl ist sehr gering, etwa 22 in der  
 Minute, bei einem Maximalkraftverbrauch  
 von 40 P. S. für Kugelmühle Nr. 7 von  
 F. L. Smidth & Co. Die Leistung be-  
 trägt etwa 4 Tonnen in der Stunde, je  
 nach Beschaffenheit des zu mahlenden  
 Materials.



KRUPP ROHRMÜHLE.



SMIDTH ROHRMÜHLE.

Wie die Kugelmühle, wird jetzt vielfach der „Kominutor“ von Smidth & Co., eine langsam laufende Maschine, zum Vormahlen benutzt, bestehend aus einer Trommel, fest verbunden mit horizontaler Welle. Die Materialzuführung ist wie bei anderen Mühlen automatisch und geht das Mahlgut im Mahlkörper über massive Stahlplatten. Die Anordnung der Siebe ist anders wie bei den Kugelmühlen. Diese sind geschlossen und laufen konisch zu. Das Grobe wird durch Schaufeln wieder in die Mitte des Apparates zur nochmaligen Vermahlung geschleudert, während das genügend Feine die Mühle verlässt. Die Mühle leistet bei einem Kraftverbrauch von 45 P. S. 34 bis 40 Fass Zementgries in der Stunde. Ein Mahlversuch mit Rohmaterial ergab folgende Zahlen:

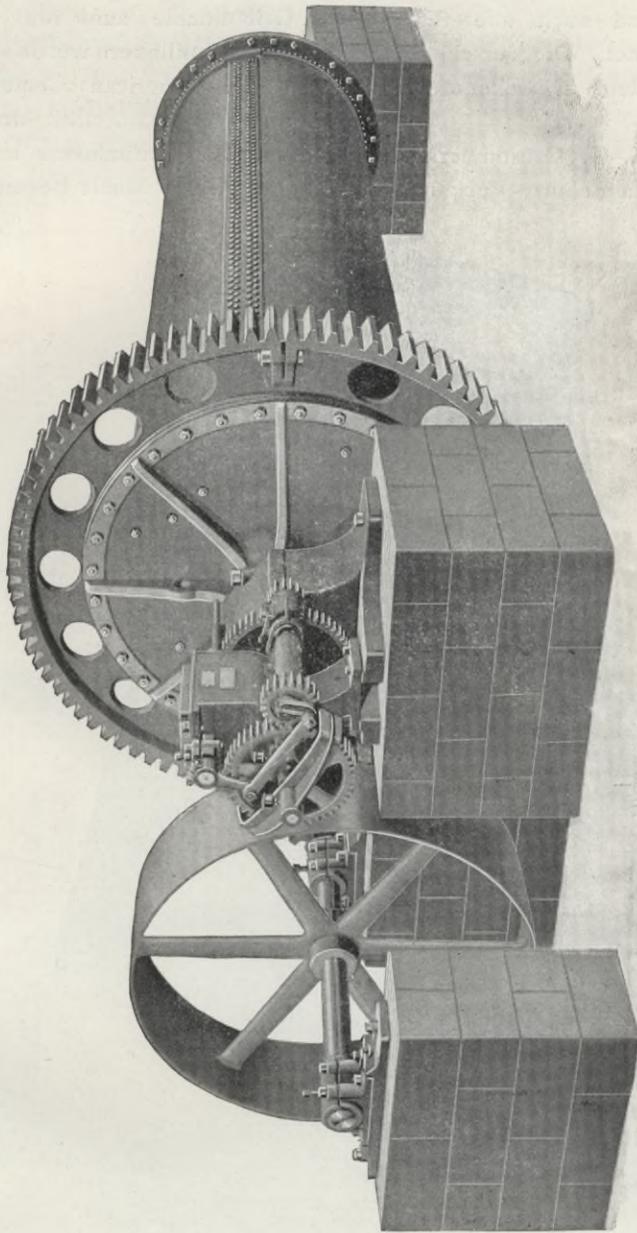
Gemahlen wurde . . . . .	23,813	Tonnen	
Dauer des Versuches 3 Stunden 10 Min.			
In der Stunde . . . . .	7,52	Tonnen	
Feinheit a. Sieb Nr. 100	Nr. 80	Nr. 50	
	43,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	45,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	57,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Feinheit a. Sieb Nr. 30	Nr. 20	Nr. 10	
	75,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	95 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	99,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Ich bemerke, dass die Kugelmühle lediglich zum Vormahlen benutzt wird, ebenso der Kominutor. Das Feinmahlen bleibt den Rohrmühen überlassen.

Als Apparat zum Feinmahlen des von der Kugelmühle kommenden Materials wird die Rohr- oder Griesmühle benutzt aus einem 16 Fuss = 5 m langen, zylindrischen Rohr von etwa 5 Fuss = 1,5 m Durchmesser bestehend, welches sich horizontal mittelst Zapfen und Lager um seine eigene Axe dreht, oder mit zwei Laufringen versehen ist, welche auf Rollen laufen; der Antrieb erfolgt mit Riemen; in neuester Zeit ist jede Mühle direkt mit einem elektrischen Motor gekuppelt. Durch automatische, verstellbare Zuführung gelangt das Mahlgut in den Zylinder, um durch kleine Stahlkugeln oder Flintsteine fein pulverisiert und gleichzeitig gemischt zu werden.

Eine Rohrmühle Nr. 16 von Smidth & Co. gebraucht:

- Elektrischer Motor 85 P. S.
- Umdrehungszahl in der Min. 22—27.
- Menge in der Stunde etwa 4 Tonnen.



ALLIS CHALMERS ROHRMÜHLE

Feinheit der Mahlung:  
auf Sieb Nr. 100 95—98 v. H.  
" " Nr. 200 . . . . 85 v. H.

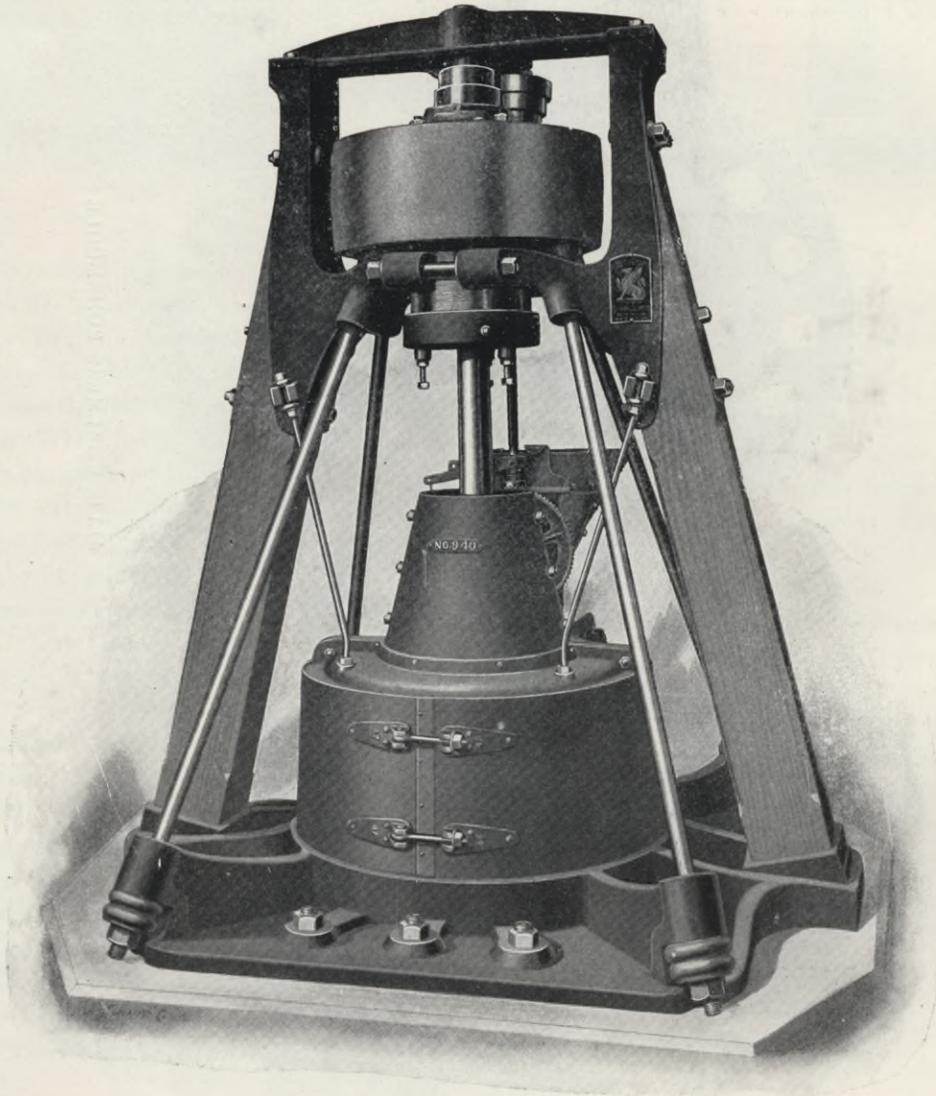
Diese Mühlen sind auch alle für Nassmahlen eingerichtet. Die verschiedenen Mühlen werden in bekannter Güte fabriziert von:

Friedrich Krupp, A.-G. Grusonwerk,  
Magdeburg - Buckau,

F. L. Smidth & Co. New York.  
Allis-Chalmers & Co. Chicago.

#### DIE GRIFFINMÜHLE.

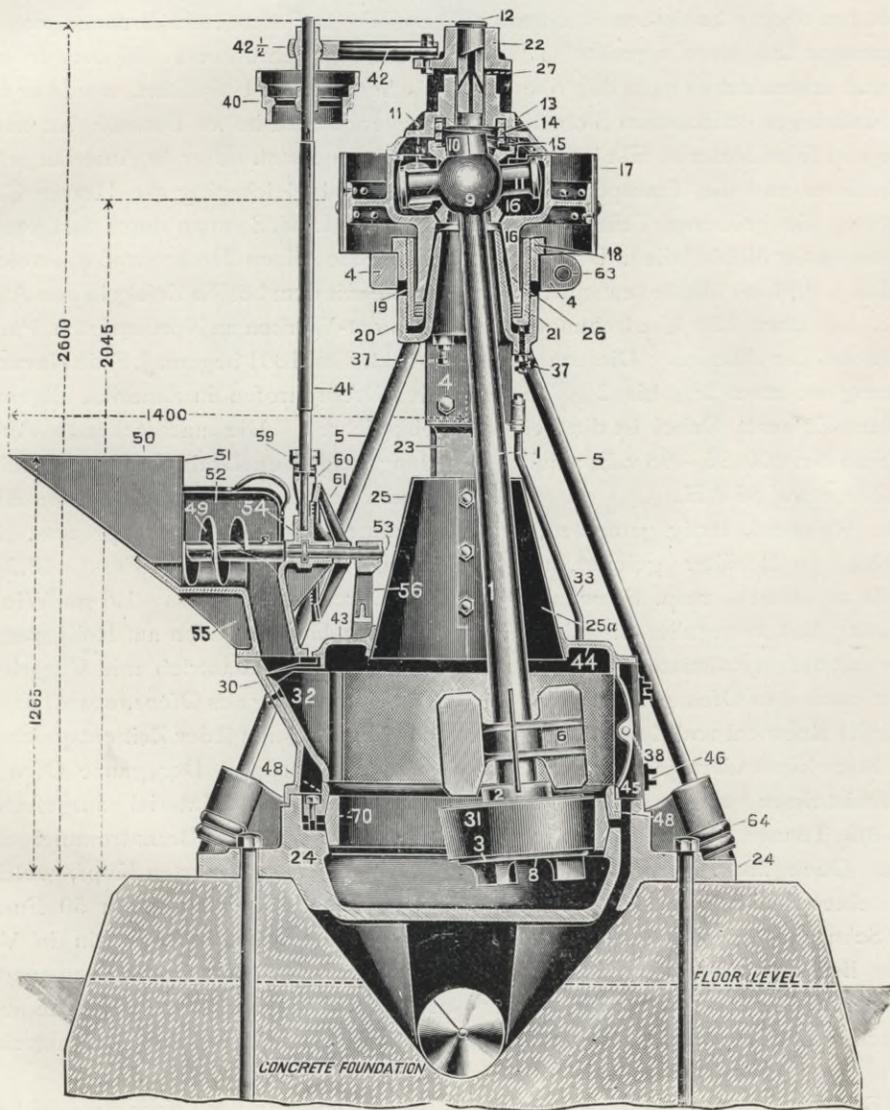
Die Griffinmühle zum Mahlen von Portland-Zementklinkern wurde seit 1889 zuerst in der American Cement Co., Egypt, Pa. gebraucht. Mit dem Aufschwung der Zementindustrie nahm die Anwendung dieser Mühle bedeutend zu,



GRIFFINMÜHLE.

und sie ist jetzt über den ganzen Erd-  
ball für alle Zwecke der Hartmüllerei  
verbreitet und wird in der Zementfabri-  
kation sowohl für Nass- als auch für  
Trockenverfahren gebaut. Die Bauart  
der Mühle ist sehr kräftig. Der Antrieb  
erfolgt mit horizontal liegender Riemen-  
scheibe (17), welche durch ein Universal-

gelenk (9) mit der Welle (1) verbunden  
ist. Der untere Teil der Welle ist mit  
einer schweren Walze (31), dem eigent-  
lichen Mahlkörper versehen, welcher sich  
frei in dem Mörser bewegen kann. Der-  
selbe besteht aus dem Becken (24), dem  
Laufring (70) gegen welchen die Walze  
(31) drückt. Bei Trockenmahlung sind an



GRIFFINMÜHLE. Schnitt.

der Walze Sichtflügel angebracht, welche das Auswerfen des genügend feinen Materials durch den Siebrahmen besorgen. Die unter der Walze befindlichen pflug-scharartigen Messer ändern den Materialien entsprechend ihre Form. Der Einlauf (50) des Materials in den Apparat erfolgt automatisch durch die Zuführungsschnecke in den Mörser und wird hier das Material zu Pulver zermalm. Der durch den oberen konischen Blechmantel eingesaugte Luftstrom ergreift das Mahlgut und schleudert es nach den oberhalb des Mahlringes befindlichen Sieben. Das genügend feine Material fällt in den Sammelbehälter und die Transportschnecke, während die gröberen Teile wieder in das Innere der Mühle fallen. Die grössere (36 Zoll = 0,91 m) Mühle braucht 25—30 P. S., bei etwa 150 Umdrehungen der Welle in der Minute. Die stündliche Leistung ist etwa  $1\frac{1}{2}$  bis  $2\frac{1}{2}$  Tonnen Portland-Zement. Dabei ist die Feinheit auf Sieb Nr. 100 95—98 v. H.; auf Sieb Nr. 200 etwa 85 v. H.

Das Rohmehl, fertig gemahlen, wird entweder in Behälter geleitet, um als Vorrat zu dienen, resp. Schwankungen im Kalkgehalt zu regulieren, indem man hohes mit tiefem Rohmaterial mischt, oder direkt nach den Öfen geleitet. Die Behälter für Rohmehl und Zement, aus Holz oder Eisen konstruiert, je nach den Grössenverhältnissen einer Fabrik, fassen 60—300 Tonnen Rohmaterial oder Zement. Oben läuft, gewöhnlich in der Mitte eines Behälters, ein Transportband oder Schnecke, mit welchen das Material in die Behälter geschafft wird. Unterhalb derselben ist wieder eine Förderschnecke zum Entleeren angebracht.

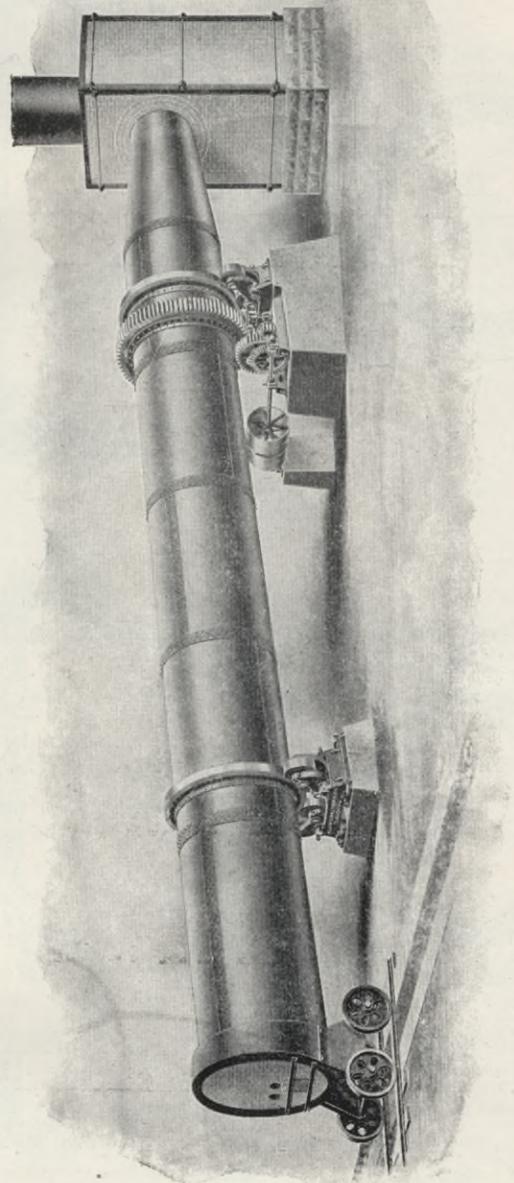
#### BRENNÖFEN.

In Europa hat man noch vielfach die älteren feststehenden Öfen beibehalten. So arbeiten noch in manchen Fabriken

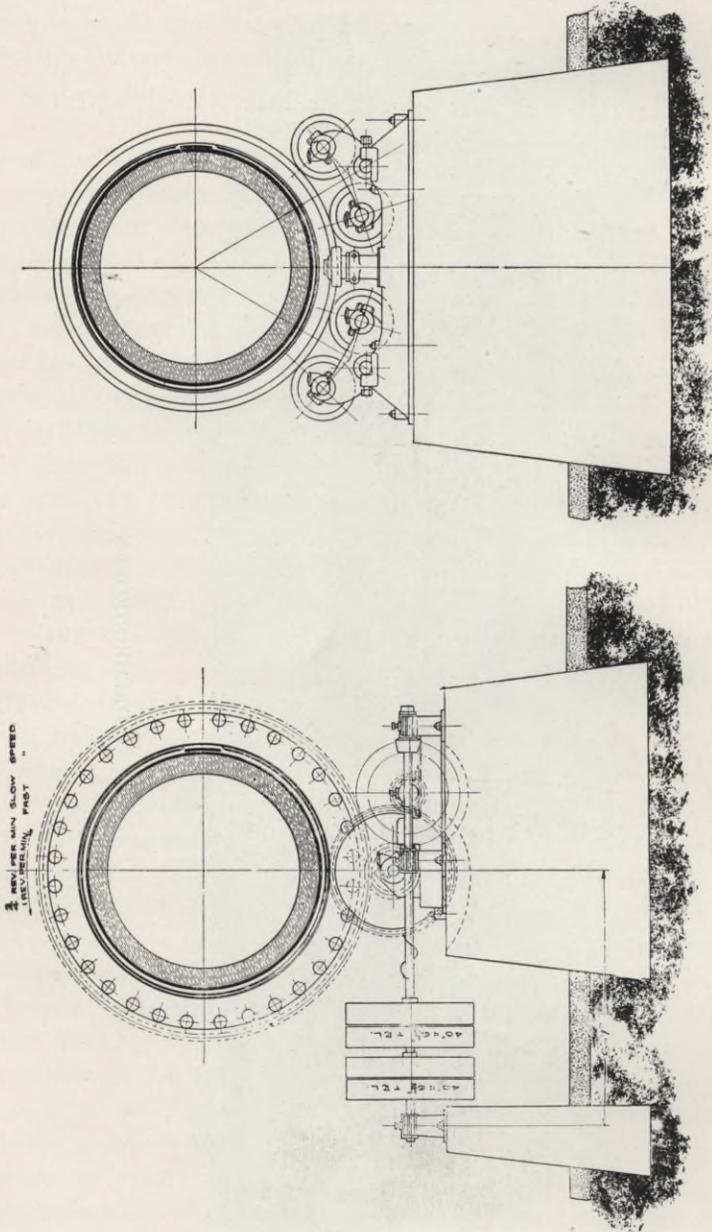
die alten Schachtöfen, offen gestanden bis heute noch einen vorzüglichen Zement gebend. Dann sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe verschiedener Ofensysteme gebaut worden, wie der Hoffmann'sche Ringofen, die Öfen von Dietzsch, Schöfer, Schneider, Stein, der französische Ofen von Bauchère, Boulogne-sur-mer und andere.

Frederick Ramson erhielt 1885 ein englisches Patent zum Brennen von Zement in Drehrohröfen. In einigen englischen Werken eingeführt, wurde er aber wegen der zu hohen Brennkosten ausser Betrieb gesetzt. Hier in Amerika erfanden wohl gleichzeitig die Herren C. H. Hurry & H. F. Seaman durch fortgesetzte Versuche einen Drehrohröfen, welcher heute mit dem besten Erfolg in den Atlas-Zement-Werken zu Northampton, Pa. arbeitet. Erst 1891 begann J. F. de Navarro den Drehrohröfen in Amerika allgemein einzuführen. Die nachstehende Abbildung zeigt den Drehrohröfen in seiner neuen bewährten Konstruktion von Allis-Chalmers Co. für Trockenprozess. Die Länge des Ofens ist 60 Fuss = 18,2 m, der Durchmesser 6 Fuss = 1,8 m. Wie ersichtlich, läuft der Ofen auf Rollenpaaren und hat Zahnradantrieb mit Vorgelege. Die Umdrehung des Ofens, etwa 1 mal in der Minute, kann jeder Zeit entsprechend geändert werden. Der ganze Ofen ist mit feuerfestem Material ausgefüttert. Das obere Ende der Brenntrommel mündet in einen gemauerten Kopf, welcher gewöhnlich mit einem etwa 50 Fuss = 15 m hohem Blechschornstein in Verbindung steht. Durch den gemauerten Kopf geht die mit Wasser gekühlte automatische Zuführung des Rohmaterials. (siehe Abbildung auf S. 33).

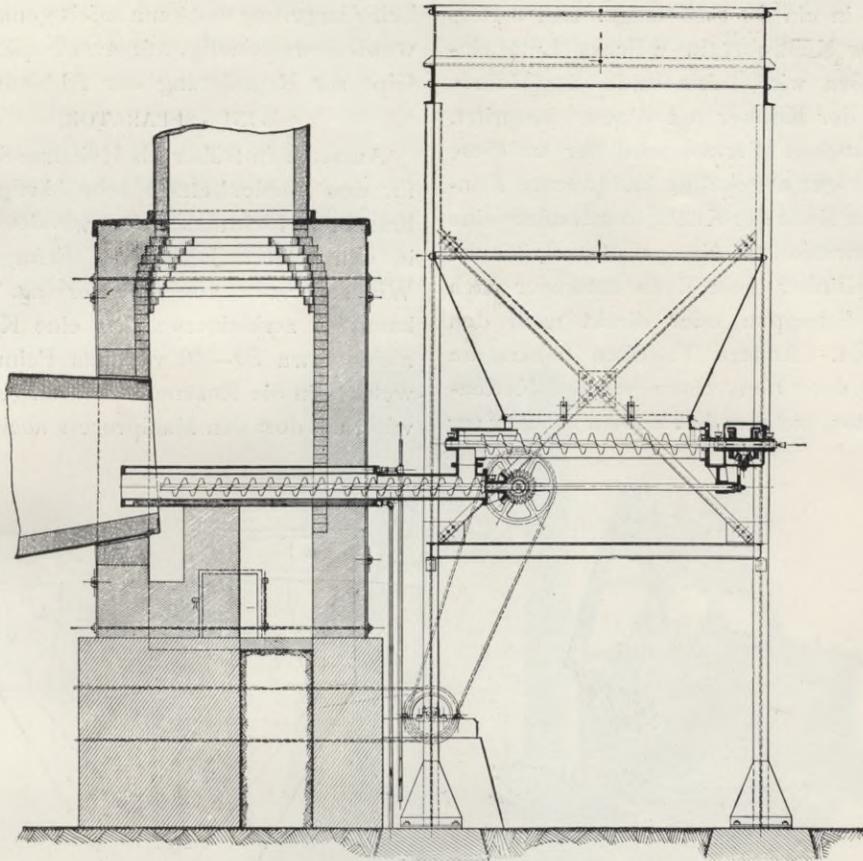
Die Feuerung des Ofens geschieht mit fein gemahlenem Kohlenstaub, welcher durch ein Rohr in das untere Ende des



DREHROHROFEN.



DREHKOHROFEN. Schnitt.



ROHMATERIAL-ZUFÜHRUNG MIT ANGESCHLOSSENEM OFEN.

Ofens durch ein Gebläse hineingeblasen wird. Der Verschluss des Ofens besteht hier aus feuerfesten Steinen, um welche ein Eisenblechmantel gezogen ist. Der ganze Verschluss läuft auf Schienen und hat in der Mitte zwei kleine Öffnungen, die eine für die Kohlenstaubzufuhr, die andere, um den Gang des Ofens beobachten zu können. Die Zuführung des Kohlenstaubes kann genau vom Brenner reguliert werden, sowohl was die Menge, als auch das Hineinblasen in den Ofen anbetrifft. Der Kohlenstaub für die Öfen wird sehr einfach dargestellt. Die auf einer Brechwalze vorzerkleinerte Kohle wird in einem rotierenden Trockner getrocknet, und hierauf

auf der Rohrmühle oder Griffmühle fein gemahlen. Die Konstruktion des Kohlentrockners ist etwas anders als die der Steintrockner, da die Heizgase hierbei nicht direkt mit der Kohle in Berührung kommen.

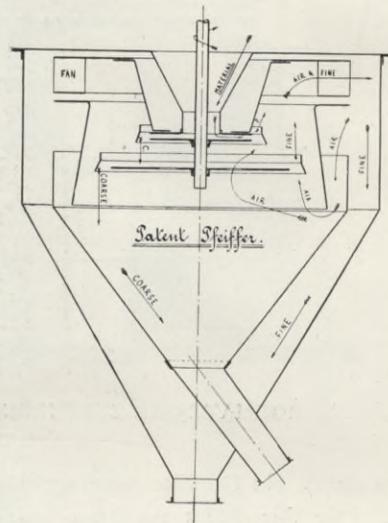
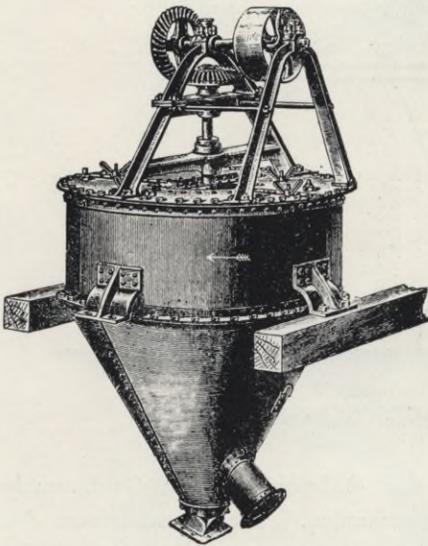
Beim Nassverfahren ist die Konsistenz so zu wählen, dass der Schlamm langsam fließt (etwa 40 v. H. Wasser). Das in die Öfen einlaufende Rohmaterial schreitet in Folge der langsamen Drehung, der Neigung folgend, vor, der am entgegengesetzten Ende befindlichen Feuerung entgegen, erwärmt sich langsam, bis es die Sinterungszone erreicht hat, um sich gegen Ende des Ofens wieder etwas abzukühlen. Der gebrannte Klinker fällt

dann in ein 20 Fuss langes und 3 Fuss weites Kühlrohr, in welches Luft eingeblasen wird. Am Ende des Rohres wird der Klinker mit Wasser bespritzt. In manchen Werken wird der auf diese Weise gut abgekühlte handwarme Klinker am Ende der Kühltrömmel durch eine Brechwalze auf Nussgrösse zerkleinert. Der Klinker geht dann entweder nach dem Schuppen oder direkt nach den Mühlen. Andere Fabriken haben am Ende des Ofens einen starken Ketten-elevator, welcher den heissen Klinker zur

keine Lagerung und kann sofort gemahlen werden, wenn nötig, mit etwa 1—2 v. H. Gips zur Regulierung der Abbindezeit.

#### WIND-SEPARATOR.

Ausser den früher als Hilfsmaschinen für den Mühlenbetrieb sehr häufig gebrauchten Sichtmaschinen wendet man in den letzten Jahren mit Erfolg den Windseparator von Pfeiffer an. Bekanntlich zerkleinert schon eine Kugelmühle etwa 30—40 v. H. zu Feinmehl, welches in die Rohrmühle mit eingeführt wird, um dort den Mahlprozess nochmals



PFEIFFER SEPARATOR.

Abkühlung ins Freie bringt, wieder andere benutzen kleine gusseiserne Transportwagen, um den Klinker fortzuschaffen. Der Kraftverbrauch eines Ofens beträgt etwa 5 P. S. bei einer Leistung von etwa 200 Fass in 24 Stunden bei etwa 25 v. H. Kohlenverbrauch.

Man sollte nicht verfehlen, öfter Proben der Klinker zu nehmen, um sie in einer Laboratoriums-Mühle mahlen zu lassen und den Zement zu prüfen. Ist der frische Klinker volumbeständig, so braucht derselbe

durchzumachen. Dem Windseparator wird das von den Kugelmühlen kommende Mehl und der Gries zugeführt. Hier fällt es auf einen schnell in horizontaler Richtung umlaufenden Teller (etwa 200 Umdrehungen in der Minute). Durch die Zentrifugalkraft werden die leichten Teile in den äusseren Mantel, die schwereren größeren Teile in den Innenmantel geschleudert. Die groben Teile gehen zur Griesmühle, während das abgesonderte Mehl sich später wieder mit dem

inzwischen fein gemahlene Griesen vereinigt. Der Kraftverbrauch des Apparates ist je nach Grösse 1—2 P. S. und liefert der Apparat in der Stunde 1800—3600 Pfund Feinmehl.

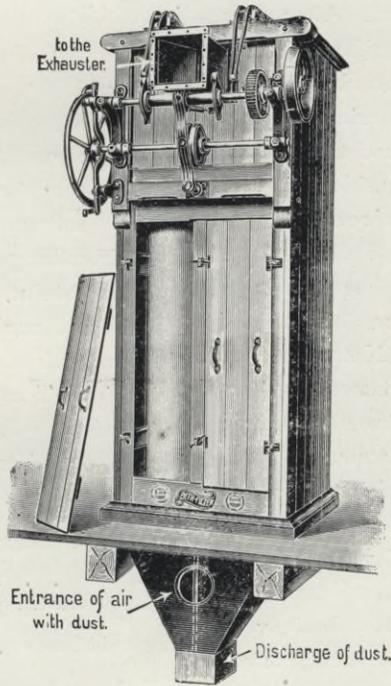
STAUBSAMMLER.

Da durch viele, selbst gut geschlossene Mühlen, Elevatoren, Transportschnecken usw. feiner Staub in's Freie tritt, wurden

Förder-Schnecken dem Feinmehl zugeführt wird. Durch den Staubsammler wird ziemlich viel Material wieder zurückgewonnen, welches sonst verloren gehen würde.

ANLAGEN UND BETRIEB.

Der grosse Aufschwung der Zement-Industrie, die in manchen Ländern erfolgte Überproduktion bewirkte, dass



BETH - FILTER.

verschiedene Staubsammler konstruiert, von welchen der Staubsammler der Firma W. F. L. Beth in Lübeck in vielen Exemplaren ausgeführt wird, im Wesentlichen bestehend aus einem schrankartigen Gehäuse mit Filterschläuchen. Ein Exhaustor saugt die mit Staub geschwängerte Luft von den Staubquellen (Mühlen usw.) durch ein Rohrsystem nach dem Apparat. Die Filterschläuche, welche fortwährend automatisch gereinigt werden, sondern den Staub nach unten ab, von wo er durch

Finanzleute für neu zu gründende Werke schwer zu haben waren und mit gewissem Recht. Eine grössere Anzahl Werke ist gebaut worden, welche durchaus den Erwartungen nicht entsprachen, welche später ihren Betrieb einstellen mussten oder mit Verlust arbeiteten. Gesunde Verhältnisse sind das allerdings nicht, aber die Ursache lässt sich leicht erklären. Vor Errichtung einer Zement-Fabrik müssen verschiedene Hauptpunkte in's Auge gefasst werden. Erstens die Frage,

ob das nötige Absatzgebiet gesichert ist. Nach Bejahung dieser Frage muss man an die Beschaffenheit der Rohmaterialien, Kohlen, Bauplatz, Speisewasser für die Dampfmaschine und Verkehrsmittel denken.

Ausgehend von den Rohmaterialien möchte ich erwähnen, dass ein Gestein, welches von Natur aus eine annähernd richtige Mischung enthält, jedem anderen Material vorzuziehen ist. Aber auch die beim Eingang dieser Schrift erwähnten Rohstoffe ergeben gute Resultate. Die Aussuchung der Roh-Materialien muss mit peinlichster Sorgfalt geschehen, sonst können Misserfolge nicht ausbleiben. Bei Übernahme des Baues einer Zement-Fabrik sollte ich, nachdem die Anlage fertig war, aus ziemlich hartem Kalkmergel mit Beimengungen bis zu 22 v. H. feinsten Sandes einen Natur-Zement erbrennen. Die Steine verglasten im Ofen an der Oberfläche, ohne innen gebrannt zu sein. Nach langem Herumreiten fand ich durch Glück und Zufall passendes Material. Auch in Cuba kam Ähnliches vor, wo abgelegen von Verkehrsmitteln ein Werk errichtet wurde, während am Hafen von Havanna gute Rohstoffe vorhanden waren. Die Lage eines Werkes ist immer in der Nähe von Wasserstrassen oder Eisenbahnen zu wählen. Dann sind die Preise der Kohlen in Betracht zu ziehen. Auch ist für eine zu erbauende Fabrik wegen der schweren Maschinen möglichst stabiler Baugrund von Wichtigkeit. Ausgehend von einer nötigen Dampf- oder Wasserkraft, ist die Dampfmaschine oder Turbine jetzt meistens mit Elektrodynamos zusammengekoppelt, welche den grösseren Maschinen direkt ihre Kraft übertragen z. B. der Zahnkranz einer Griesmühle greift in den Trieb eines elektrischen Motors (siehe Abbildung auf S. 38). Auch ist

Gruppenbetrieb gebräuchlich, bei welchem ein Motor eine ganze Anzahl Maschinen treibt. Immer ist aber die treibende Kraft so zu wählen, dass ein Überschuss vorhanden und die Maschine nicht überlastet wird, was sehr leicht in schlecht angeordneten Zementwerken vorkommt.

Die Fabrikationskosten\*) für Portland-Zement sind sehr verschieden, hauptsächlich abhängig von folgenden Punkten:

- Beschaffenheit der Roh-Materialien, der Mühlen-Einrichtung, der Dampfmaschine mit Kessel und Wasserverhältnissen,
- Kohlenverbrauch und Kosten derselben,
- Verwaltungs-Unkosten,
- Arbeitslohn.

Bei der Annahme, dass die Kohle für die Öfen nicht den Preis von \$ 2.60 übersteigt (pro Tonne), der für die Kesselkohle nicht \$ 3.00, kann man folgende angenäherte Berechnung annehmen:

*Arbeitslohn.*

Mühle u. Steinbr.	0.1361	
Packhaus . . .	0.0410	
Verwaltung und	} 0.0250	0.2021
Verschiedenes .		

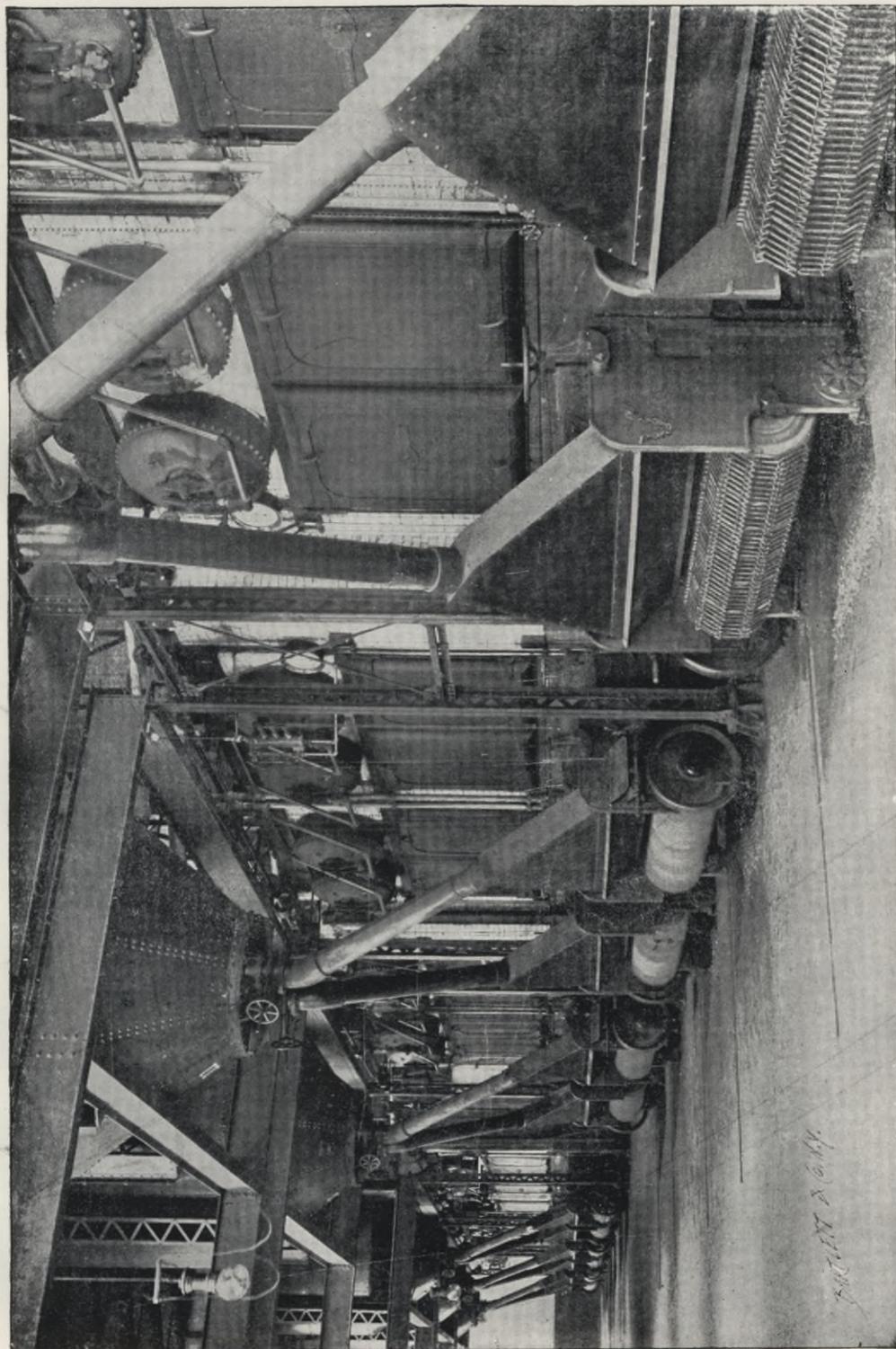
*Roh-Material.*

Kohle . . . . .	0.2250	
Gips . . . . .	0.0180	0.2430

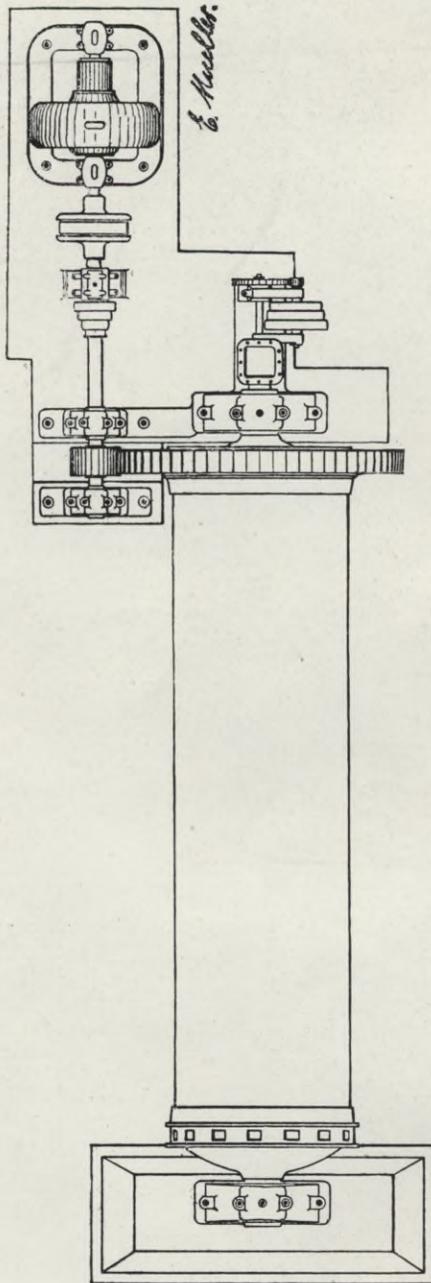
*Verschiedenes.*

Reparaturen . .	0.0310	
Schmiermittel .	0.0200	
Verschiedenes .	0.0300	0.0810 0.5261
Zinsen . . . . .	0.0820	
Reserve-Fonds .	0.0500	
Allgem. Gehälter	0.0810	0.2130
Abschreibungen . . . . .		0.0439
Für ein Fass Zement . . . . .		\$ 0.7830

\*) Cement and Engineering News, Februar 1904, S. 187.



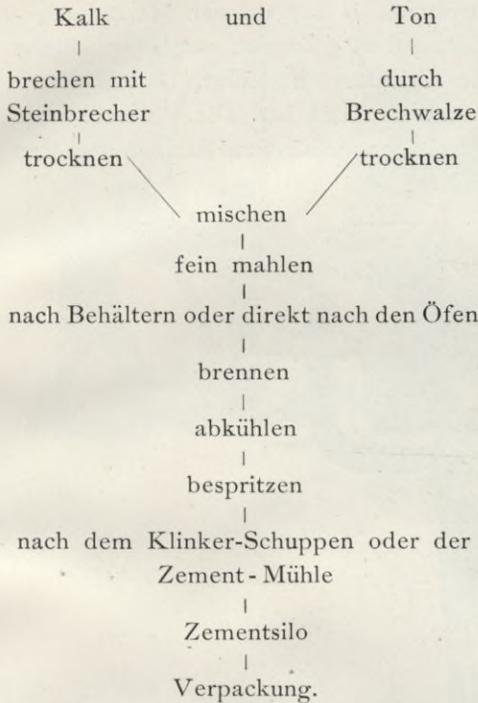
ATLAS PORTLAND-CEMENT Co., NORTHAMPTON PA. BABCOCK & WILCOX-KESSEL.



*E. Heubler.*

MOTOR, DIREKT VERBUNDEN MIT ROHRMÜHLE.

Vergegenwärtigt man sich nochmals den Betrieb, so sind folgende Manipulationen nötig; die Ausgangs-Materialien seien:



Die Verpackung erfolgt in Säcken von 96 Pfund = 43,4 Kilo oder Fässern von 380 Pfund = 172 Kilo netto. Bekannt ist die Packmaschine von S. Howes Co. Die Maschine, aus starkem Holzgestell und Eisenteilen gebaut, mit senkrecht laufender Zuführungswelle versehen, erhält den Zement aus dem Silo. Das unten auf einen ausbalanzierten Fahrstuhl aufgestellte Fass wird mit einem Hebeldruck über den Zylinder der Maschine in die Höhe gehoben. In richtiger Stellung angelangt, öffnet sich die Zuführung und presst den Zement in das Fass. Dieses gleitet beim Füllen, der Schwere entsprechend, wieder hinunter. Im Augenblick, in welchem das Gewicht erreicht ist, erfolgt selbsttätige Abstellung. Der Apparat leistet in der Stunde 75 Fass bei einem Kraftverbrauch von etwa 15 P. S.

Anschliessend an die Fabrikation des Portland-Zements soll noch die Herstellung der Zementfässer erwähnt werden, wenn diese auch nicht zur eigentlichen Portland-Zementfabrikation gehört. Die meisten Werke erhalten die zugeschnittenen Fassdauben und Böden als vorbereiteten Stoff. Die Dauben werden auf einer Lehre zurechtgestellt, durch einen Hebeldruck wird der Fasskörper mittelst eines Seiles auf der Zusammziehmaschine fest angezogen und eiserne Arbeitsreifen aufgelegt. Leistung der Maschine 3500 Fass den Tag. Das Auftreiben der eisernen Reifen wird durch eine Reifenanziehmaschine bewirkt, die Fussplatte mit aufgestelltem Fass wird gehoben und gesenkt. Vier kräftige Stahlklauen besorgen ein festes Auftreiben der Reifen. Die Leistung der Maschine beträgt etwa 2000 Fass den Tag. Um die Dauben biegsam und geschmeidig zu machen, kommt das Fass in den auf S. 41 unten rechts abgebildeten Ofen. Das Fass wird dann auf der Fasskrösemaschine an beiden Enden gleichzeitig bearbeitet. Hierauf wird der Boden eingesetzt und die Holzreifen mit der Reifenanziehmaschine aufgetrieben, welche auf der Nagelmaschine noch durch Stifte befestigt werden. Der ganze Arbeitsgang geht ungemein schnell von Statten. Die dazu erforderlichen Maschinen auf S. 41 werden in guter Ausführung von der E. B. Holmes Co. geliefert.

#### DIE PHYSIKALISCHE PRÜFUNG DES PORTLAND-ZEMENTS.

Diese Prüfungen erstrecken sich hauptsächlich auf die 5 folgenden:

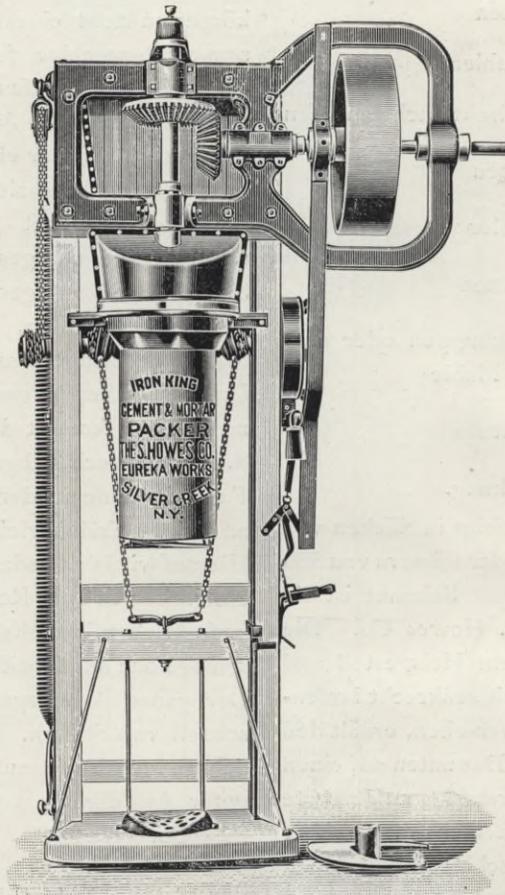
1. Feinheit der Mahlung.
2. Spezifisches Gewicht.
3. Volumbeständigkeit.
4. Abbindezeit.
5. Zugfestigkeit.

1. Feinheit. Gewöhnlich wird die Feinheit nach dem auf dem Siebe zurückbleibenden Rückstand gemessen. 95 v. H. des Gewichts muss durch ein Sieb Nr. 100 gehen, mit 10 000 Maschen auf den Quadratzoll = 2,54 qcm und 75 v. H. des Gewichts durch Sieb Nr. 200.

2. Spezifisches Gewicht. Dasselbe liegt durchschnittlich bei gut gebranntem

rate von Le Chatelier, Candlot, Michaëlis, Schumann, Mann und Prof. Seger.

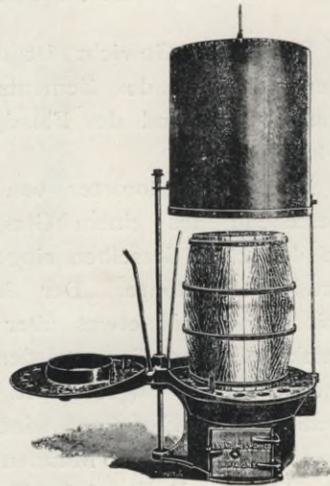
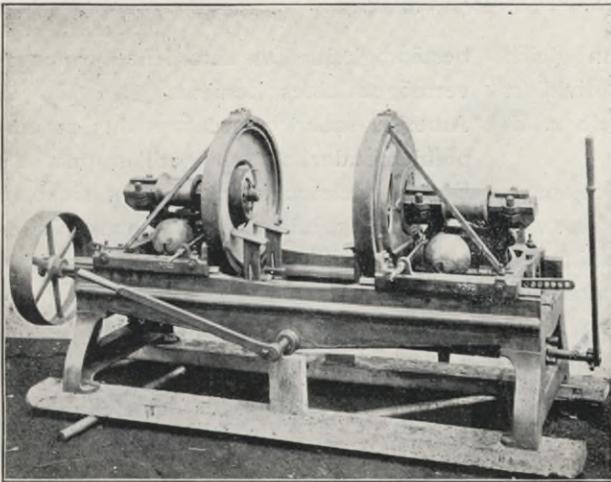
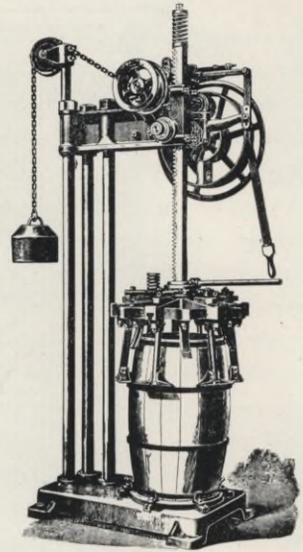
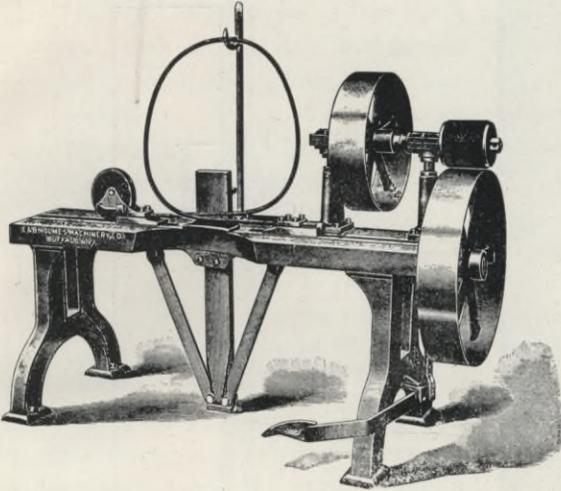
Le Chateliers Apparat. (Bild S. 42). Die Flasche wird mit Benzin oder Terpentinöl bis zur unteren Marke aufgefüllt und 64 g Zement sorgfältig mittelst des Trichters eingeführt, bis die obere Marke erreicht ist. Die Differenz vom verbleibenden Rest und der angewandten



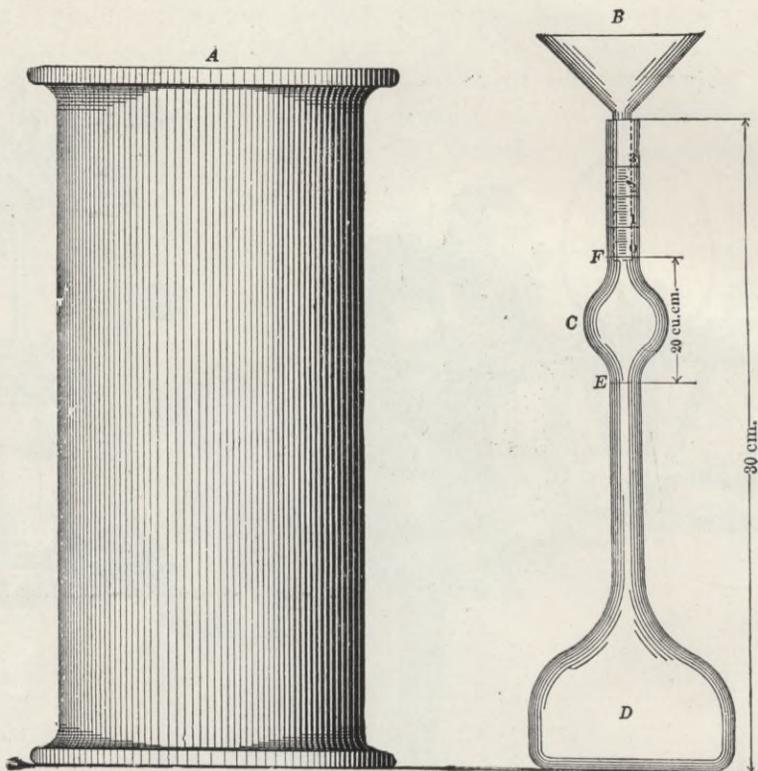
ZEMENT PACK-MASCHINE.

Portland-Zement bei 3,0—3,2, bei geschmolzenem Zement höher, andererseits wird es durch Schwachbrand und langes Lagern heruntergedrückt. Der Zement ist bei genauen Bestimmungen erst vorher auszuglühen. Im Gebrauch sind Appa-

Menge (64 g) ist das Volumen, welches 22 ccm verdrängt hat, oder 64 g Zement werden ganz eingeführt: Das Benzin steigt bis zu den Teilstrichen. 22 ccm + Stand des Benzins abgelesen, ist das Volumen, welches 64 g Zement einnehmen.



MASCHINEN ZUR ANFERTIGUNG DER FÄSSER.



APPARAT VON LE CHATELIER ZUM BESTIMMEN DES SPEZIFISCHEN GEWICHTS.

Das spez. Gewicht ist dann gleich dem Gewicht des Zements, dividiert durch den Stand der Flüssigkeit z. B.  $64 : 22 = 2,9$ .

Der Volumenometer von Schumann bestehend aus einem Glasgefäß und in den Hals desselben eingeschliffener, graduirter Röhre. Der Apparat ist mit Terpentinöl etwas über den Nullpunkt zu füllen, dann werden 100 g Zement langsam eingeschüttet. Nach Beendigung des Einfüllens wird die Röhre verkorkt, nach etwa 5 Minuten das Niveau abgelesen, z. B. Stand des Terpentinöles auf 1,0; nach dem Auffüllen auf 32,5; dann ist das spezifische Gewicht  $\frac{100}{32,5-1} = 3,17$ .

3. Volumbeständigkeit. Die erste Bedingung eines Zements ist die Volum-

beständigkeit. (Das natürliche Dehnungsvermögen eines Zements wird hier in Amerika sehr wenig untersucht; zu empfehlen ist der „Bauschinger-Tastapparat“.) Dieses Dehnungsvermögen ist nicht zu verwechseln mit anderer Volumveränderung, dem „Treiben“ des Zements, welches auf mangelhafte Aufbereitung zurückzuführen ist und zwar:

1. Zu grobe Mahlung der Rohmischung oder des Zements.
2. Eine nicht homogene Rohmischung.
3. Zu hohen Kalkgehalt.
4. Schlechtes Brennen.
5. Zu hoher Gehalt an volumverändernden Stoffen, Schwefelverbindungen, Magnesia usw.

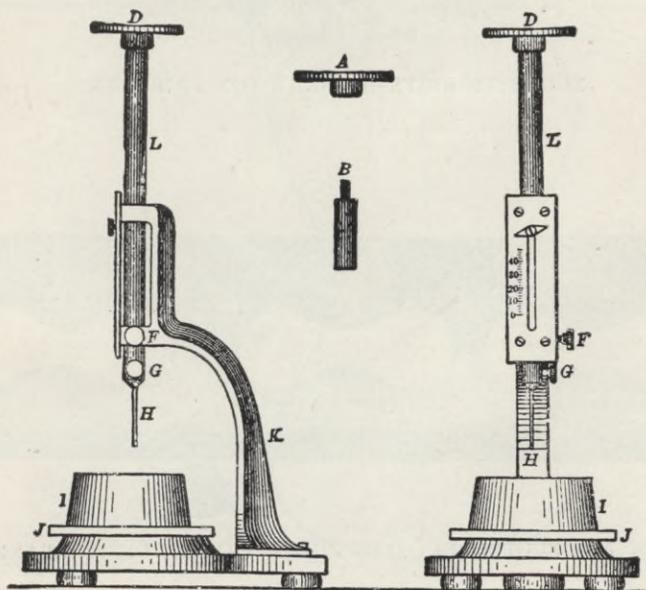
Die hauptsächlichsten Volumbeständigkeitsproben sind:

- a. Die Luft- und Wasserproben. Die zu den Prüfungen verwendeten Kuchen sollen etwa 1 cm hoch und etwa 10 cm im Durchmesser haben und nach aussen flach auslaufen.
- b. Die Darrproben. Hierbei werden die Kuchen im Darrapparat der Hitze des verdampfenden Wassers 3 Stunden hindurch ausgesetzt.
- c. Kochprobe. Die Zementkuchen werden 3-5 Stunden in bedecktem Gefäß in siedendem Wasser gekocht.

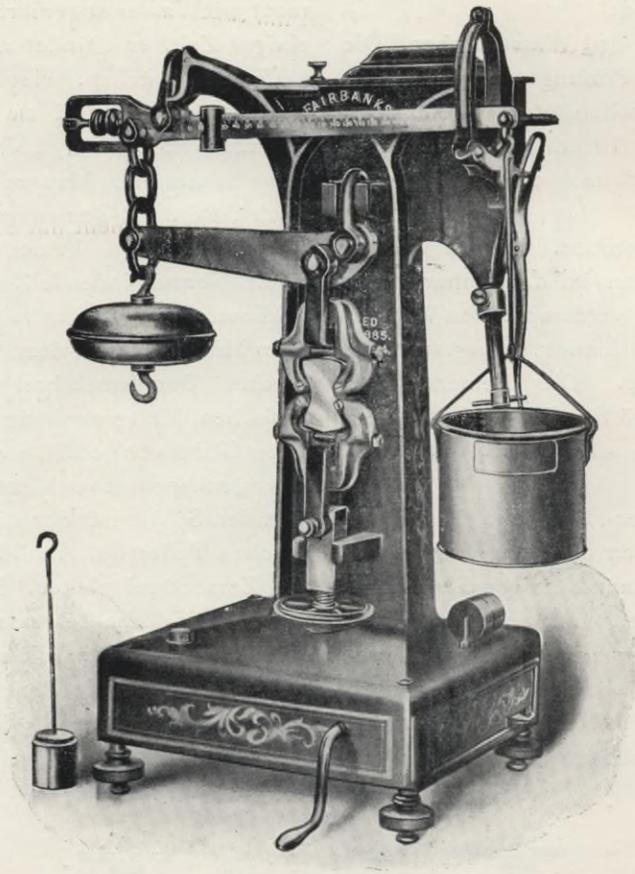
Die für Wasser-, Darr- und Kochprobe zu verwendenden Kuchen werden 24 Stunden nach Anmachen geprüft und bis dahin in feuchter Luft in Blechkasten aufbewahrt, oder mit nassem Tuche bedeckt. Die Probekuchen dürfen nach der Prüfung weder Netz- und Kantenrisse noch Verkrümmungen zeigen.

4. Bestimmung der Abbindezeit. Zement mit Wasser angerührt, erstarrt nach einiger Zeit, er „bindet ab“.

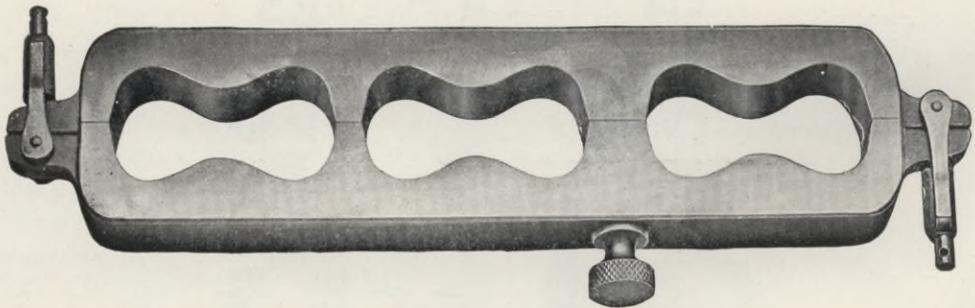
Um festzustellen, wieviel Wasser ein Zement bedarf, wird ein Brei von bestimmter Steifigkeit, „Normal-Konsistenz“ hergestellt. Man rührt zu diesem Zweck Portland-Zement mit einer abgemessenen Menge Wasser an (etwa 24 v. H.). Normalbindende Zemente werden 3 Minuten lang, Schnellbinder während einer Minute gut mit dem Wasser durchgerührt. Der Zementbrei wird in einen konischen Hartgummiring mit untergelegter Glasplatte gefüllt, abgestrichen und unter den Apparat von Vicat gestellt. Man lässt den Schaft mit der stärkeren Nadel B (ohne Teller) langsam in den Zementbrei gleiten. Bleibt der am Schaft befindliche Zeiger zwischen Teilstrich 5 und 7 stehen, so hat der Zementbrei die zur Abbindezeit erforderliche Menge Wasser, „die Normal-Konsistenz“. Der zum Schaft gehörende Teller



VICAT - NADEL.



ZUGFESTIGKEITS-APPARAT VON FAIRBANKS.



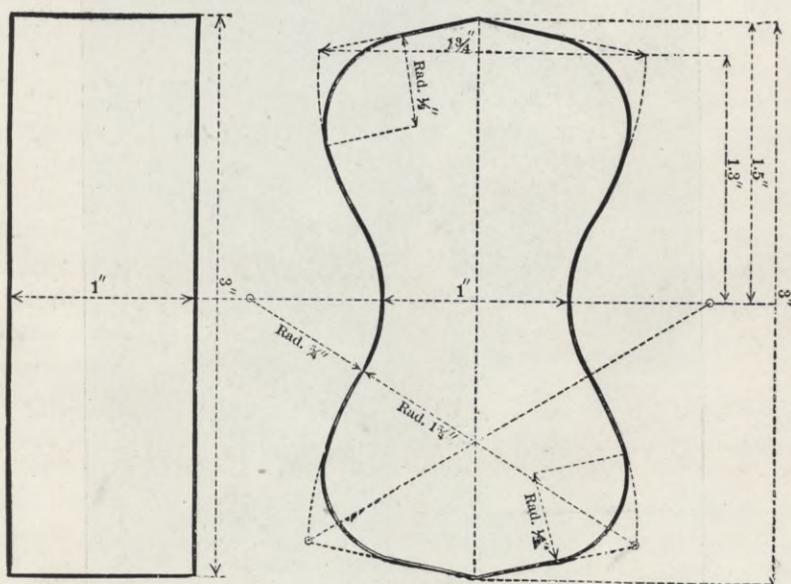
FORM FÜR ZUGPROBEKÖRPER ZUM APPARAT VON FAIRBANKS.

wird dann auf den Schaft gesetzt und die stärkere Nadel mit der schwächeren Nadel H vertauscht; dringt diese Nadel nicht mehr ganz durch den Zementbrei, so bezeichnet dies den Beginn der Abbindezeit; dringt sie gar nicht mehr ein, so ist das Ende der Abbindezeit erreicht. Die Temperaturerhöhung beim Abbinden wird gemessen, indem man in den frisch angemachten Zementbrei ein Thermometer steckt und dieses beobachtet. Gewöhnliche Temperaturerhöhung pflegt bei Normalzementen 3 bis 5° C., bei Schnellbindern 9—12° C. zu betragen. Zur Ermittlung der Abbindezeit sind auch kleine Apparate konstruiert worden, welche den Verlauf des Abbindens graphisch registrieren, z.B. nach Tetmajer, der Apparat von Amsler-Laffon.

In den meisten Laboratorien wird hier die sehr bequeme Gilmore-Nadel gebraucht. Zu diesem Zweck werden die Zementkuchen von 1 cm Höhe und 10

cm Durchmesser wie sie für Luft- und Wasserproben verwendet werden, angefertigt. Kann die kleinere lose und senkrecht auf den Kuchen gehaltene Nadel nicht mehr in diesen eindringen, so ist der Anfang des Abbindens eingetreten; lässt die grössere und schwerere Nadel keine Eindrücke mehr zurück, so ist das Ende des Abbindens vollendet.

5. Zug-Proben. Das Einschlagen der Zugprobekörper erfolgt mit der Hand, seltener maschinell. Bei Reinproben verwendet man für 5 Probekörper 700 g Zement mit 20 v. H. Anmachwasser. Der Zement wird gut auf einer starken Glasplatte mit den mit Gummihandschuhen bekleideten Händen durcheinander geknetet, in die Form gepresst und glatt abgestrichen, darauf mit einem feuchten Tuche bedeckt, über Nacht stehen gelassen, aus der Form getan, um nach 24 Stunden 3, 7, 28 Tagen usw. zerrissen zu werden. Um vergleichende Versuche

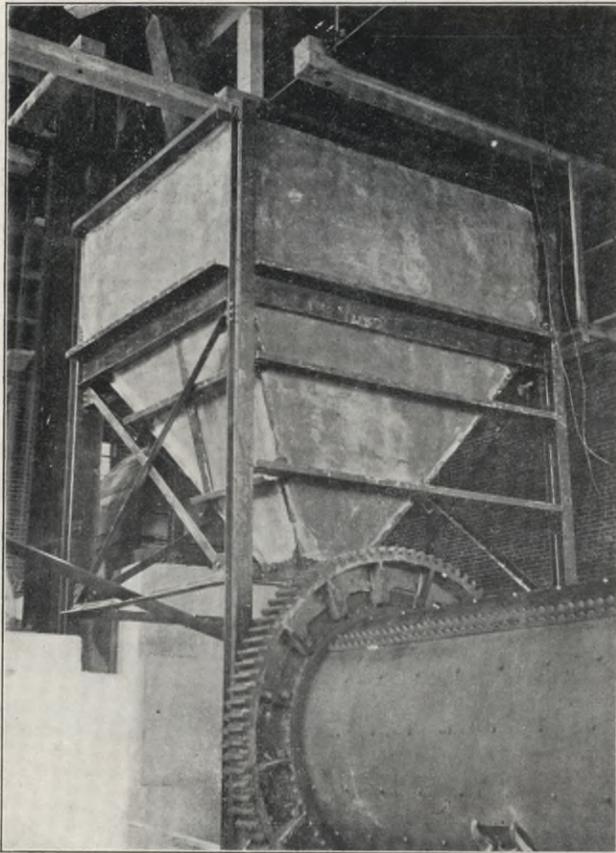


ZUGPROBEKÖRPER.

über die Bindekraft von Zementen anzustellen, werden die Körper am besten aus Zement und Sand im Verhältnis 1:3 angefertigt mit 10 v. H. Wasser.

Auch ist ein Arbeiten mit dem Böhmeischen Hammerapparat vorzuziehen; durch dessen exakte Arbeitsweise (150 Hammerschläge pro Körper, bei stets gleichem Fall des Hammers) regelmässige Resultate sicher sind und wäre eine allgemeine Anwendung dieses Apparates zu wünschen. Als Maschine zum Zerreißen der Zugkörper dient der bekannte Apparat von Fairbanks Co. (s. Bild S. 44).

Nach vorhergehendem Ausbalanzieren des Apparates wird der Zugkörper zwischen die Klauen gestellt, das Handrad nach rechts gedreht, dadurch beide Hebel angezogen, bis der Becher in die richtige Stellung gebracht ist. Beim Öffnen eines Schiebers fliesst aus der Röhre des Schrotbehälters feines Schrot in den Becher. Im Augenblick des Zerreißens wird der Schrotzulauf automatisch abgestellt. Der Becher wird dann unter das Gegengewicht gehängt und gewogen.



KLINKER-BEHÄLTER AUS BETON.

## Lieferungs-Bedingungen von Portland-Zement.

Einheitliche „Normen“ wie in Europäischen Staaten sind bis jetzt noch nicht in Gebrauch. Jede Behörde stellt selber die Bedingungen an den Zement, welche ihr gutdünken. Im Jahre 1885 hat das Komitee des amerikanischen Zivil-Ingenieur-Vereins Normen für Portland-Zement aufgestellt, welche im Grossen Ganzen bis heute noch von vielen festgehalten werden. Beifolgende Bestimmungen sind aus dem Bericht amerikanischer Ingenieur-Offiziere herausgenommen (Washington 1902).\*)

1. Der Zement soll amerikanischer Portland-Zement sein, trocken und frei von Stückchen. Portland-Zement ist ein Produkt, erhalten durch innige Mischung tonhaltiger mit kalkhaltiger Substanzen, entweder natürliche oder künstliche, und Brennen dieser Mischung bis zum beginnenden Schmelzen. Das kalzinierte Produkt soll wenigstens 1,7 mal so viel Kalk enthalten, wie von den Materialien, die dem Kalk seine hydraulische Eigenschaften geben (hydraulischer Modul) und soll nach vorerwähnter Kalzinierung fein gemahlen werden. Darauf sollen Zusätze substituierender Art gemacht werden zum Zwecke des Regulierens gewisser Eigenschaften von technischer Wichtigkeit (Gips); doch soll die Zusatzgrenze 2 v. H. des kalzinierten Produkts nicht übersteigen.

\*) Die neuesten Lieferungs-Bedingungen sind im Juni 1904 herausgekommen. Siehe: Report of Committee on Standard Specifications for Cement; June 1904.

2. Der Zement soll in starken unbeschädigten Fässern verpackt sein, gut ausgefüllt mit Papier, sodass der Zement einigermaßen gegen Feuchtigkeit geschützt ist; oder in Säcken aus starkem Zeug. Jede Verpackung soll gut etikettiert sein, den Namen und die Marke des Fabrikats tragend. Irgend eine Verpackung, welche zerbrochen ist oder verdorbenen Zement enthält, kann verworfen oder bedingungsweise angenommen werden, nach Ansicht des betreffenden Staatsbeamten.

3. Lieferanten müssen die Marke angeben, die sie zu liefern gedenken. Das Recht, einen Antrag für irgend eine Marke zurückzuweisen, ist vorbehalten, wenn diese Marke sich noch nicht als erstklassiger Portland-Zement herausgestellt hat oder während 3 Jahren oder mehr keine Zufriedenheit bei Anwendung gegeben hat; seien es klimatische oder andere Bedingungen, die eine Ausschliessung hervorrufen, welche mit gleicher Strenge denen gegenüber gehandhabt wird, welche die Arbeit vorge schlagen.

4. Offerten werden nur berücksichtigt von Fabrikanten oder deren autorisierten Agenten.

5. Das Durchschnittsgewicht soll nicht weniger als 375 Pfund = 169,8 kg netto betragen. Vier Säcke sollen ein Fass Zement enthalten. Enthalten diese Säcke weniger als 375 Pfund = 169,8 kg, durch Wagen festgestellt, so kann dieser Ze-

ment zurückgewiesen werden, oder mit Einwilligung des Aufsicht führenden Beamten kann von dem Unternehmer freie Lieferung des zu ergänzenden Betrages von Zement verlangt werden.

6. Prüfungen sollen gemacht werden:

Von der Feinheit, vom spezifischen Gewicht, Volumbeständigkeit, Abbindezeit und Zugfestigkeiten des Zements.

7. Feinheit. 92 v. H. des Zements muss durch ein Sieb gehen, welches aus Draht, Nr. 40 (Stubb's Mass), gemacht ist. 1000 Öffnungen für den Quadratzoll = 2,54 qcm habend.

8. Spezifisches Gewicht. Das spezifische Gewicht des Zements, bestimmt aus einem sorgfältig getrockneten Muster, soll zwischen 3,10 und 3,25 sein.

9. Volumbeständigkeit. Um die Volumbeständigkeit eines Zements zu untersuchen, nimmt man wenigstens zwei Proben aus der Verpackung, gemischt während fünf Minuten mit ungefähr 20 v. H. Wasser. Die Kuchen sollen auf Glasplatten gelegt werden; jeder Kuchen von 3 Zoll im Durchmesser und  $\frac{1}{2}$  Zoll Dicke in der Mitte nach den Rändern hin flach zulaufend. Die Kuchen sind unter feuchtem Tuche bis zum Ende der Bindezeit aufzubewahren, dann tut man einen davon in frisches Wasser zur Beobachtung für 28 Tage. Der zweite Kuchen soll in Wasser gelegt werden, welches während 6 Stunden kocht. Nach dem Erkalten soll die Kochprobe weder Verkrümmungen noch Risse zeigen. Diese Kochprobe kann je nach der Ansicht des Ingenieurs berücksichtigt werden oder nicht.

10. Abbindezeit. Der Beginn des Abbindens soll nicht vor 45 Minuten erfolgen und muss innerhalb 10 Stunden das Abbinden vollendet sein. Der folgende Paragraph ist hinzugefügt im Falle ein schnell-

bindender Zement verlangt wird. Der Zement soll anfangen abzubinden nach 20 Minuten, nicht mehr als 30 Minuten dazu gebrauchen und soll nach 45 Minuten abgebunden haben, höchstens aber in  $2\frac{1}{2}$  Stunden. Die für Volumbeständigkeit gemachten Proben können gleichzeitig als Abbindeproben benutzt werden. Der Zement hat angefangen abzubinden, wenn eine auf den Kuchen lose gehaltene Nadel (Gilmore) von  $\frac{1}{12}$  Zoll = 2,12 mm Durchmesser, belastet mit  $\frac{1}{4}$  Pfund = 112 g Gewicht keinen Eindruck hinterlässt. Das Ende der Abbindezeit ist erreicht, wenn der Kuchen die Nadel mit  $\frac{1}{24}$  Zoll = 1,06 mm Durchmesser, belastet mit 1 Pfund = 453 g trägt, ohne Eindruck zu hinterlassen.

11. Zugfestigkeiten. Proben aus reinem Zement gemacht, nachdem sie an der Luft 24 Stunden unter feuchtem Tuche aufbewahrt sind und die andere Zeit in Wasser, sollen folgende Zugfestigkeiten für 1 Quadratzoll haben: Nach 7 Tagen 450 Pfund (31,05 kg), nach 28 Tagen 540 Pfund (37,26 kg).

Probekörper aus einem Teil Zement und drei Teilen Normal-Sand sollen folgende Zugfestigkeiten für 1 Quadratzoll haben: Nach 7 Tagen 140 Pfund (9,66 kg), nach 28 Tagen 220 Pfund (15,18 kg).

Im Falle, wenn Schnellbinder verlangt wird, sollen folgende an die Stelle obiger Zugfestigkeiten treten: Reine Körper, nach 7 Tagen 400 Pfund (27,60 kg) nach 28 Tagen 480 Pfund (33,12 kg).

Körper aus einem Teil Zement und drei Teilen Sand, nach 7 Tagen 120 Pfund (8,28 kg) nach 28 Tagen 180 Pfund (12,42 kg).

12. Das höchste Resultat von jedem Satz zu gleicher Zeit gemachter Zugkörper ist als das Massgebende zu betrachten. Jeder Zement, welcher keine Zu-

nahme zwischen 7 und 28 tägigen Körpern zeigt, soll zurückgewiesen werden.

13. Bei Anfertigung von Zugkörpern soll gut getrockneter Zement und Sand gebraucht werden. Reiner Zement soll mit 20 v. H. Wasser und Sand und Zement mit  $12\frac{1}{2}$  v. H. Wasser gemischt werden. Nach gutem Durcheinandermischen während fünf Minuten soll der Zement oder Mörtel in vier gleichen Mengen in die Form getan und jede dieser Mengen wird durch 30 Stösse mit weichem Messing- oder Kupferstößel von  $\frac{3}{4}$  Zoll Durchmesser (oder  $\frac{7}{10}$  Quadratzoll) mit abgerundeten Kanten, 1 Pfund wiegend, eingestampft. Es ist dabei erlaubt, das Instrument auf die Mischung etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll fallen zu lassen. Wenn das Einschlagen beendet ist, soll der Überschuss von Zement noch aufgestrichen und das Gesamtquantum mit einer Kelle abgeglättet werden, die man ungefähr horizontal halten und mit genügend Druck zurück streichen soll, dass die Kante dieser Kelle die Oberfläche der Mulde stets voll und gleichmässig berührt.

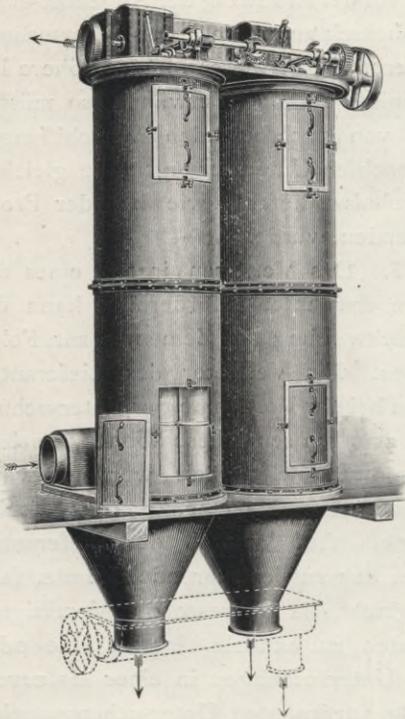
14. Obige Erfordernisse sind als Minimum anzusehen. Wenn ein Zement erst kurz vorher von dieser Behörde verarbeitet wurde, so müssen die Lieferan-

ten vor der Eröffnung der Angebote einen Probesack zum Zweck der Untersuchung liefern. Zeigt dieses Muster höhere Ergebnisse als oben erwähnt, so müssen die von nachfolgenden Verschiffungen gemachten Untersuchungen die gleichen Ergebnisse liefern, wie bei der Probe gefunden wurde.

15. Das Versagen irgend eines der oben erwähnten Erfordernisse kann die Zurückweisung des Zementes zur Folge haben. Ein Vertreter des Lieferanten kann bei der Vornahme der Untersuchungen zugegen sein, diese können in seiner Gegenwart wiederholt werden, wenn irgend eine derselben vorher Fehler zeigte. Auf Wunsch des Lieferanten kann der aufsichtführende Beamte, falls er glaubt, im Interesse der Vereinigten Staaten zu handeln, irgend eine oder alle Untersuchungen in einer als zuverlässig anerkannten Untersuchungsstation in der oben angegebenen Weise machen oder wiederholen lassen. Alle Kosten solcher Untersuchungen sind vom Lieferanten zu tragen. Alle diese Untersuchungen sind von solchen Proben vorzunehmen, welche durch den leitenden Ingenieur von dem ihm tatsächlich gelieferten Zement genommen wurden.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



**Entstaubung  
Staubsammlung & Lüftung.**

**W. F. L. BETH**  
**Maschinen-Fabrik**  
**LÜBECK.**

Erste und älteste Spezial-Fabrik.

Im Jahre 1904 über 200 Anlagen ausgeführt.

**„Beth“-Filter neuester Bauart**  
**„KS“**

durch Patente in allen Kulturstaaten geschützt  
mit grösster Filterfläche bei  
wirksamster Abreinigung und geringster Abnutzung.

**„Beth“- Schraubenringschmier-**

**D. R. G. M. Exhaustoren D. R. G. M.**

**Gebr. Pfeiffer, K** <sup>Maschinenbauanstalt</sup>  
**Kaiserslautern** &

~~~~~ Gegr. 1865. \* 400 Arbeiter. ~~~~~

**Drehöfen** System Pfeiffer. \*

**Neu! Kugelmühlen ohne Siebe Neu!**

\* System Pfeiffer. \*

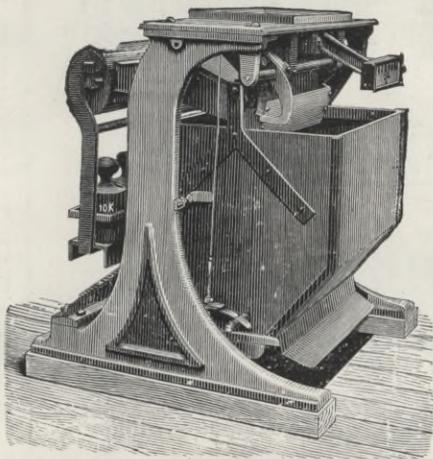
**Wind-Separatoren** = System =  
Pfeiffer.

==== || Die vollkommensten, ||  
gegenwärtig existierenden Apparate für die Herstellung von Portland-Zement.

==== **Enorme Leistungsfähigkeit, geringster Verschleiß** ====  
**geringste Anlagekosten.**

# Automatische Waage

zum Verwiegen von feinkörnigen und pulverförmigen Materialien,  
wie:



Zement, Ton, Kalkmehl,  
Thomasschlackenmehl  
und ähnlichen Materialien.

Russchl. Spezialität seit über 25 Jahren:

« **Automatische Waagen.** »

Über 10000 Stück unserer Waagen in Betrieb.

Zahlreiche Zeugnisse  
sowie jede gewünschte Auskunft  
kostenlos zur Verfügung.

**Hennefer Maschinenfabrik C. Reuther & Reisert m. b. H.**

HENNEF a. d. Sieg (Rheinland).

## Maschinenbau-Anstalt HUMBOLDT

KALK bei CÖLN a. Rh.

Bau automatischer Zementfabriken u. Hartzerkleinerungs-Anlagen.

DREHROHR-ÖFEN.

Sämtliche Zerkleinerungs-Maschinen in bewährten Konstruktionen.

Kugel-Mühlen für trockene und nasse Mahlung.

————— Hunderte im Betriebe. —————

Kalkmühlen, Kalksandstein-Fabriken, Ziegeleien u. Schamotte-Fabriken.

————— **Nasskollergänge etc.** —————

# Gottlieb & Müller

Gegründet 1876.

☞ Frankfurt a. M.

## Buch- und Steindruckerei

☞ Lithographische Anstalt ☞

empfehlen ihre für große Aufträge vorzüglichst eingerichtete Anstalt  
zur Anfertigung von:

Preislisten

Jahresberichten

Zirkularen

Briefbogen

Wechsel

Plakaten

Werken

Statuten

Prospekten

Rechnungen

Quittungen

Etiketten usw.

Zuverlässige Bedienung.

☞ Schnelle Lieferung. ☞ Mässige Preise. ☞

Vorzügliche Ausführung.









WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

 33214  
L. inw. ....

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305692