

**Blanc-Eckardt**  

---

**Technologie**  
**der Brecher, Mühlen und**  
**Sieborrichtungen**



# Technologie der Brecher, Mühlen und Siebvorrichtungen

Backenbrecher, Rundbrecher, Rollenbrecher, Walzenmühlen,  
Kollergänge, Mahlgänge, Stampf- und Pochwerke, Schlag-  
mühlen, Ringmühlen, Kugelmühlen, Sichtung nach  
Korngröße, Brech- und Mahlanlagen, Hilfs-  
maschinen, vollständige Anlagen

Von

**E. C. Blanc**

Ingenieur a. m.

Deutsche Bearbeitung von

**Hermann Eckardt**

Oberingenieur, vereidigter Sachverständiger für  
Hartzerkleinerung und Keramik

Mit 196 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1928

**Alle Rechte vorbehalten.**

**ISBN 978-3-642-50484-6      ISBN 978-3-642-50793-9 (eBook)**

**DOI 10.1007/978-3-642-50793-9**

**Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1928**

# Vorwort der französischen Ausgabe.

## Wichtigkeit

des Studiums der Hartzerkleinerungsmaschinen.

Von Tag zu Tag sehen wir die Zahl und die Wichtigkeit der Industrien sich vergrößern, welche an den zu verarbeitenden Rohstoffen oder Erzeugnissen im Laufe der Herstellung einen Verkleinerungsvorgang vornehmen müssen. Wenn wir die Statistiken durchsehen, so werden wir finden, daß sich die Ziffern der Weltproduktion an hydraulischen Bindemitteln (Kalk, Zement, Gips), Kohlenstaub, Phosphaten und künstlichen Düngemitteln, reinen Erzen oder zusammengesetzten mit geringem Gehalt usw. im Laufe der letzten 25 Jahre verdreifacht, verfünffacht oder gar vervielfacht haben. Nun, alle diese Erzeugnisse müssen, um nur diese herauszugreifen, im Verlauf des Arbeitsganges einer fortschreitenden Zerkleinerung bis zu den größten Mehlfeinheiten unterworfen werden. Diese enormen Zahlen der Statistik verwirren nicht wenig unsere Sinne, aber wir können uns vorstellen, daß fast die ganze ungeheure Menge der aus dem Erdboden in den Bergwerken und Steinbrüchen gewonnenen Rohprodukte die Vorgänge des Brechens, Mahlens oder des Pulverisierens durchlaufen müssen.

Ohne die Absicht zu haben, alle aufzählen zu wollen, werden wir nachstehend die hauptsächlichsten Industrien angeben, welche sich mit der Hartzerkleinerung befassen:

Gruppe der Hüttenkunde für

- Mechanische Erzaufbereitung,
- Herstellung von Kohlenstaub zur Beheizung der Öfen,
- Aufbereitung von feuerfesten Erzeugnissen,
- Herstellung der Elektroden,
- Formsandaufbereitung,
- Zurückgewinnung verschiedener Metallabfälle.

## Gruppe der Bergwerksindustrien für

Aufbereitung der Kohle für Koksöfen,  
 Brikettfabrikation,  
 Spülversatzverfahren,  
 Aufbereitung von Asbest, Baryt, Graphit, Talkum und verschiedenen nichtmetallischer Mineralien.

## Gruppe der Baumaterialien:

Fabriken für Kalk, Zement und Gips,  
 Herstellung verschiedener Sandarten: Sand und Kies,  
 Herstellung von Schotter und Ballast,  
 Fabrikation von Backsteinen, Dachziegeln und keramischen Erzeugnissen  
 Fabrikation von Platten oder Kunststeinen.

## Gruppe der Keramik und Glasfabrikation.

## Gruppe der mineralischen und organischen Düngemittel:

Phosphate und Superphosphate,  
 Kalk für Landwirtschaft und Weinbau,  
 Düngegips,  
 Stickstoff,  
 Verschiedene chemische und organische Düngemittel usw., usw.

Zerkleinerungsmaschinen finden aber auch eine sehr ausgedehnte Verwendung in verschiedenen Lebensmittelindustrien, wie Müllereien, Nudelfabriken, Schokoladenfabriken, Ölmühlen, Zuckerfabriken usw. ferner in Seifenfabriken.

Ogleich die für die eben genannten Betriebe gebrauchten Maschinen denjenigen ähneln, welche für die oben aufgeführten Industriezweige Verwendung finden, begnügen wir uns die Anwendung der ersteren aus dem wohlbegreiflichen Grunde zu beschreiben, weil die beiden Maschinenarten nur sehr entfernte Beziehungen zueinander haben und weil das Interesse des Lesers, ebenso wie unsere persönliche Urteilsfähigkeit eine gleichzeitige Beschäftigung mit zwei so verschiedenen industriellen Gebieten nicht zweckmäßig erscheinen lassen.

Die Grenzen, welche uns gezogen sind, sind ohnehin schon weit genug, da sie ja allgemein alle Industrien umfassen, die sich mit der Extraktion und der Bearbeitung der mineralischen Rohstoffe beschäftigen.

In den meisten dieser Einrichtungen nehmen eine oder eine ganze Reihe von Zerkleinerungsmaschinen eine bevorzugte Stelle ein. In Anbetracht der bedeutenden Kraftäußerungen, welche sie hervorbringen haben, sind diese Maschinen schwer und viel Platz beanspruchend gebaut. Sie kosten viel Geld, brauchen viel Betriebskraft und einzelne Teile unterliegen schnellem Verschleiß.

Der Ingenieur, der mit der Leitung einer bestehenden Anlage oder der Anfertigung eines Entwurfes betraut ist, wird sich in erster Linie mit der Auswahl und der zweckmäßigen Arbeitsweise der Zerkleinerungsmaschinen zu befassen haben. Denn in neun unter zehn Fällen wird er während seiner Studienzeit, noch in seinen früheren Stellen Gelegenheit gehabt haben, sich auf diese Art Arbeiten vorzubereiten.

Es gibt eine große Menge von Zerkleinerungsmaschinen, welche entweder durch Zerquetschen und Zersplittern, oder durch Zerreißen und Zerreiben, oder durch Stoß und Schlag, oder durch mehrere dieser Vorgänge zusammen arbeiten. Jede dieser, von verschiedenen Konstruktionsgedanken ausgehenden Maschinen hat je nach der Art der Arbeit, die sie hervorbringen sollen, ein ganz bestimmtes Anwendungsgebiet. Man begreift also, daß ein Studium der gesamten Zerkleinerungsmaschinen einem Ingenieur nur nützen kann, um ihn bei der Wahl einer Maschinensorte zu führen, die in jedem Falle für den ins Auge gefaßten Verwendungszweck die beste ist.

Wir geben uns der Hoffnung hin, daß unsere vorliegende Abhandlung keine Wiederholung mit solchen bedeuten wird, die über dieses Gebiet etwa schon vorhanden sind.

Alles was bisher in Frankreich über die Hartzerkleinerung geschrieben worden ist, galt hauptsächlich für die Praktiker der mechanischen Erzaufbereitung. Deshalb sind ihre Beobachtungen ganz einseitig auf die Zerkleinerungseinrichtungen ihrer Sonderindustrie gerichtet. Wir haben die Zerkleinerungsmaschinen nur vom ganz allgemeinen Gesichtspunkte aus ins Auge fassen wollen: demjenigen des Konstrukteurs zum Beispiel und eine Gesamtarbeit liefern wollen über die verschiedenen Zerkleinerungsmaschinenarten, welches auch ihr Verwendungszweck sei, wohlverstanden unter dem Vorbehalt der Beschränkung, die wir vorher aufgestellt haben.

Wir haben einen umfangreichen Aufruf an die französischen Konstrukteure zugunsten unseres Unternehmens gerichtet. Aber wir haben nicht gezögert, auch Aufschluß über fremde Maschinen zu geben; nicht allein über englische und amerikanische, sondern auch über deutsche und über diese im möglichst umfangreichen Maße. Wie wir später darauf zurückkommen werden, sind wir bestimmt der Meinung, daß die in Frankreich gebaute Maschine in jedem Falle vorzuziehen ist. Aber die französischen Ingenieure haben noch viel in ihrem Bereich zu tun: Die ganze Reihe von Maschinen, welche auf den Nationalmarkt gebracht wird, ist weit davon entfernt, vollständig modern zu sein, trotz der lobenswerten und lebhaften Bemühungen der verschiedenen Spezialfabriken im Laufe der letzten Jahre. Wir haben gedacht, ein allgemeiner Überblick über die verschiedenen Brech- und Mahlmaschinen, welche auf dem Weltmarkte angeboten werden, könnte in geringem

Maße die Aufgabe aller derjenigen erleichtern, welche sich in Frankreich für diese Industrie interessieren.

Wir wollen uns hier erlauben, die weitgehendste Nachsicht über unsere Arbeit zu erbitten. Überrascht durch das Nichtvorhandensein einer allgemeinen Abhandlung über das in Frage stehende Gebiet in französischer Sprache und da wir durch die Notwendigkeit unserer täglichen Beschäftigung Gelegenheit hatten, Einsicht zu nehmen in eine sehr vollkommene Sammlung und ganz moderne Werke, Zeitungen und Kataloge in verschiedenen Sprachen, welche die Zerkleinerung betreffen, haben wir nicht gezögert, eine Arbeit der allgemeinen Zusammenfassung zu unternehmen, die für die Öffentlichkeit bestimmt sein soll.

Wir haben gedacht, daß die immer bedauerliche Seltenheit der technischen Abhandlungen über viele Gegenstände daran schuld ist, daß man sich in folgender Verlegenheit befindet: Der junge Ingenieur, der über freie Zeit verfügt und dem nicht der Ehrgeiz mangelt, hat nicht die notwendige Erfahrung, um eine persönlich selbständige Arbeit über ein gegebenes Thema herzustellen. Später wird er durch seine Beschäftigung im Beruf und die Sorge um seine Familie gebunden sein. Hat er seine Stellung erworben, so wird er nicht mehr den Anreiz des jugendlichen Ehrgeizes haben; zuweilen wird er zu einer gewissen Rücksicht auf seine Stellung, die er einnimmt, gezwungen sein. In einem Wort, wenn ihm eine reiche persönliche Erfahrung die Anfertigung einer selbständigen Arbeit erlaubt, fehlt ihm der Mut, sie auszuführen oder die freie Zeit, um ihn dazu instand zu setzen. Gerade deshalb haben wir die undankbare Aufgabe der reinen Feststellungsverfolgt, in der Hoffnung, daß sie als Unterstützung oder als Bindeglied irgendwelcher Art bei verschiedenen Beobachtungen, Kritiken, originellen Erörterungen, welche täglich in der Form von Zeitungsartikeln erscheinen, dienen soll.

Mit einem Wort haben wir allen denjenigen, die uns beim Studium dieser Frage folgen werden, eine große Menge Nachforschungen ersparen wollen, die wir selbst in dem ungeheuren Wust der vorhandenen Unterlagen auszuführen hatten.

Es muß besonders hervorgehoben werden, daß unsere Arbeit, frei von jedem Vorurteil der persönlichen Reklame oder der Bezahlung durch irgendeinen Fabrikanten, hergestellt wurde.

Unser einziges Ziel war, eine geordnete und beschreibende Sammlung mit vielen Abbildungen von verschiedenartigen, auf dem Weltmarkt vorhandenen Brechern, Vorzerkleinerungs- und Mahlmaschinen herzustellen.

Außerdem ist das bemerkenswerte Werk, das 1920 erschienen ist: *Praktisches Lehrbuch der Zerkleinerung und Sichtung von Rohstoffen und Erzen*, von M. Ratel, Ingenieur der Künste

und Fabrikanlagen, ein wertvoller Führer für unsere Forschungen gewesen. Ferner müssen wir unter den Autoritäten, welche uns auf diesem Wege vorangegangen sind, noch nennen das deutsche Lehrbuch Zerkleinerungsvorrichtung und Mahlanlagen von Carl Naske. Wir richten auch unseren Dank an die zahlreichen französischen und ausländischen Fabrikanten, welche im Laufe unserer Abhandlungen genannt sind und die uns in freundlicher Weise mit Auskünften aus der Praxis über ihre Spezialitäten und zahlreichen Druckstöcken, die uns eine reiche Illustrierung des Buches gestatteten, versehen haben.

Toulon, im Februar 1922.

E. C. B.

## Vorwort zur deutschen Ausgabe.

Bei der Schärfe des Wettbewerbes und der Hast, mit denen sich die Verhältnisse im heutigen Wirtschaftsleben überstürzen, ist es die naturgemäße Pflicht eines jeden Gewerbetreibenden, in erhöhtem Maße seine Aufmerksamkeit auf die durch den Zwang des Weltkrieges erzeugten Fortschritte der ausländischen Handelserzeugnisse zu richten, wenn nicht die einheimische Industrie bei diesem Wettrennen ins Hintertreffen kommen soll.

Das trifft in erster Linie auf den deutschen Maschinenbau zu, der besonders auf den Weltmarkt angewiesen ist. Deshalb muß der Techniker jede ausländische Neuerscheinung auf ihrem Sondergebiet nachprüfen und daraus die entsprechenden Nutzenwendungen auf die eigenen Konstruktionen ziehen. Bei diesem Bestreben treten die erforderliche, meist aber nicht genügende Beherrschung der fremden Sprachen und die unzureichenden, durch eine geschickte Reklame verschleierte Unterlagen hindernd in den Weg.

Es muß deshalb von den interessierten, technischen Kreisen besonders freudig begrüßt werden, wenn in fremder Sprache herausgegebene Bücher, die mit fachtechnischen Beschreibungen und Abbildungen versehene Maschinenkonstruktionen sowie deren eigentümliche Arbeitsvorgänge enthalten, in die Muttersprache übersetzt erscheinen.

Infolge der großen, fortgesetzt sich steigernden Anforderungen, welche die Neuzeit an das Maschinenwesen für die Hartzerkleinerung und Aufbereitung der Gesteine und Erden stellt, hat gerade dieses Gebiet in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum eine mächtige Entwicklung erlebt und hat sich infolgedessen auch die Wissenschaft eingehend mit dieser Materie befaßt. Das vorliegende, vor kurzem in Paris erschienene Buch: „Concasseurs, Broyeurs et Tamiseurs“ von E. C. Blanc, Ingenieur a. m. behandelt neben deutschen in der Hauptsache amerikanische, englische und französische Zerkleinerungsmaschinen und Apparate mit zum Teil wertvollen Tabellen und in Kurven dargestellte Arbeitsvorgänge.

Da dieses Buch in Fachkreisen sehr günstig beurteilt wurde, erschien es lohnend und der Mühe wert, es von einem sprachkundigen Fachmann ins Deutsche übertragen zu lassen, in der Annahme, daß die in demselben enthaltenen Konstruktionsneuerungen und beschriebenen eigentümlichen Arbeitsvorgänge dem Fachmann in der Hartzerkleinerungs- und Aufbereitungsindustrie nutzbringende Anregungen zu Neukonstruktionen und Anstellung von Vergleichen Veranlassung geben mögen.

Magdeburg, im Dezember 1927.

**Herm. Eckardt,**  
Zivilingenieur.

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>Einleitung.</b>	
A. Allgemeine Betrachtungen über die Hartzerkleinerung . . . .	1
Begriffserklärung. — Volumetrischer Zustand und Kraftverbrauch	
S. 1. — Betrachtung über das Sortieren S. 2. — Physikalische Eigen-	
schaften des Mahlgutes. Härtegrade S. 8. — Allgemeine Vorgänge bei	
der Zerkleinerung. Grundsatz des Betriebes im geschlossenen Kreislauf	
S. 10. — Bemerkungen über die Zerkleinerungskosten S. 12.	
B. Einteilung der Zerkleinerungsmaschinen . . . . .	14

## Erstes Kapitel.

<b>Backenbrecher . . . . .</b>		<b>16</b>
I. Erklärung der Vorzerkleinerung . . . . .		16
Verschiedene Arten der Backenbrecher . . . . .		16
II. Backenbrecher Bauart Blake . . . . .		17
Allgemeine Grundzüge S. 17. — Allgemeines S. 19. — Feststehende An-		
gaben bei ausgeführten Maschinen S. 20. — Einzelteile der Konstruktion		
S. 20. — Aufstellung S. 29. — Beschickung S. 30. — Leistungsfähigkeit		
S. 30. — Anmerkung über das Zerkleinern auf nassem Wege S. 31.		
III. Backenbrecher, die der Bauart Blake gleichen . . . . .		32
A. Doppelbackenbrecher . . . . .		32
B. Direkt wirkender Backenbrecher Bauart Telsmith . . . . .		32
C. Exzenterhebelbrecher. . . . .		33
IV. Feinbrecher . . . . .		38
Dodge-Brecher S. 38. — Simplex-Brecher S. 39. — Barthelmeß-Brecher		
S. 40.		
V. Brecher für weiche oder halbharte Rohstoffe . . . . .		41
VI. Brecher zur Grieß- und Mehlerzeugung . . . . .		43
VII. Zerkleinerungsmaschinen für mürbe Rohstoffe . . . . .		44
Gezahnte Walzenmühle S. 45. — Brecher mit Walze und Riffelplatte		
S. 45. — Messerbrecher S. 48. — Zahnbrecher S. 49. — Brechschnecke		
S. 49.		

## Zweites Kapitel.

<b>Rundbrecher . . . . .</b>		<b>51</b>
I. Beschreibung und Arbeitsweise. . . . .		51
II. Einzelteile der Konstruktion . . . . .		53
III. Aufstellung . . . . .		57
IV. Hauptangaben über ausgeführte Rundbrecher. . . . .		59
V. Die Einstellung . . . . .		61

	Seite
VI. Vergleiche mit den Backenbrechern . . . . .	63
VII. Rundbrecher mit kurzer Hauptwelle . . . . .	65
„Atlas“-Rundbrecher S. 66. — „Superior“-Rundbrecher von Mc. Cully S. 71. — „Style N“-Rundbrecher von Allis Chalmers S. 73. — „Bulldog“-Rundbrecher von Traylor S. 73.	
VIII. Rundbrecher mit feststehender Welle . . . . .	76
IX. Feinrundbrecher . . . . .	79
Normaler Rundbrecher zum Nachbrechen S. 80. — Rundbrecher „Ken- nedy“ ohne Zahnradantrieb S. 81. — Nachbrecher „Telsmith“ S. 83. — „Weston“-Rundbrecher mit direktem Antrieb S. 84.	
X. Schlußbetrachtungen . . . . .	86

### Drittes Kapitel.

#### Tellerbrecher . . . . . 87

I. Allgemeines . . . . .	87
II. Beschreibung und Betrieb . . . . .	89
Symonsbrecher mit senkrechter Welle . . . . .	93
III. Leistung und Anwendung . . . . .	94

### Viertes Kapitel.

#### Walzwerke . . . . . 95

I. Allgemeines . . . . .	96
II. Verschiedene Bauarten ausgeführter Maschinen . . . . .	98
A. Walzwerke mit schwingender Walze . . . . .	98
B. Walzwerke mit Parallelführung . . . . .	103
Walzwerke mit Riemenantrieb S. 103. — Walzwerke mit hin- und hergehender Walze S. 108. — Walzwerke mit großer Geschwindig- keit S. 109.	
C. Walzwerke mit „Sturtevant“ ausgeglichenen Walzen . . . . .	110
D. Walzwerke „Sturtevant“ mit mehreren Walzenpaaren . . . . .	111
III. Konstruktionsteile . . . . .	112
IV. Bemerkungen zum Aufstellen der Walzwerke . . . . .	114
V. Verwendung der Walzwerke . . . . .	115
A. Verwendung der Vorbrecher für harte Rohstoffe . . . . .	115
B. Verwendung der Walzwerke zum Vermahlen von Grieben aus harten und halbharten Rohstoffen . . . . .	117
C. Verwendung für Feinzerkleinerung . . . . .	119
D. Verwendung in der keramischen Industrie . . . . .	120
E. Verwendung zum Zerkleinern zerreibbarer Rohstoffe . . . . .	124
VI. Betrachtungen über die Leistung der Walzwerke . . . . .	125
A. Wahl des Brechers für eine zu brechende, gegebene Korngröße. . . . .	126
B. Theoretische Leistungsfähigkeit . . . . .	126
C. Leistungskoeffizient . . . . .	126
D. Bestimmung der Konstanten eines Walzwerkes für eine gegebene Arbeit . . . . .	128
E. Bestimmung des Kraftverbrauches . . . . .	133
Diagramm für geriffelte Walzen . . . . .	133

## Fünftes Kapitel.

<b>Kollergänge</b> . . . . .	135
I. Allgemeines . . . . .	135
II. Verschiedene Antriebsarten . . . . .	137
A. Kollergang mit feststehender Mahlbahn . . . . .	137
B. Kollergang mit umlaufender Mahlbahn . . . . .	138
C. Kollergang mit Differentialantrieb . . . . .	143
III. Bauart der Läufer und Mahlteller . . . . .	143
IV. Entleerung des Mahlgutes . . . . .	144
A. Naßkollergänge . . . . .	144
1. Unterbrochene Mahlbahn . . . . .	144
2. Doppelte Mahlbahn . . . . .	145
3. Mehrfacher Kollergang Bauart Bühler . . . . .	145
4. Volle Mahlbahn Bauart Horn . . . . .	147
B. Trockenkollergänge . . . . .	148
1. Außenliegende, unabhängige Siebe . . . . .	148
2. Siebvorrichtung an den Mahlteller . . . . .	148
3. Konisches in der Mitte liegendes Sieb und selbsttätiger Auf- nehmer . . . . .	148
V. Verwendung der Kollergänge . . . . .	150
A. Kollergänge für trockene und feuchte Rohstoffe . . . . .	150
B. Differentialkollergänge für Ton . . . . .	151
a) Differentialkoller (Concordia, Hameln) . . . . .	151
b) Mischkollergang mit konischen Läufern (Rixdorfer Maschinen- fabrik) . . . . .	151
c) Stufenkollergang (Gielow) . . . . .	152
C. Mischkollergänge für Formsand, Mörtel, Superphosphat . . . . .	154
D. Amalgamiermühlen oder Chilenische Mühlen zur Erzaufbereitung .	154

## Sechstes Kapitel.

<b>Reibungsmühlen</b> . . . . .	158
(Glockenmühlen, Horizontal- und Vertikalmahlgänge). . . . .	158
I. Glockenmühlen . . . . .	158
Glockenmühlen mit Granitmahlkegel . . . . .	159
Glockenmühlen „Sturtevant“ mit aufklappbarem Mahlgehäuse . . .	161
II. Exzelsiormühlen . . . . .	161
III. Mühlen mit wagrechten Mahlsteinen . . . . .	163
Beschreibung und Funktion S. 165.—Verwendung und Leistung S. 166.— Angaben über ausgeführte Maschinen S. 167. — Naßmahlgänge S. 168.	
IV. Erzmühlen (Grinding Pans) . . . . .	169
V. Mühlen mit senkrechten Mahlsteinen . . . . .	170

## Siebentes Kapitel.

<b>Stampf- und Pochwerke</b> . . . . .	172
Allgemeines . . . . .	172
I. Pochwerke mit Hebedaumen . . . . .	174
Beschreibung und Einzelteile . . . . .	175
Leistung und Verwendung . . . . .	178
II. Pochwerke mit Dampf- oder komprimiertem Luftbetrieb .	181

	Seite
<b>Achtes Kapitel.</b>	
<b>Schlagmühlen . . . . .</b>	
	<b>184</b>
Allgemeines. — Schlagmühlen mit Zähnen und Schlägern . . . . .	184
I. Schlagkreuzmühlen . . . . .	186
II. Desintegratoren mit Schlagbolzen . . . . .	187
„Carr“-Mühlen S. 190. — Mühlen mit kurzen Schlagbolzen S. 191.	
III. Hammer- und Schlägermühlen . . . . .	194
A. Schlagbügelmühlen . . . . .	194
B. Schlägermühlen . . . . .	197
1. Weidknecht-Mühle . . . . .	197
2. Jeffrey-Mühle . . . . .	198
3. Pennsylvania-Mühle . . . . .	200
4. Cyclop-Mühle (von Humboldt) . . . . .	201
5. Titan-Mühle (Amme, Giese, Konnegen) . . . . .	201
6. Williams-Mühle (Crusher and Pulverizer Co., New-York) . . . . .	202
7. Infant-Mühle . . . . .	204
C. Große Hammermühle mit beweglichen Hammern . . . . .	207
Zetbrecher (Polysius, Dessau) S. 207. — Betrachtungen über Schläger und Roste S. 208. — Mühle mit Drehsieb (Chapitel und Lore) S. 210.	
IV. Mühlen mit Luftförderung . . . . .	212
„Raymond“-Mühle S. 213. — „Turbo“-Mehrzellenmühle S. 216.	
V. Schlußbemerkungen . . . . .	218
<b>Neuntes Kapitel.</b>	
<b>Ringmühlen . . . . .</b>	
	<b>218</b>
I. Ringmühlen mit Rollen . . . . .	219
A. Allgemeines . . . . .	219
B. Verschiedene Bauarten . . . . .	221
1. Kentmühle . . . . .	221
2. Maxecon-Mühle . . . . .	221
3. Ringmühle der rheinischen Maschinenfabrik, Neuß . . . . .	223
4. Ringmühle vom Krupp-Grusonwerk . . . . .	223
5. Aktif-Mühle von Pfeiffer . . . . .	224
6. Ring-roll-Mühle von Sturtevant . . . . .	224
C. Verwendung und Leistung . . . . .	227
II. Pendelmühlen . . . . .	229
A. Allgemeines . . . . .	229
B. Pendelmühlen zum Feinmahlen trockener Rohstoffe . . . . .	230
1. Griffinmühle . . . . .	230
2. Mühlen mit mehreren Pendeln . . . . .	235
a) Bradleys-Dreirollenmühlen . . . . .	235
b) Pendelmühle, Bauart Barthelmeß . . . . .	236
c) Feinmühle, Bauart Raymond . . . . .	238
C. Pendelmühlen zum Aufbereiten von Erzen . . . . .	243
Huntington Mühlen S. 224.	
III. Horizontal-Kugelmühlen (Fliehkraft-Mühlen) . . . . .	246
A. Allgemeines . . . . .	246
Morel-Mühle S. 247. — Roulette-Mühle S. 248. — Fuller-Mühle S. 250.	
B. Die Einrichtung . . . . .	251
IV. Schlußbetrachtungen . . . . .	253

Zehntes Kapitel.

<b>Kugelmühlen</b> . . . . .	254
I. Allgemeines. — Berechnung der Geschwindigkeit und der Betriebskraft	254
II. Kugelmühlen mit unterbrochenem Betrieb . . . . .	259
III. Kugelmühlen mit ständiger Sichtung . . . . .	261
1. Kugelmühlen mit durchlochtem Mahlbalken . . . . .	261
2. Grobmahlmühlen mit unabhängigem Sieb . . . . .	269
3. Mühlen mit fugendichteten Mahlplatten . . . . .	270
Kominor-Mühle (Smith u. Co.) S. 270. — Cementor-Mühle (Polysius) S. 272. — Orion-Mühle (Alpine Maschinenfabrik) S. 273. — Molitor-Mühle (Löhnert, Bromberg) S. 274.	
4. Mühlen mit Seitensieben . . . . .	275
IV. Kugelmühlen mit wiederholtem Umlauf . . . . .	277
Europäische Bauarten:	
Gallia-Mühle (Anker) S. 277. — Ergo-Mühle (Amme, Giese u. Konnegen) S. 277. — Centaure-Mühle (Candlot) S. 278. — Doppelhart-Mühle (Pfeiffer) S. 278.	
Amerikanische Bauarten:	
1. Mühlen mit zylindrischer Mahltrommel . . . . .	281
Worthington-Mühle S. 284. — Allis Chalmers-Mühle S. 285. — Chalmers Williams Mühle S. 287. — Marcy-Mühle usw. S. 292.	
2. Zylinder-konische „Hardinge“-Mühle. . . . .	293
Beschreibung S. 293. — Betrieb S. 295.	
Verwendung der „Hardinge“-Mühlen . . . . .	299
a) zum Nachmahlen der Mittelprodukte und Berge . . . . .	302
b) für die Aufbereitung durch Amalgamation oder Zyanlaugerei	304
c) zur Wiedergewinnung von Metallen . . . . .	305
d) in der Zementindustrie . . . . .	306
Mahlkosten S.307.— Vergleich mit den Mühlen mit zylindrischer Mahltrommel S. 308.	
3. Stabmühlen oder „Rod mills“ . . . . .	310
Allgemeines S. 310. — Bauausführung S. 311.	
Anwendung. — Leistungsfähigkeit . . . . .	313
a) in der Erzaufbereitung . . . . .	313
b) in der Kalksandsteinindustrie . . . . .	314
c) der „Marathon“-Mühle zum Feinmahlen harter Rohstoffe . . . . .	315
V. Feinrohmühlen . . . . .	315
Allgemeines S. 315. — Einzelteile der Bauausführung S. 318. — Zusammensetzung der Mahlkörperfüllung S. 321. — Leistungsfähigkeit und Anwendung S. 324.	
VI. Verbundmühlen . . . . .	325
Verschiedene Bauarten S. 327. — Leistung und Verwendung S. 337. — Verbundmühlen mit wiederholtem Umlauf und Windsichtung S. 338.	
VII. Schlußbetrachtungen . . . . .	339

Elfte Kapitel.

<b>Sortierung nach Korngröße</b> . . . . .	341
Allgemeines . . . . .	341
I. Roste, Sortiertrommeln, Siebe . . . . .	342
1. Feststehende Siebvorrichtungen . . . . .	344

	Seite
2. Siebtrommeln . . . . .	347
Allgemeines S. 347. — Konische Trommeln S. 349. — Zylindrische Trommeln S. 350. — Waschtrommeln S. 351. — Siehter S. 352. — Umgekehrte Siebtrommel S. 355.	
3. Stoßsiebe (Rätter) . . . . .	356
Wagrechtliegende Bauart S. 356. — Schrägliegende Bauart (Impact, Morell usw.) S. 358.	
4. Vibrierende Siebe . . . . .	361
Mechanisch betriebene Siebe (National, Newaygo usw.) S. 361. Elektrisch betriebene Siebe (Mitchell, Hum-Mer usw.) S. 362.	
II. Windsichter . . . . .	365
Beschreibung. — Bauart S. 365. — Einstellung S. 367. — Feinsichter S. 369. — (Selektor Pfeiffer, Gayco Emerick, usw.) S. 369.	
III. Wasserscheider (Spitzlutten) . . . . .	372
Allgemeines S. 372. — Wasserscheider mit Gegenstrom (Konus Allen) S. 375. — Wasserscheider mit aufsteigendem Strom (Klassierer Richards) S. 380. — Wasserscheider mit Oberflächenstrom S. 381. — Konische Behälter S. 382. — Mechanische Klassierer (Bauart Akins, Dorr usw.) S. 383.	

## Zwölftes Kapitel.

<b>Zerkleinerungsanlagen. — Hilfsmaschinen . . . . .</b>	<b>385</b>
Allgemeines . . . . .	385
I. Betrieb im Bruch und in der Grube . . . . .	386
II. Betrieb im Zerkleinerungsraum . . . . .	387
1. Förderschnecken . . . . .	387
2. Förderrohre . . . . .	387
3. Schüttelrinnen . . . . .	387
4. Bandtransporteure . . . . .	388
5. Blechbrückentransporteure . . . . .	390
6. Kratzertransporteure . . . . .	390
7. Transporteure mit drehbarem Bechern . . . . .	390
Becherwerke . . . . .	390
Trichter und Silos . . . . .	391
a) Vorratsbehälter S. 391.— b) Vorratsbehälter zum Ausgleich S. 391. — c) Lagersilos S. 392.	
Selbsttätige Aufgabevorrichtungen . . . . .	392
Schubwagenaufgaben S. 392. — Kolbenaufgaben S. 393. — Stoßschuhspeiser S. 394. — Walzenaufgaben S. 394. — Fächerwalzenaufgaben S. 395. — Rostaufgabe „Ross“ S. 395. — Bandspeiser S. 395. — Pendelspeiser S. 396.— Telleraufgaben S. 397. — Schneckenaufgaben S. 397. —	
Doseure . . . . .	398
Kohlenstaubentleerungen S. 398. — Gewichtsdoseur S. 399.	
Mischer . . . . .	400
Pressen für Kunststeine . . . . .	402
Trockner . . . . .	402
Absack- und Faßpackmaschinen . . . . .	407
Entstaubungen . . . . .	408

## Dreizehntes Kapitel.

<b>Zerkleinerungsanlagen. — Gesamteinrichtungen . . . .</b>	<b>410</b>
Allgemeines . . . . .	410
I. Brechanlagen . . . . .	411
Verschiedene Brecherarten S. 411. — Verschiedene Schotteranlagen S. 415. — Amerikanische Steinbruchbetriebe S. 417.	
II. Grobmahlung (Schroten) . . . . .	420
Verschiedene Brecherzeugnisse . . . . .	420
Verschiedene Schrotmaschinen . . . . .	421
1. Herstellung von Sand und Kies zum Bauen . . . . .	421
2. Sand für Gießereien, Glashütten und feuerfeste Produkte . . . .	425
3. Erzgranulierung für die Naßaufbereitung . . . . .	427
4. Verarbeitung der verschiedenen nichtmetallischen Gesteine . . .	428
a) Asbest . . . . .	428
b) Schwerspat . . . . .	428
c) Graphit . . . . .	429
d) Ocker . . . . .	430
e) Brikettierte Brennstoffe . . . . .	430
f) Kalksandsteine . . . . .	430
III. Mahlen und Feinmahlen . . . . .	431
Verschiedene Mahlerzeugnisse . . . . .	431
Verschiedene Mahlmaschinen . . . . .	431
1. Vermahlung von Kalk . . . . .	434
2. Herstellung von Kunstzement . . . . .	435
3. Gipsmühlen . . . . .	438
4. Kohlenstaubvermahlung . . . . .	439
5. Aufbereitung von Golderzen für die Behandlung durch Amalgam- oder Zyanlaugungsverfahren . . . . .	442
6. Erzaufbereitung zur Anreicherung durch Gleichfälligkeit oder Schwimmverfahren . . . . .	444
7. Verschieferung der Gruben (Steinstaubmahlung) . . . . .	446
8. Phosphatmahlung . . . . .	446
9. Talkaufbereitung . . . . .	448
10. Laboratoriumsmühlen . . . . .	449
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>451</b>

### **Druckfehler-Berichtigung.**

- Seite 36, neunte Zeile: ... Exzenter) drehen, große Wege und ...  
anstatt: ... Exzenter) große Wege drehen, und ...
- Seite 239, zweite Zeile: Windsichtung anstatt: Windrichtung.
- „ 269, dreiundzwanzigste Zeile: Stampfwerk anstatt: Stanzwerk.
- „ 277: IV anstatt: III Kugelmühlen ...
- „ 315: V „ III Feinrohmühlen ...
- „ 325: VI „ V Verbundmühlen ...
- „ 339: VII „ VI Schlußbetrachtung ...
- „ 384, elfte Zeile: ... oder durch die Schöpfer ... anstatt: oder  
die Schöpfer ...

# Einleitung.

## A. Allgemeine Betrachtungen über die Hartzerkleinerung.

Begriffserklärung. — Volumetrischer Zustand und Kraftverbrauch. — Jeder Zerkleinerungsvorgang hat eine Rauminhaltsverminderung des zu verarbeitenden Rohstoffes zum Ziel.

Beiläufig kann die Zerkleinerung auch eine Mischung oder Homogenisierung des Rohstoffes herbeiführen. Diese Teilung des zu verarbeitenden Rohstoffes vollzieht sich durch einfaches Zusammendrücken (Backenbrecher und Ringmühlen) oder durch Stoß oder Schlag (Hammermühlen und Kugelmühlen), durch Druck und Reibung (Kollergänge, Rohrmühlen), durch Reibung und Zerreißen (Glockenmühlen, Vertikal- und Horizontalmahlgänge) oder endlich durch Einschneiden (Stiftmühle, Brechwalzwerke usw.).

Oft werden mehrere dieser Mahlvorgänge in derselben Maschine vereinigt.

Die Berechnung der zum Zerkleinern notwendigen Kraft ist auch Gegenstand zahlreicher theoretischer Studien gewesen.

Als einer der ersten stellte Rittinger das Gesetz auf, das muster­gültig geblieben ist:

Die zum Zerkleinern notwendige Kraft ist proportional der Oberflächenzunahme, welche durch die Zerkleinerung neugebildet wird.

Wenn nun als Ausgangspunkt die Brechkraft durch die Flächeneinheit des gedachten Rohmaterials annimmt, kann dieses Gesetz zunächst einleuchtend erscheinen.

Indessen hat Rittinger im Wortlaut dieser Theorie die Wirkung mit der Kraft verwechselt. Das Studium des Widerstandes der Rohstoffe hängt tatsächlich von einem anderen Grundgedanken ab. Der Weg der Zusammendrückung ist proportional der Dauer der notwendigen Kraft­äußerung zur Herbeiführung der Zertrümmerung, also dem Kraftverbrauch. Diese Betrachtung hat zum Wortlaut des folgenden Gesetzes, welches unter dem Namen des Kick-Gesetzes bekannt ist, geführt:

Die notwendige Kraft, um gleichartige Veränderungen der Abmessungen an gleichartigen Körpern der gleichen Gestalt hervorzubringen, ändert sich wie die Volumen oder die Gewichte dieser Körper.

Dieser wissenschaftlich allein richtige Standpunkt ist nach Richtigstellung von H. Stadler und anderen Spezialisten endgültig angenommen worden.

Die Resultate, welche sich durch Anwendung des einen wie des anderen Gesetzes ergeben haben, bleiben wesentlich hinter denjenigen zurück, welche in der Praxis gemessen wurden. Das Gesetz Rittinger, welches zu hohe Zahlen für die maßgebenden Berechnungen ergibt, hat ebenso zu Unrecht genauer erscheinen können als der Wortlaut von Kick.

Das Interesse dieser theoretischen Gesetze liegt in der Tatsache begründet, daß sie gestatten, die relative Wirkung der verschiedenen Zerkleinerungsmaschinen zu vergleichen und zu bestimmen, welche die wirtschaftlichere ist.

Auf alle Fälle kann die Zerkleinerungsarbeit durch ein Nachmessen der Korngröße nachgeprüft werden.

Man kann die Tätigkeit und die Wirkungsweise einer Zerkleinerungsmaschine nicht erklären, ohne im voraus den volumetrischen Zustand (Abmessungen oder Größe) der Rohstoffe, welche sie aufzunehmen imstande ist, und den volumetrischen Zustand derselben Rohstoffe, nachdem sie der Mahlwirkung der Zerkleinerungsmaschine unterworfen worden sind, zu kennen.

Dieser volumetrische Zustand wird festgestellt durch Sortieren oder Absieben.

Obgleich wir am Schlusse dieses Buches auf die in der Industrie gebräuchlichen Sortier- und Sichtmaschinen ausführlich zurückkommen werden, erscheint es uns erforderlich, schon jetzt die unumgänglichen Aufschlüsse zu geben, um die Definition des volumetrischen Zustandes eines Rohstoffes zu verstehen.

Betrachtung über das Sortieren. Das Sortieren hat zum Ziel, die zerkleinerten Rohstoffe nach Korngröße zu trennen. Das geschieht mit Hilfe von gelochten Blechen für grobes Gut und mittels Metallgewebe für die größeren Feinheiten.

Bei der folgenden Untersuchung werden wir beständig einen Anhaltspunkt haben, um ein Bild der Arbeitsweise der vorgesehenen Zerkleinerungsmaschinen durch die Begriffe der Lochung, Maschenweite oder der Siebnummer zu geben. Es ist deshalb erforderlich, im voraus eine möglichst genaue Erklärung dieser Begriffe niederzulegen.

Die gelochten Bleche haben runde oder viereckige Durchbrechungen. Sie werden bestimmt durch den Durchmesser oder die Seitenlängen der Lochungen in Millimetern ausgedrückt. Ein Mahlgut, daß 20% Rückstand auf der Lochung von 12 mm ergibt, ist ein solches, welches 80 Teile von 100 durch ein mit 12 mm Löchern versehenes Blech fallen läßt, d. h. es werden Körper entstehen, welche angenähert Kugeln oder Würfel von höchstens 12 mm Größe sein werden.

In Wirklichkeit gehen durch die Lochungen der Sortiertrommeln nur Stücke von geringerer Größe infolge der Blechdicke und ihrer Bewegung. Die nachstehende Zahlentafel gibt angenähert die Beziehungen zwischen der Korngröße des Mahlgutes und den Blechlochungen:

Die Korngröße der Rohstoffe wird genau bestimmt durch die Ringprobe: Ein durch einen Ring von 5 cm Durchmesser geschicktes Sichtgut ist ein solches, dessen sämtliche Stücke leicht und nach allen Richtungen durch einen Ring von 5 cm innerem Durchmesser hindurchgehen können.

Viel verwickelter ist die Erklärung der Masche auf Metallgewebe bezogen. Wir werden sie zu erklären versuchen:

Die Metallgewebe werden hergestellt aus geglühtem, galvanisiertem oder verzinnem usw. Stahldraht, Messing, Kupfer oder Phosphorbronze. Die Dicke dieser Drähte wird durch eine Drahtleere bestimmt. In Frankreich wendet man die Pariser Drahtleere von 1857 für die Drähte von 0,5 mm und darüber an; und für die Leere, genannt Monchel oder carcasse, für die Stärken von 0,5 mm und darunter.

Zahlentafel A. Beziehung zwischen den verschiedenen Lehrenummern in Millimetern.

Nr.	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	Nr.	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	Nr.	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>A</i>
6/0	—	—	11,78	14	0,44	2,2	2,03	34	0,14	—	0,23
5/0	—	—	10,97	15	0,42	2,4	1,83	35	0,13	—	0,21
4/0	—	—	10,16	16	0,40	2,7	1,63	36	0,12	—	0,19
3/0	—	—	9,45	17	0,38	3,0	1,42	37	0,115	—	0,17
2/0	—	—	8,84	18	0,36	3,4	1,22	38	0,11	—	0,15
0	—	—	8,23	19	0,34	3,9	1,02	39	0,105	—	0,13
P	—	0,5	—	20	0,32	4,4	0,91	40	0,10	—	0,12
1	—	0,6	7,62	21	0,30	4,9	0,81	41	0,095	—	0,11
2	—	0,7	7,01	22	0,28	5,4	0,71	42	0,09	—	0,10
3	—	0,8	6,40	23	0,26	5,9	0,61	43	0,085	—	0,09
4	—	0,9	5,89	24	0,24	6,4	0,56	44	0,08	—	0,08
5	—	1,0	5,38	25	0,23	7,0	0,51	45	0,075	—	0,07
6	—	1,1	4,88	26	0,22	7,6	0,46	46	0,07	—	0,06
7	—	1,2	4,47	27	0,21	8,2	0,42	47	0,065	—	0,05
8	—	1,3	4,06	28	0,20	8,8	0,38	48	0,06	—	0,04
9	—	1,4	3,66	29	0,19	9,4	0,34	49	0,055	—	0,03
10	—	1,5	3,25	30	0,18	10	0,31	50	0,05	—	0,025
11	—	1,6	2,95	31	0,17	—	0,29	52	0,04	—	0,025
12	0,48	1,8	2,64	32	0,16	—	0,27				
13	0,46	2,0	2,34	33	0,15	—	0,25				

*C* = Lehre carcasse. — *P* = Pariser Lehre. — *A* = Englische Lehre Standard

Die vorstehende Zahlentafel gibt die Nummern der Drahtleeren und die entsprechenden Stärken der Drähte an. Wir haben noch die englische Drahtleere „Imperial“ Standard hinzugefügt, die für das Lesen der englischen Kataloge vorteilhaft sein kann. Die amerikanische Leere (W und M.) weicht nur wenig von der englischen ab

Die Nummer eines Siebes ist die Anzahl der Maschen auf einen Zoll Länge. Der französische Zoll ist genau 27 mm lang und die Nummer des französischen Siebes wird also ausgedrückt durch die Anzahl der Drähte, welche auf einer Länge von 27 mm enthalten sind. Der englische Zoll ist 25,4 mm lang; die englische Masche oder mesh ist um etwa 6,1% kleiner als die französische. Wir haben also dieser Tatsache Rechnung zu tragen, jedesmal wenn es sich um einen Vergleich handelt.

Wenn die Nummer  $N$  eines Siebes gegeben ist, ist die Entfernung  $E$  von Mitte zu Mitte der Drähte in Millimetern durch die Formel bestimmt.

$$E = \frac{P}{N} \quad (P = \text{Ausmaß des in Betracht kommenden Zolles}).$$

Beim Sieb Nr. 200 wird also die Mittelentfernung der Drähte nach französischem Maß sein

$$E = \frac{27}{200} = 0,135 \text{ mm}$$

und nach englischem Maß

$$E = \frac{25,4}{200} = 0,127 \text{ mm}.$$

Wenn  $d$  die Drahtdicke ist, so ist die Weite der Masche

$$V = E - d = \frac{P}{N} - d.$$

Wichtig für das Ergebnis der Siebung ist also die Weite der Masche. Diese Weite für dieselbe Siebnummer hängt von der verwendeten Drahtdicke ab und kann entsprechend der Drahtdicke von der einfachen bis zur doppelten schwanken. Eine vollständige Begriffsbestimmung der Siebung erfordert also:

1. Nummer des Siebes,
2. Ursprungsangabe (französische, englische, rheinische Maschenweite),

3. Nummer des verwendeten Drahtes,

4. Auf welche Drahtleere er sich bezieht. In allen Werken und Preisbüchern begnügt man sich mit der Angabe der Siebnummer; diese Angabe allein ist aber unzureichend. Wir geben weiter unter eine Zahlentafel der Maße der Normaldrähte für eine bestimmte Siebnummer. Diese Zahlentafel gestattet eine Durchschnittszahl für die Feinheit des Mahlgutes zu bestimmen.

Die nutzbare Siebfläche ist die gesammte Fläche der Maschenweiten für einen Quadratmeter Sieb. Für eine gegebene Siebnummer ist die nutzbare Siebfläche um so größer, je feiner der Draht ist, aber um so geringer ist die Widerstandsfähigkeit und infolgedessen ihre Lebensdauer.

Die nutzbare Siebfläche für den Quadratmeter erhält man nach der Formel

$$S_{m^2} = \left(1 - \frac{N \cdot d}{P}\right)^2.$$

Beispiel: Sieb Nr. 200, Draht Nr. 50, Leere „carcasse“:

$$S = \left(1 - \frac{200 \cdot 0,05}{27}\right)^2 = 0,396 \text{ m}^2.$$

Eine Bezeichnung, die sich immer mehr einbürgert, besteht darin, daß man die Feinheit des Siebes durch die Angabe der Maschen auf den Quadratzentimeter ausdrückt. Wenn man die Nummer des Siebes kennt, ist dann die Umänderungsformel:

$$X = \left(\frac{N}{\rho}\right)^2; \quad P = \text{Länge des Zolls in Zentimetern.}$$

Das Sieb Nr. 200 mesh (engl.) entspricht dann:

$$X = \left(\frac{200}{2,54}\right)^2 = 6200 \text{ Maschen auf den Quadratzentimeter}$$

oder das französische Sieb Nr. 200 besitzt:

$$X = \left(\frac{200}{2,7}\right)^2 = 5500 \text{ Maschen auf den Quadratzentimeter.}$$

Die nachstehende Zahlentafel, welche nach den Preisbüchern der Fabrik J. Gautois in St. Dié aufgestellt ist, gibt im Hinblick auf die hauptsächlichsten Siebnummern, die normalen Drahtstärken, die Maschenweite, die nutzbare Siebfläche und endlich die entsprechende Maschenzahl auf den Quadratzentimeter an.

Die Siebversuche zur Feststellung der Körnung eines Mahlgutes vollziehen sich durch Entnahme eines trockenen Musters von bekanntem Gewicht, z. B. 100 Gramm, das man durch das gröbste der Siebe absiebt. Der Rückstand wird gesammelt und gewogen, während der Teil, der durch das Sieb hindurchgegangen ist, in ein Sieb mit größerer Feinheit gebracht wird. Man stellt das Gewicht der neugewonnenen Rückstände ebenfalls fest und gibt den Rest in ein noch feineres Sieb usw.

Man schreibt nun in eine Zahlentafel, gegenüber der Nummer eines jeden zum Versuche benutzten Siebes, das Gewicht des auf diesem Siebe erhaltenen Rückstands und den Prozentsatz des Gesamtgewichts, welches dieser Rückstand ausmacht. Man kann auch den Gesamt-

## Zahlentafel B.

Siebnummern und gebräuchliche Nummern der entsprechenden Drähte: erste Zeile kleinste; zweite Zeile gebräuchliche Abmessung; dritte Zeile größte Abmessung. Angabe der Maschenweite, nutzbare Siebfläche und Anzahl der Maschen auf den Quadratzentimeter.

Nummer des		Dicke des Drahtes	Mitten- entfernung der Drähte	Maschen- weite	Nutzbare Siebfläche auf m <sup>2</sup>	Anzahl der Maschen
Siebes	Drahtes					
4	2 <sup>1/2</sup>	0,75	6,75	6,00	0,79	2,2
	10	1,5		5,25	0,605	
	14	2,2		4,55	0,455	
6	1	0,6	4,50	3,9	0,75	5
	6	1,1		3,4	0,57	
	11	1,6		2,9	0,416	
8	P	0,5	3,37	2,87	0,72	8,8
	4	0,9		2,57	0,535	
	9	1,4		1,97	0,34	
10	14	0,44	2,70	2,26	0,70	13,7
	2	0,7		2,00	0,548	
	7	1,2		1,50	0,308	
12	18	0,36	2,25	1,89	0,705	20
	1 <sup>1/2</sup>	0,65		1,60	0,505	
	5	1,00		1,25	0,308	
14	20	0,32	1,93	1,61	0,695	27
	1	0,60		1,33	0,474	
	4	0,90		1,03	0,285	
16	22	0,28	1,7	1,42	0,704	35
	P	0,5		1,2	0,504	
	3	0,9		0,90	0,284	
20	24	0,24	1,35	1,11	0,672	55
	14	0,44		0,91	0,453	
	2 <sup>1/2</sup>	0,65		0,60	0,197	
25	28	0,20	1,08	0,88	0,662	86
	16	0,40		0,68	0,395	
	P 1 <sup>1/2</sup>	0,55		0,53	0,239	
30	30	0,18	0,90	0,72	0,637	124
	18	0,36		0,54	0,358	
	PP	0,48		0,42	0,217	
35	32	0,16	0,77	0,61	0,623	168
	20	0,32		0,45	0,34	
	16	0,40		0,37	0,230	
40	32	0,16	0,675	0,515	0,58	220
	22	0,28		0,395	0,343	
	18	0,36		0,315	0,217	
50	36	0,12	0,54	0,42	0,60	342
	26	0,22		0,32	0,35	
	24	0,24		0,30	0,308	
60	38	0,11	0,45	0,34	0,57	500
	28	0,20		0,25	0,308	
	26	0,22		0,23	0,261	

Zahlentafel B (Fortsetzung).

Nummer des		Dicke des Drahtes	Mitten- entfernung der Drähte	Maschen- weite	Nutzbare Siebfläche auf m <sup>2</sup>	Anzahl der Maschen
Siebes	Drahtes					
80	42	0,09	0,337	0,227	0,535	880
	32	0,16		0,177	0,275	
	—	—		—	—	
90	42	0,09	0,3	0,21	0,489	1100
	34	0,14		0,16	0,217	
	32	0,16		0,14	0,217	
100	44	0,08	0,27	0,19	0,494	1370
	36	0,12		0,15	0,308	
	34	0,14		0,13	0,231	
120	46	0,07	0,225	0,155	0,472	1980
	40	0,10		0,125	0,308	
	36	0,12		0,105	0,217	
150	50	0,05	0,18	0,13	0,52	3100
	44	0,08		0,10	0,308	
	40	0,10		0,08	0,197	
170	50	0,05	0,159	0,109	0,47	3964
	48	0,06		0,099	0,388	
	44	0,08		0,079	0,247	
190	50	0,05	0,142	0,092	0,418	4950
	48	0,06		0,082	0,332	
	44	0,08		0,062	0,190	
200	50	0,05	0,135	0,085	0,395	5500
	48	0,06		0,075	0,305	
	46	0,07		0,065	0,231	
220	—	—	0,123	—	—	6650
	50	0,05		0,073	0,353	
	48	0,06		0,063	0,263	
250	—	—	0,108	—	—	8600
	50	0,05		0,058	0,287	
	48	0,06		0,048	0,197	
300	—	—	0,09	—	—	12345
	52	0,04		0,05	0,308	
	—	—		—	—	

prozentsatz angeben, indem man jedesmal die Rückstände aller vorhergehenden Siebe hinzufügt.

Man begreift, daß, je zahlreicher diese Siebungen sind, je genauer wird die Angabe des Ergebnisses sein.

Mit Rücksicht darauf, genaue und miteinander vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, haben die Amerikaner ein unter dem Namen der Reihe „Tyler-Standard“ bekanntes Verfahren eingeführt, welches in der folgenden Weise eingerichtet ist:

Man nimmt als Grundlage ein Sieb Nr. 200 mesh mit einer Maschenweite von 0,074 mm an und hat die Abmessungen der darüberliegenden

Siebe berechnet, indem man die Maschenweite jedesmal mit  $\sqrt{2}$  oder 1,414 multipliziert, so daß die Oberflächen der Körnchen sich jedesmal verdoppeln. Auf diese Weise hat man Größen erhalten, welche man mit der nächsten Siebnummer der alten Reihe bezeichnet. Ebenso können die Siebe der Tyler Standard-Reihe, welche jetzt allein in Amerika hergestellt werden und zum allgemeinen Gebrauch für öffentliche Untersuchungen dienen, leicht mit den angegebenen Abmessungen differieren, welche durch die vorher aufgestellten mathematischen Formeln bestimmt wurden.

Wir haben in der nachstehenden Zahlentafel C die Größen und Eigenheiten der offiziellen Tylerreihe angegeben.

Zahlentafel C.  
Aufstellung der Siebe der „Tyler Standard“-Reihe.

Sieb Nr.	Weite in mm	Drahtdicke mm	Mitte bis Mitte Draht mm	Sieb Nr.	Weite in mm	Drahtdicke mm	Mitte bis Mitte Draht mm
	26,67	3,78	30,45	14	1,168	0,635	1,803
	18,85	3,43	22,28	20	0,833	0,436	1,269
	13,33	2,67	16,00	28	0,589	0,317	0,906
	9,423	2,34	11,763	35	0,417	0,305	0,722
3	6,680	1,78	8,46	48	0,295	0,230	0,525
4	4,699	1,65	6,349	65	0,208	0,180	0,388
6	3,327	0,915	4,242	100	0,147	0,105	0,252
8	2,362	0,812	3,174	150	0,104	0,069	0,173
10	1,651	0,890	2,541	200	0,074	0,0525	0,1265

Physikalische Eigenschaften des Mahlgutes. — Härtegrade. Um einen Zerkleinerungsvorgang erklären zu können, muß man die physikalischen Eigentümlichkeiten des Rohstoffes und mehr noch den volumetrischen Zustand vor und nach dem Durchgang durch die Zerkleinerungsmaschine kennen.

Es ist klar, daß der Härtegrad, die Gleichartigkeit des Gefüges und die Dichte des Mahlgutes mehr oder weniger die Wirkung der Zerkleinerungsmaschine befördern.

Der Feuchtigkeitsgehalt kann ebenfalls einen großen Einfluß haben. Im allgemeinen schadet die Feuchtigkeit dem guten Gang des Zerkleinerungsvorganges, außer wenn er sich unter Wasserzufluß vollzieht.

Zur Beurteilung eines Mahlgutes gehört noch die Angabe der weiter oben aufgeführten Eigenschaften.

Zur Feststellung des Härtegrades besteht das Verfahren, den Versuchskörper (Mineralien oder chemische Erzeugnisse) mit Hilfe von Körpern, die auf bekannte Härtegrade geeicht sind, zu ritzen.

Im allgemeinen bezieht man sich auf die Härteskala von Moß. Diese umfaßt zehn Körper von typischer Härte wie in nachstehender Zahlentafel aufgeführt:

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 1. Talk,                          | 6. Feldspat, |
| 2. Gips oder Steinsalz,           | 7. Quarz,    |
| 3. Kalzit oder isländischer Spat, | 8. Topas,    |
| 4. Flußspat,                      | 9. Korund,   |
| 5. Apatit,                        | 10. Diamant. |

Die praktischen Prüfungsmethoden, die eine schnelle Feststellung des Härtegrades ergeben, sind

Der Fingernagel oder 1 Stück Zink:	Härte etwa 2,
eine Kupfermünze . . . . .	„ „ 3,
Klinge eines gewöhnlichen Messers . . . . .	„ „ 5,
Glas . . . . .	„ 5 bis 5,5,
Klinge eines gut gehärteten Messers . . . . .	„ 5,5 „ 6.

Es wird also Talk leicht mit dem Fingernagel geritzt; Flußspat kann durch eine Messerklinge geritzt werden, dagegen wird er eine Kupfermünze ritzen. Quarz ritzt Glas usw.

Die Härtegrade einiger bekannter Mineralien sind:

Ton, Kalomel, Graphit, Eis, Molybdän . . . . .	1,5,
Gips . . . . .	1,5 bis 2,
Karnalit, Salpeter, Schwefel . . . . .	2,
Borax, Zinnober . . . . .	2,3,
Bleiglanz . . . . .	2,5,
Baryt, Kalzit . . . . .	3,
Anhydrit . . . . .	3 bis 3,5
Dolomit . . . . .	3,5 „ 4,
Kupfererze . . . . .	3,8 „ 4,
Eisenerze . . . . .	6 „ 6,5,
Zinnhaltige Metalle (Zinn) . . . . .	6,5.

Die Härteskala von Moß besitzt keinen Anspruch auf wissenschaftliche Genauigkeit. Man hat auch versucht, diese Skala durch sichere Koeffizienten zu ersetzen.

Nach dem Verfahren von Toula und Rosival stellt man den Widerstand gegen Abnutzung durch ausgewählte Rohstoffe fest.

Auf eine ebene, nicht polierte Fläche des zu untersuchenden Steines schüttet man eine bestimmte Menge Korundmehl von 0,2 mm Körnung. Man verfolgt dann den Verschleiß bis zum Verschwinden des Abschliffs. Darauf stellt man den Gewichtsverlust des zu untersuchenden Probestückes fest. Wenn man die Härte des Korunds mit 1000 annimmt, dann verhalten sich die Härtegrade der Skala von Moß wie folgt:

Moß . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rosival . . . . .	$\frac{1}{33}$	$\frac{1}{4}$	4,5	5	6,5	37	120	175	1000	140000

Die Härteprobe kann durch eine Widerstandsprobe mittels Zerdücken vervollständigt werden, die z. B. einen wertvollen Anhaltspunkt für das Vorbrechen abgibt. Man arbeitet allgemein mit Probewürfeln von 7 cm Seitenlänge, die glatt aber nicht poliert sind. Man findet dann im Mittel:

Von	200	bis	800	kg	auf	den	cm <sup>2</sup>	für	Sandstein,
„	500	„	1200	„	„	„	„	„	Kalk und Dolomit,
„	800	„	2500	„	„	„	„	„	Granit,
„	4000	„	5000	„	„	„	„	„	Basalt.

Die Zähigkeit oder Dichte der Rohstoffe ermittelt man mit Hilfe einer Schlagprobe. Diese letztere Angabe kann nicht mit dem Bruchwiderstand oder der Härtezahl verglichen werden, denn ein sehr harter Körper kann gleichzeitig brüchig sein.

Ferner die physikalischen Eigenheiten des Körpers: Gestalt des Kornes, Kristallstruktur, faserig oder blättrig, Art der Spaltung, Falten und Aushöhlungen, Färbung usw. sind wertvolle Fingerzeige für die Wahl der Zerkleinerungsmachinensorte.

Wenn sich der Fachmann, der mit der Prüfung der Zerkleinerungsart beauftragt ist; nicht in den Besitz eines Modells setzen kann, so wird er sich genaue Angaben machen lassen müssen über die Ähnlichkeit mit anderen bekannten Rohstoffen oder durch Auskünfte, wie sie nachstehend aufgestellt sind:

Der Härtegrad oder die Bruchfestigkeit.

Die Gestalt oder die Größe der zu zerkleinernden Stücke.

Die Struktur des Rohstoffes: amorph, kristallisiert, körnig, faserig oder schiefrig.

Der Dichtigkeitsgrad oder der Grad der Zerreibbarkeit.

Der Feuchtigkeitsgehalt

und allgemein alle besonderen Angaben, die gestatten, alle Einzelheiten des zu verarbeitenden Rohstoffes sich vorstellen und das Verhalten während des Zerkleinerungsvorganges im voraus erkennen zu können.

Allgemeine Vorgänge bei der Zerkleinerung. Grundsatz des Betriebes im geschlossenen Kreislauf.

Die Zerkleinerung hat zum Ziel, die volumetrische Verkleinerung der Rohstoffe bis zu einem bestimmten Grade durchzuführen. Im allgemeinen setzt man sich eine obere Grenze, welche das zerkleinerte Gut nicht überschreiten soll. So zum Beispiel spricht man von auf 6 cm gebrochenem Schotter; von auf eine Feinheit von Sieb Nr. 150 gemahlenen Ton, usw. Die Einstellung der Zerkleinerungsmaschine soll in jedem Falle zweckentsprechend betätigt werden können.

Aber gewöhnlich hat man kein Interesse, eine Zerkleinerungsmaschine so einzustellen, daß das ganze Mahlgut unter die Feinheitsgrenze, die man sich festgelegt hat, kommt. Es finden sich immer abgeplattete

oder längliche Mahlgutteilchen, die dem Zerkleinerungsvorgang ent-  
schlüpfen können und auf dem Kontrollsieb zurückgehalten werden.  
Um das zu vermeiden, muß man die Auslauföffnung der Mühle außer-  
ordentlich einschränken. Das aber führt zur Erzeugung von Teilchen  
oder Stückchen, die in ihrer Gesamtheit viel feiner gemahlen sind, als  
man es wünscht, vergrößert den Verschleiß der Mühle sowie den  
Kraftverbrauch und vermindert die Leistungsfähigkeit.

Auch wenn man bei der Herstellung von Ballast und Schotter durch  
den Steinbrecher nicht größere Stücke als 6 cm durchgehen läßt,  
so muß er auf eine solche Korngröße beschränkt werden, daß der  
größte Prozentsatz der erzeugten Stücke nur 1 bis 3 cm Größe  
haben wird. Dabei wird sich der Steinbrecher verstopfen, warm werden,  
eine überaus große Menge Staub erzeugen und nur eine unbedeutende  
Leistung aufweisen.

Es werden von selbst alle Stückgrößen der volumetrischen Ver-  
kleinerung dabei vorhanden sein, mag es sich um Vorbrechen, Granu-  
lieren oder Feinmahlung handeln.

Es ist doch vernünftiger, davon einen Teil wegzunehmen und zu dem  
Aufgabegut des Steinbrechers einen gewissen Prozentsatz von unzu-  
reichend zerkleinerten Stücken oder „Rückstände“ hinzuzufügen. In  
Anbetracht dessen, daß man in der Mehrzahl der Fälle ein scharf sor-  
tirtes Erzeugnis benötigt, wird auf das Vorbrechen eine Aussiebung  
oder Trennung folgen müssen, um die Rückstände zu beseitigen. Wenn  
man die Rückstände zum Einwurf des Brechers zurückleitet, um sie  
einem zweiten Zerkleinerungsvorgang zu unterwerfen, so hat man den  
Arbeitsvorgang eines Betriebes im geschlossenen Kreislauf  
verwirklicht.

Dieser Betrieb im geschlossenen Kreislauf gestattet für gewisse  
Zwecke verschiedene Arten von Zerkleinerungsmaschinen zu verwenden,  
welche auf andere Weise keine wirtschaftlich günstigen Ergebnisse  
hervorbringen würden. Wir werden in Verlauf der verschiedenen Kapitel  
unseres Buches Gelegenheit haben, auf die Verwendung der verschie-  
denen Zerkleinerungsmaschinenarten für den Betrieb im geschlossenen  
Kreislauf aufmerksam zu machen.

Die Theorie, die wir nachstehend entwickeln, ist allgemein gültig  
und kann in dem einen wie im anderen Falle angewendet werden.

Wenn bei der Zerteilung eines Rohstoffes von der Anfangsabmessung  
( $d$ ) auf die Endabmessung ( $d'$ )  $\frac{1}{4}$  des Brechguts größer ist als ( $d'$ ), sagt  
man der Prozentsatz der Zerkleinerung ( $F$ ) ist  $\frac{3}{4}$  oder 75%. Wenn  
wir im geschlossenen Kreislauf arbeiten, kehrt nach der Zerkleinerung  
dieses  $\frac{1}{4}$  Rückstände auf dem Kontrollsieb zum Steinbrecher zurück.

Wenn ( $A$ ) die Anfangsmenge für die Zeiteinheit ist, welche bei dem  
ersten Durchgang erzeugt wird, so wird man nach Verlauf der Zeit ( $t$ )

zu behandeln haben

$$A_1 = A + (1 - F) A.$$

Das heißt, die in normaler Weise verarbeitete Materialmenge und die Rückstände, die von der Sortiertrommel zurückkommen.  $A_1$  seinerseits wird im gleichen Verhältnis zerkleinert sein und nach Verlauf der Zeit ( $2t$ ) werden die Rückstände von dem Brecher zurückgekehrt sein. Dann erhält man:

$$A_2 = A + (1 - F) A + (1 - F)^2 A.$$

Folglich werden wir im Verlauf der Zeit  $nt$  erhalten:

$$A_n = A + (1 - F)^1 A + (1 - F)^2 A + (1 - F)^3 A + \dots + (1 - F)^n A.$$

Wir sehen uns einer geometrischen Progression gegenüber, in der  $(1 - F)$  kleiner ist als 1. Die Reihe ist aber konvergent. Die Endsumme ist also

$$A_n = \frac{A}{F}.$$

Die Grenzmenge, welche der Brecher erhält, ist um so viel größer als  $F$  kleiner ist. Wenn  $F = 0,33$  ist, wird die normale Aufgabemenge des Brechers versuchen, der Anfangsaufgabemenge gleich zu werden, d. h. der gleichbleibenden Leistung der Anlage multipliziert mit  $\frac{1}{0,33} = 3$ .

Der Brecher muß also, um eine mittlere Leistung zu erzeugen, dreimal so groß vorgesehen werden, als es die normale Leistung der Einrichtung erfordert.

Die Hilfsmaschinen: Becherwerke und Transporteure, ebenso wie die Sortiertrommel oder Separatoren müssen fähig sein, diesen wiederholten Umlauf des Brechgutes zu bewältigen.

Bemerkungen über die Zerkleinerungskosten. Bei jedem Arbeitsvorgang oder Veränderung der Rohstoffe sind es hauptsächlich die Herstellungskosten, die den Fabrikanten interessieren. Eine Maschine soll im Hinblick auf die wirtschaftlichste Leistung ausgewählt werden. Wenn wir die allgemeinen Betrachtungen über Zerkleinerungsmaschinen erwägen, so können wir sagen, daß die Selbstkosten der Zerkleinerung hauptsächlich eine Funktion von sieben Tatsachen sind:

- a) Der Kaufpreis der Maschinen,
- b) Der erforderliche Kraftverbrauch,
- c) Lebensdauer der Einrichtung,
- d) Produktion in der Zeiteinheit,
- e) Die Betriebssicherheit,
- f) Gedrängte und übersichtliche Anordnung,
- g) Leichte Bedienung.

Der Einkaufspreis der Maschinen beeinflusst die Selbstkosten, da dieser ja ein Kapital darstellt, welches in einer bestimmten Zeit amortisiert werden muß.

Die Kosten der Betriebskraft bilden ebenfalls einen Teil der Selbstkosten.

Die Lebensdauer der Maschineneinrichtung macht sich bei der Berechnung der Amortisationsfrist sowie der Reparatur- und Unterhaltungskosten geltend.

Die Leistungsfähigkeit dient offenbar als Maßstab für alle diese Generalunkosten und vervielfältigt sie wesentlich, wenn sie zu klein ist in bezug auf die Unkosten.

Die Betriebssicherheit ist sehr wichtig in einer Fabrik, da Unterbrechungen der Produktion sehr verlustbringend sind. Die Maschinen sollen ein Minimum an Betriebsstörungen besitzen und im Falle eines Bruches für eine schnelle Reparatur geeignet sein.

Die gedrängte Anordnung der Maschinen beeinflusst den erforderlichen Platz, dann den Anschaffungspreis oder den Pachtzins für den Platz und die Gebäude; ferner die Abschreibung dieser Unkosten, die mit in Rechnung gezogen werden bei der Aufstellung der Selbstkosten.

Endlich die leichte Bedienung, die Anzahl des Aufsichts- und Bedienungspersonals, Übersicht, Vermehrung und Anschaffungskosten der Hilfsmaschinen: Becherwerke, Transporteure, Aufgabevorrichtungen, Teilapparate beeinflussen ebenfalls die Unkosten.

Alle diese veränderlichen Werte machen die Auswahl der besten Bedingungen für eine Zerkleinerungsanlage sehr schwierig. Außerdem beeinflusst die natürliche Beschaffenheit der zu verarbeitenden Rohstoffe vom Gesichtspunkte der Größe, Härte, Gleichmäßigkeit und dem Feuchtigkeitsgehalt aus wesentlich die Leistungsfähigkeit. Die erforderliche Feinheit des Erzeugnisses kommt ebenfalls mit in Betracht, sowie die große Gleichmäßigkeit der Aufgabe und Entleerung.

Um einen Vergleich zwischen zwei Maschinen anzustellen, darf man nicht nur den Kraftverbrauch und die Leistung an verarbeitetem Mahlgut messen, sondern muß sie auch in gleichsinnige Beziehungen bringen, und zwar von der Aufgabe als Rohmaterial bis zum erzielten fertigen Erzeugnis.

Diesen Vergleich können wir durch eine Formel ausdrücken: Wenn  $K$  der Anschaffungspreis einer Zerkleinerungsmaschine,  
 $P$  die stündlichen Betriebskraftkosten,  
 $R$  die stündlichen Bedienungskosten der Maschine (Arbeitslohn und Generalunkosten),

$L$  die Produktion in Tonnen/Stunden,

$a$  die Anzahl der Arbeitsstunden im Jahr,

$b$  die Anzahl der Jahre, welche für die Abschreibung der Maschinen berechnet worden ist, dann hat man den

$$\text{Selbstkostenpreis für die Tonne } X = \frac{\frac{K}{b} + a(R + P)}{L \cdot a}.$$

Gleichwie wir schon oben gesagt haben, wird die erhaltene Zahl nur mit jeder anderen vergleichbar sein, welche unter den gleichen Bedingungen der Aufgabe und der Leistung entstanden ist.

Das Studium der Leistungsfähigkeit der Zerkleinerungsmaschinen erfordert langdauernde und genaue Versuche. Die Fabrikanten geben in ihren Preisbüchern Ergebnisse von Versuchen an, die für ihre Rechnung auf Maschinen ihrer Bauart ausgeführt wurden. Man wird begreifen, daß diese Ergebnisse sehr wenig vergleichbar sind mit jenen, denn diese Versuche vollziehen sich bisweilen unter sehr verschiedenen Bedingungen. Von den Verbrauchern ausgeführte Vergleichsversuche würden viel interessanter sein. Aber die Ergebnisse solcher Versuche werden einestheils selten veröffentlicht, anderenteils wirken sie sich zum wenigsten in Europa nur zufällig und im beschränkten Maßstabe aus. Es wäre zu wünschen, daß die genauen Versuche Allgemeingut und in der Art denjenigen folgen würden, die in Amerika auf Kosten einer bedeutenden Bergwerksgesellschaft ausgeführt wurden, um zwei als gut bekannte Kugelmühlenarten in Wettbewerb zu bringen (siehe zehntes Kapitel).

Mit Rücksicht auf den jetzigen Stand unserer Feststellungen werden wir nun die Schlüsse aus unseren Erfahrungsangaben zu ziehen haben. Man darf aber nicht die beiden vergleichbaren Faktoren aus dem Auge verlieren: Leistung für die Pferdekraftstunde der verbrauchten Kraft; Leistung für die Tonnenstunde des Maschinengewichts, die wir beim Studium der verschiedenen Zerkleinerungsmaschinenarten zutage zu fördern uns bemüht haben, haben nur absoluten Wert und sind nur vergleichbar mit denen, welche unter den gleichen Bedingungen zustande gekommen sind.

## B. Einteilung der Maschinen.

Es ist sehr schwierig, eine scharfe Einteilung der verschiedenen Arten von Zerkleinerungsmaschinen, welche uns interessieren, vorzunehmen. Man kann sie nach der Art ihrer Arbeitsweise einteilen in Maschinen, die durch Quetschen, Wirkung von Zähnen oder Stoß, oder durch verschiedene Verbindungen, die unter diesen drei hauptsächlichen Arbeitsarten möglich sind. Man kann sie auch nach dem Feinheitsgrad der gewünschten Zerkleinerung einteilen in Brecher, Grießerzeuger und Feinmühlen.

Obgleich die meisten gängigen Maschinen sich den vollkommensten Bauausführungen anpassen, haben wir es vorgezogen, unsere Abhandlung in ebenso viele Kapitel einzuteilen, wie es deutlich unterschiedene Maschinenarten gibt.

Wir werden also der Reihenfolge nach untersuchen:

- I. Die Backenbrecher.
- II. Die Rundbrecher.
- III. Die Tellerbrecher.
- IV. Die Walzwerke.
- V. Die Kollergänge.
- VI. Die sich drehenden Mühlen: Glockenmühlen, Horizontal- und Vertikalmahlgänge.
- VII. Die Stampf- oder Pochwerke.
- VIII. Die Schlagmühlen.
- X. Die Kugelmühlen.

Das XI. Kapitel wird den Maschinen der Sortierung nach Korngröße gewidmet sein: Sortiertrommeln oder Siebe, Separatoren und Wassersortierer.

Wir werden dann kurz die Hilfsmaschinen der Hartzerkleinerung behandeln: Zuführungen, Zuteiler, Mischer, Trockner usw. Kapitel XII.

Ein letztes Kapitel wird einige Beispiele allgemeiner Zerkleinerungsanlagen enthalten.

## Erstes Kapitel.

# Backenbrecher.

### I. Erklärung der Vorzerkleinerung.

Die in den Brechraum kommenden Rohstoffe haben sehr verschiedene Abmessungen von dem nach dem Gebrauch wieder gemahlene Formsand bis zu den großen Fels- oder Erzblöcken, wie sie aus dem Steinbruch oder aus der Grube kommen. Sie stellen die ganze Reihenfolge von 0 bis 600 mm und sogar mehr dar.

Die Abmessungen der gewünschten Erzeugnisse sind auch sehr verschieden: Kieselsteine von 4 bis 8 cm zu Steinpackungen für Wege: Staub, feiner als  $\frac{1}{10}$  mm bei dem Mahlen von Kalk und Zement.

Die volumetrische Verkleinerung, die sehr wichtig sein kann, vollzieht sich selten in einem einzigen Arbeitsvorgang. In den meisten Fällen ist noch ein Vorbrechen oder Vorschroten erforderlich.

Wir nennen Brecher jede Maschine, die durch Zerquetschen oder Zersplittern ihre Arbeit verrichtet. Sie hat den Zweck die Rohstoffe von verschiedenen Abmessungen auf in der Größe bestimmte Stücke zu zerkleinern, zum Beispiel 50 bis 60 mm Stückgröße für Erze, Ballast; 25 bis 30 mm für Kies, gebrannten Kalk . . . oder sei es um die unmittelbare Verwendung des Brechgutes zu ermöglichen, sei es um zur Speisung von Mühlen von verschiedener Bauart zu dienen, oder bestimmt für eine besonders gewünschte volumetrische Zerkleinerung.

Verschiedene Arten der Backenbrecher. Vom Gesichtspunkt der Verwendung aus kann man die Backenbrecher einteilen in Maschinen für harte Rohstoffe wie Quarz, Basalt, Kalkstein, Erze usw. und in solche für brüchige und zerreibbare Rohstoffe wie Kohle, Kreide, Ton, Koks usw.

Man muß noch die Backenbrecher unterscheiden in Vorbrecher und Nachbrecher.

Wenn wir von der Arbeitsweise des verwendeten Brechers ausgehen, so werden wir der Reihe nach zu betrachten haben:

Backenbrecher, Bauart Blake und ähnliche, die als Vorbrecher für harte und halbharte Rohstoffe Verwendung finden.

Backenbrecher, Bauart Dodge und ähnliche sowie Feinbrecher, die wie Nachbrecher Verwendung finden, ebenfalls für harte und mittelharte Rohstoffe.

Walzwerke, gezahnte Walzwerke, Brechschnecke, Maschinen von ganz verschiedener Wirkungsweise, die zum Zerkleinern brüchiger Rohstoffe verwendet werden.

In den folgenden Abschnitten werden wir behandeln und mit den vorhergehenden vergleichen:

Die Rundbrecher mit pendelnder und feststehender Hauptwelle.

Die Differential- oder Tellerbrecher, Bauart Symons.

Die Walzenbrecher.

## II. Backenbrecher, Bauart Blake.

**Allgemeine Grundzüge.** Der Backenbrecher besteht aus zwei Backen aus hartem Metall (Hartguß oder Spezialstahl), die sich in Form eines  $V$  sich gegenüberstehend angeordnet sind. Die Rohstoffe fallen zwischen die Brechbacken, die sich abwechselnd nähern und wieder entfernen. Die Annäherung der Brechbacken bewirkt ein Zerquetschen und Zersplittern der großen Stücke. Das Auseinandergehen derselben läßt die Rohstoffe in den engeren Teil herunterfallen, wo sie einer neuen Zusammendrückung beim Rückgang der Brechbacken unterworfen werden. Endlich fallen die zerkleinerten Rohstoffteile durch die untere Öffnung heraus. Die Stückgröße hängt von der kleinsten Öffnungsweite dieses Austrittsschlitzes ab. Man kann die mittlere Stückgröße des Brechgutes auf ungefähr  $\frac{1}{5}$  der oberen Ausladung des Brechmaules schätzen, wenn es sich um harte Rohstoffe handelt, dagegen bei brüchigen Rohstoffen kann man mit der Verminderung der Stückgröße bis auf  $\frac{1}{8}$  gehen.

Die am längsten bekannten und heute noch allgemein gebrauchten Backenbrecher sind die von der Bauart Blake.

Die Abb. 1 stellt eine solche Maschine im Schnitt dar. Die eine der Brechbacken (1) steht fest und ist am Maschinenrahmen (6) befestigt. Die Brechbacke (2) wird von einer Schwinge (3) getragen, die um eine feststehende Achse (9) schwingt, welche am oberen Teil des Maschinenrahmens (6) befestigt ist. Das Brechmaul ist übrigens durch zwei Seitenkeile aus hartem Material (20) abgeschlossen. Eine exzentrische Kurbelwelle (10), die durch Fest- und Losscheibe angetrieben und deren Bewegung durch zwei schwere Schwungräder ausgeglichen wird, setzt eine Zugstange (13) in eine auf- und abgehende Bewegung. Diese Zugstange wirkt auf zwei Kniehebelplatten, deren eine (7) sich gegen ein einstellbares Keilstück (16) stützt, während die andere (5) die Bewegung auf die Schwinge (3) überträgt. Eine Rückzugfeder (8), die auf die Zugstange (13) wirkt, hält die Schwinge, Kniehebelplatten

und Zugstange beim Niedergang der Zugstange fest zusammen. Der Einstellkeil (17) regelt die Einstellung der Brechbackenentfernung.

Diese Maschinen haben den Vorzug einer kräftigen Ausführung, welche sie zu schweren aber wenig komplizierten Maschinen machen. Dennoch müssen wir auf folgende zwei Nachteile aufmerksam machen.

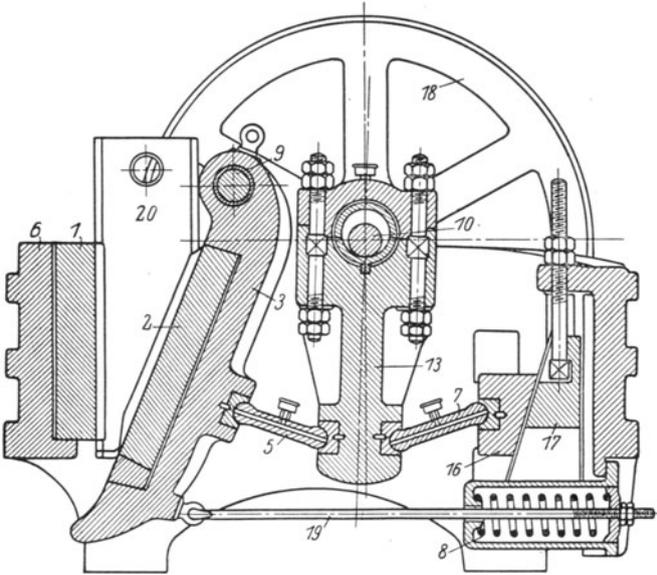


Abb. 1. Schnitt durch einen Blake-Brecher.

1. Die Maschinen erhalten ihren Antrieb durch eine Welle, deren Mitte mit Rücksicht auf die Anhäufung von Maschinenteilen überhöht angebracht ist. Wenn man nun die Vibrationen vermeiden will, führt das zur maßlosen Verstärkung des Maschinenrahmens.

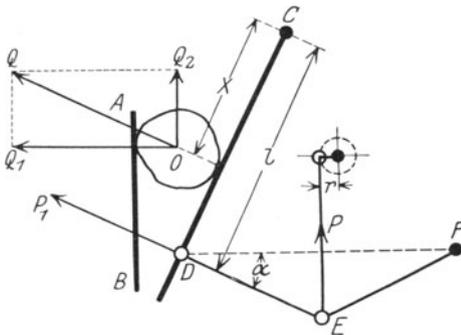


Abb. 2. Schema des Blake-Brechers.

2. Sie vermitteln den zum Zerkleinern notwendigen Druck durch einen Exzenter, ein Maschinenteil, bei welchem die Reibungsflächen unzugänglich und deshalb schwer zu überwachen und im guten Zustande zu erhalten sind.

Wir haben feststellen können, daß die meisten Anstände, welche die Brecher dieser Bauart ergeben haben, von der Exzenterwelle herrührten.

Allgemeines: Die Maschine ist schematisch auf die obige Abb. 2 zurückgeführt.

Wenn  $H$  die Kraft ist, welche dem Steinbrecher zugeführt wird,  $N$  die Umdrehungszahl der Antriebswelle und  $r$  der Halbmesser des Exzenters, dann ist die Umfangskraft am Halbmesser des Exzenters

$$F = \frac{H \cdot 30}{\pi r N}.$$

Die auf die Zugstange übertragene Kraft verändert sich nach einer Sinusfunktion von  $O$ , der Wert an den toten Punkten, bis zu einem Maximum gleich  $F$ . Die auf der Exzenterwelle befestigten Schwungräder dienen gerade dazu, um das Gleichgewicht zwischen der durch die Antriebsriemenscheiben gleichmäßig zugeführten Kraft und dem unregelmäßig auftretenden Zerkleinerungswiderstand auszugleichen.

Wenn andererseits  $P$  die in einem bestimmten Zeitpunkt von der Zugstange übertragene Kraft ist, dann ist der Druck, welcher vermittelt der Kniehebelplatte  $DE$  auf die Schwinge  $CD$  in der Richtung  $ED$  ausgeübt wird,

$$P_1 = \frac{P}{2 \sin \alpha},$$

wenn  $\alpha$  der Winkel zwischen der Kniehebelplatte  $DE$  und der Horizontalen ist.

Wenn die Zugstange sich hebt, nimmt  $\alpha$  gegen  $O$  zu ab. Unter diesen Umständen beginnt die Kraft  $P$  unendlich zu werden. Ferner ist bei der gleichen Verschiebung der Zugstange, die Verschiebung des Punktes  $D$  um so kleiner, je kleiner der Winkel  $\alpha$  ist. Während sich also die Zugstange hebt, nähert sich die bewegliche Brechbacke der feststehenden mit immer mehr abnehmender Geschwindigkeit und mit immer mehr zunehmender Kraftäußerung.

Der Druck auf einen abgerundeten Körper, dessen Abstand vom Drehpunkt  $x$  ist, wird

$$Q = P_1 \cdot \frac{l}{x} = \frac{P \cdot l}{2 x \cdot \sin \alpha},$$

wenn  $l$  die Entfernung des Punktes  $D$  bis zum Drehpunkt  $C$  der Schwinge bedeutet.

Diese Formel zeigt, daß für einen gleichen Wert von  $P$ , der durch die Kraftäußerung der Zugstange in einem gewissen Zeitraum erzeugt wird, der Druck auf ein zu brechendes Rohstoffstück direkt proportional der Entfernung vom Drehpunkt der Kniehebelplatte bis zum Drehpunkt der Schwinge und umgekehrt proportional der Größe des Winkels  $\alpha$  ist.

Deshalb ist die Kraftwirkung auf die größten Stücke ein Maximum am oberen Ende des Brechmaules. Es ist also besonders wichtig, daß

die Schwinge sehr lang und der Winkel zwischen der Kniehebelplatte am Drehpunkt sehr groß ist.

Die Schwinge, welche sich um eine Achse am oberen Teil derselben dreht, erhält die größte Verschiebung am unteren Ende, am Austritt des gebrochenen Gutes. Diese veranlaßt das Herausfallen, bewirkt aber weder ein feines noch gleichmäßiges Zerkleinern. Wir werden später die Vorkehrungen kennen lernen, welche angeordnet werden müssen, um zu diesem Ergebnis zu gelangen.

Der Druck  $Q$ , welcher auf ein zu brechendes Steinstück  $O$  rechtwinkelig durch die bewegliche Brechbacke übertragen wird, löst sich auf in eine Komponente  $Q_1$ , welche die feststehende Brechbacke rechtwinkelig aufnimmt und eine Kraft  $Q_2$  auf den Körper  $O$ , die parallel zur Ebene der festen Brechbacke gerichtet ist. Diese Kraft  $Q_2$  versucht nun das Steinstück aus dem Wirkungsbereich der Brechbacken herauszudrücken. Die durch verschiedene Drücke erzeugte Reibung muß ausreichend sein, um diese entgegenwirkende Kraft, die selbst wieder proportional dem Winkel zwischen den Brechbacken ist, zu überwinden. Wenn ein Reibungskoeffizient, dessen Wert annähernd konstant ist, gegeben ist, dann darf der Winkel der Brechbacken einen gewissen Wert nicht überschreiten, sonst werden die zu zerkleinernden Stücke eine Zeitlang zwischen den Brechbacken hin- und hertanzen, ohne von ihnen erfaßt zu werden. In der Praxis wird die Zerkleinerungsarbeit bei gleichmäßig harten Steinstücken um so größer sein, je kleiner der Winkel zwischen den Brechbacken ist, aber unter der Bedingung, daß die Länge der Brechbacken, d. h. die gesamte Bauhöhe des Brechers, größer wird. Bei der Beschreibung der Bauweise der neuzeitigen Backenbrecher werden wir später die praktischen Vorkehrungen kennen lernen, welche durch diese grundlegende Theorie erkannt worden sind.

Feststehende Angaben bei ausgeführten Maschinen.

Als Anhalt geben wir nachstehend eine Zahlentafel, die die Maße, Gewichte, Kraftverbrauch und mittlere Leistungsfähigkeit einer sehr vollständigen Serie von Steinbrechern (Zahlentafel 1) enthält.

**Einzelteile der Konstruktion.** a) Der Maschinenrahmen wird entweder aus einem einzigen Stück (Abb. 3) oder aus mehreren auseinandernehmbaren Stücken hergestellt. Diese letztere Bauart wird für große Maschinen und für Länder mit schwierigen Transportverhältnissen angewendet.

Zusammengefaßt dient der Maschinenrahmen zwei Aufgaben:

1. Die verschiedenen Bauteile in ihren wechselseitigen Lagen bei der Arbeit aufzunehmen;
2. Widerstand gegen die Beanspruchung zu leisten, die bei der Wirkung der auftretenden Kraftäußerungen entsteht.

Diese Beanspruchungen treten hauptsächlich an zwei Stellen auf: Erstens am unteren Teil des Maschinenrahmens, und zwar an den Stellen, wo sich einesteils die Rückwirkungen des Brechvorganges an der feststehenden Brechbacke auswirken, sowie andernteils die Rückwirkungen des Angriffes der hinteren Kniehebelplatte und zweitens am oberen Rand des Maschinenrahmens mit den Rückwirkungen der Zerkleinerungsarbeit, welche einesteils am Widerlager der feststehenden Brech-

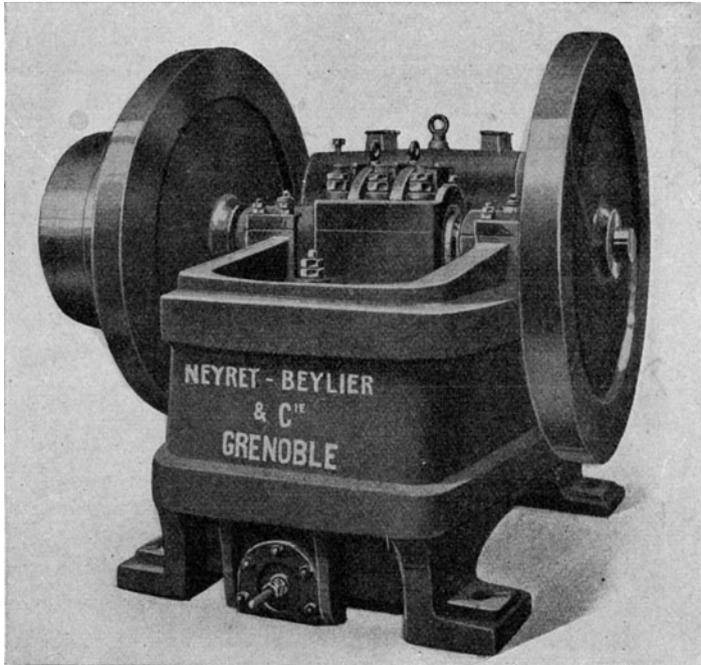


Abb. 3. Backenbrecher mit Gußeisenrahmen.

backe und andernteils an den Lagerungen, in welchen sich die Schwinde bewegt. Um diese Kraftäußerungen unschädlich zu machen, kann man:

1. einen Maschinenrahmen aus Gußeisen kastenförmig bauen, der nach allen Richtungen hin sehr stark und schwer ist;
2. einen Maschinenrahmen aus Stahlguß von gleicher Widerstandsfähigkeit aber dünner mit starken Rippen bauen, hauptsächlich an dem unteren und oberen Rand des Rahmens;
3. einen Maschinenrahmen aus Stahl oder leichtem Gußeisen bauen, der dazu dient, die einzelnen Maschinenteile allein zu verbinden; die Spannungen werden durch geschmiedete Stahlschrauben aufgenommen, welche der Länge nach angeordnet und über Bügel zusammengeschraubt sind;

Zahlentafel I. Backenbrecher, Bauart Blake, für hartes Gestein.

Modell Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Maulweite . . . . .	150	200	250	300	350	400	600
Maulbreite . . . . .	200	300	400	500	600	750	900
Umdrehungen in der Minute . . . . .	300	275	250	250	250	220	200
Durchmesser . . . . .	600	800	800	900	1 000	1 200	1 200
Antriebsriemenscheibe							(2Riemen- scheiben)
Erforderliche Betriebskraft . . . . .	180	220	280	280	360	400	400
Leistung in t/Std. durch den Ring von 6 cm, hartes Gestein . . . . .	6	10	15	25	30	40	80
Mittlere Abmessung des Brechgutes . . . . .	2	5	10	15	20	32	50
Angenähertes Gewicht des Brechers im betriebsfertigen Zustand. Gußmaschinenrahmen . . . . .	3	4	5	6	7	8	10
Angenähertes Gewicht des Brechers im betriebsfertigen Zustand. Stahlgußmaschinenrahmen . . . . .	2000	2700	5000	8000	12 000	20 000	32 000
Gewicht eines Reservebrechbacken aus Manganstahlguß . . . . .	1800	2250	4200	6750	9000	15 000	26 000
Gewicht eines Satzes Seitenkeile aus Stahlguß . . . . .	50	100	185	320	650	1 200	—
	27	45	75	120	180	450	—

4. einen leichten Guß- oder Stahlmaschinenrahmen bauen und ihn durch zwei Schwindringe aus Stahl sichern, und zwar einen um den unteren Teil und einen um den oberen Rand des Maschinenrahmens (Bulldogbrecher).

Die erste Ausführung eignet sich für Maschinen von gängigen Abmessungen. Sie werden leicht ausgeführt, erfordern aber eine große Menge Eisen, um die gewünschte Widerstandsfähigkeit zu erreichen, und haben deshalb ein ansehnliches Gewicht. Die Abb. 1 im Schnitt und 3 in Ansicht zeigen Backenbrecher mit Gußmaschinenrahmen.

Die Zahlentafel 1 gibt alle Angaben für eine gleichgebaute Maschinenserie.

Für Länder, die keine Transportmöglichkeiten haben, baut man Backenbrecher mit einem vollständig auseinandernehmbaren Maschinenrahmen, so daß ein jedes Stück auf dem Rücken eines Maultieres oder Kamels befördert werden kann. Zu diesem Zwecke kann man selbst Schwungräder mit hohlem Querschnitt anbringen, in den man an Ort und Stelle Blei

gießt. Bisweilen wird der Rahmen aus mehreren Segmenten warm durch Schwindringe zusammengefügt. Diese Bauweise ist übrigens in allen den Fällen zu empfehlen, wo die Sicherung des Betriebes sehr schwer ist, selbst dann, wenn der Maschinenrahmen in einem Stück gegossen ist. Der Steinbrecher in Abb. 4 besteht aus einem Rahmen mit mehreren Stücken.

Die Maschinenrahmen aus Stahl sind aus einem oder mehreren Stücken zusammengesetzt. Die aus einem Stahlgußstück hergestellten Rahmen werden bis zu Maschinenrößen mit einer Maulweite von un-

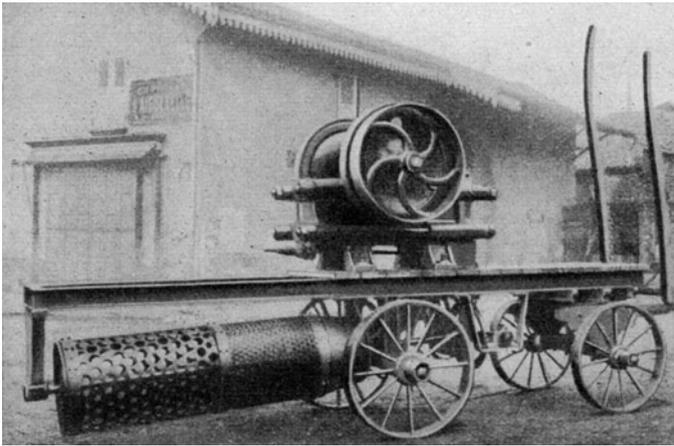


Abb. 4. Steinbrecher auf Fahrgestell (Morel, Fabrikant in Domène).

gefähr  $600 \times 900$  mm verwendet. Sie haben schwache Wandstärken, sind aber mit starken Rippen versehen. Obwohl an Festigkeit überlegen, sind sie bedeutend leichter als die Maschinenrahmen aus Grauguß. Zur Vorkalkulation kann man zum Beispiel mit der Angabe rechnen, daß in den Grenzen der üblichen Leistungsfähigkeit das Gewicht des erforderlichen Brechers gleich 60% des Gewichts der stündlich zu brechenden Rohmaterialmenge ist, wenn er aus Gußeisen und nur 45%, wenn er aus Stahl hergestellt ist. Die Betriebskraft wird im Mittel mit 2 HP für die in der Stunde erzeugte Tonne angenommen. Diese Zahlen sind selbstverständlich nur Mittelwerte, um zu überschlägigen Angaben zu gelangen. Für kleinere Leistungen muß man diese Werte ein wenig steigern und für die größeren entsprechend vermindern.

Die auseinandernehmbaren Stahlrahmen können auch aus starken, mit Profileisen verstärkten, Blechseitenwänden hergestellt und durch Kopfstücke aus Stahlguß vorn und hinten verbunden werden. Diese Bauart eignet sich besonders für leichte Maschinen, welche in Länder

mit schwierigen Verkehrsverhältnissen geschafft werden sollen. Damit die durchgehenden, die Verbindung des Ganzen sichernden Schrauben nicht abscheren können, sind die Kopfwände mit Federn versehen, die sich in die, in den Seitenwänden angebrachten Nuten hineinlegen können.

Die Riesenbackenbrecher (über  $600 \times 900$  mm Maulweite) werden aus Stahlgußplatten hergestellt, welche nach der Bearbeitung zusammengebaut werden. Diese Platten sind außen nach allen Seiten hin mit starken Rippen versehen (Abb. 5). Bei den größten ausgeführten Maschinen, ebenso für die Kopfwände bis zu den mittleren herunter verwendet man Platten mit Hohlräumen, d. h. eine doppelte Stahlwand, die durch im Innern liegende Rippen verbunden ist. Das ist eine Ausführungsart, die ein Widerstandsmaximum gegen Spannungen und Biegung besitzt.

Die Abb. 5 zeigt eine Maschine mit auseinandernehmbaren Maschinenrahmen aus Stahlguß mit  $1400 \times 1800$  mm Maulweite, welche vom Fried. Krupp-Grusonwerk gebaut worden ist. Das ist der größte Backenbrecher, der bisher in Europa gebaut worden ist.

Seine Verwendung rechtfertigt sich nur ganz ausnahmsweise in unserem Lande und viele unserer Leser könnten glauben, daß es sich nur um eine einfache Kundgebung der Macht der deutschen Industrie handelt, bestimmt für eine internationale Ausstellung. Dieser Brecher ist aber tatsächlich in einem norwegischen Bergwerk aufgestellt worden. In Amerika hat man aber noch einen viel größeren Brecher gebaut, nämlich die größte Nummer der Serie „Superior“, welche die Worthington Company (Power and Mining Works) herstellt und der Blöcke von 1600 auf 2100 mm aufnehmen und stündlich 450 t bei einer Betriebskraft von 250 bis 300 HP auf die Stückgröße von 250 mm brechen kann. Eine gleiche Maschine, die in Betrieb gesetzt werden soll, wiegt mehr als 200 t. Die Traylor Engineering and Mfg. Co., die sich eine Spezialität aus dem Rekord solcher Art von Arbeiten macht, kündigt eine Maschine an bis zu  $2100 \times 3000$  mm Maulweite, einem Gewicht von 400 t und einer Leistung von stündlich 1100 t bei 300 mm Spaltweite. Es handelt sich hier augenscheinlich um ein Monstrum, jedoch hat diese gleiche Gesellschaft besonders in Zementfabriken eine gewisse Anzahl von Backenbrechern aufgestellt, deren Maulweite von  $900 \times 1000$  bis  $1200 \times 1500$  mm schwankt. Die Fabriken Buchanan, Farrel, Allis-Chalmers usw. haben mit Erfolg ähnliche Lieferungen ausgeführt.

Steinbrecher von dieser Größe werden in Steinbrüchen verwendet, um große durch Sprengen gelöste, mit der Dampfschaufel aufgeladene und mit Kippwagen beförderte Steinblöcke unmittelbar in das Brechermaul entleeren zu können. Eine solche Einrichtung erfordert sehr um-

fangreiche, mechanische Hilfsmittel, wie nur wenige in Europa bestehen können. In unseren Betrieben ist es im allgemeinen vorzuziehen, die Zertrümmerung durch Sprengen oder Zerkleinern von Hand möglichst weit zu treiben. Auf diese Weise vorbehandelte Rohstoffmengen

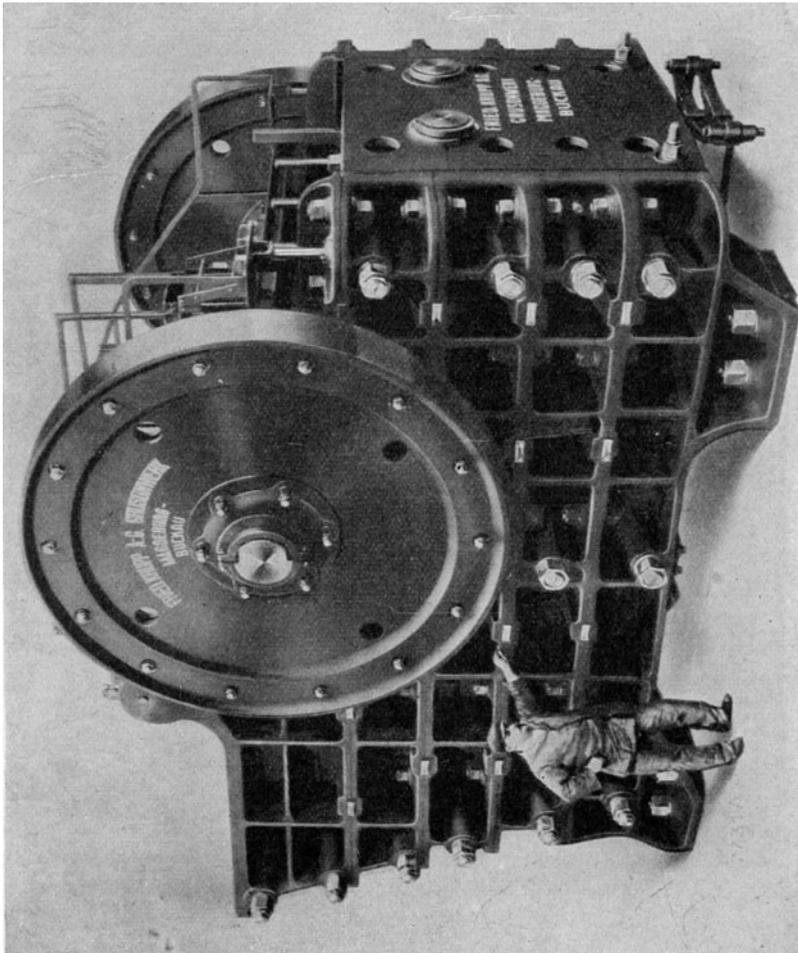


Abb. 5. Riesensteinbrecher aus Stahlguß.

erfordern keine so außerordentlich große Backenbrecher. Der Backenbrecher mit einer Maulweite von  $1000 \times 600$  oder  $800$  mm erscheint uns praktisch der größte zu sein, dessen Verwendung man in unserem Lande ins Auge fassen kann. Diese Größe paßt sich übrigens vollständig der Verwendung von mechanischen Schaufeln von  $\frac{1}{2}$  bis  $1 \text{ m}^3$  Fassung an.

b) Die Brechbacken sind geriffelt je nach den Rohstoffen, die verarbeitet werden sollen. Sie werden aus Hartguß oder aus Mangan- oder Chromstahl hergestellt. Man spart sie auf der Rückseite aus, um an Material zu sparen. Die Brechbacken werden mit Blei- oder Zinklegierung vergossen, um ein elastisches Widerlager zu erhalten. Die Brechbacken verschleifen mehr am unteren Teil als am oberen und mehr in der Mitte als an den Seiten. Bei den größeren Maschinen sind sie oft in mehreren Stücken vorgesehen, die nach dem Verschleiß ausgewechselt werden können. In den kleineren Maschinen werden sie nur in einem Stück verwendet und können nach einer gewissen Betriebszeit Stück für Stück umgekehrt werden. Manchmal gibt man den Brechbacken auch einen gekrümmten Querschnitt. Dieser Querschnitt befördert den Vorgang des Zersplitters, denn das zu zerkleinernde Stück ist nur an 3 Stellen mit den Brechbacken in Berührung. Es ruht auf den Außenseiten der konkav gewölbten, festen Brechbacke und wird in der Mitte dem Drucke der konvex gebogenen, beweglichen Brechbacke ausgesetzt. Diese Form der Brechbacken dient besonders zum Zerkleinern von Rohstoffen faseriger oder blätteriger Struktur. Die auf diese Weise erhaltenen Bruchstücke sind gleichmäßiger und nähern sich mehr der Würfelform. In dem Falle, wo man gebogene Brechbacken verwendet, sind die Riffelungen gegen das obere Ende mit großer Teilung versehen. Um sich dem Maße zu nähern, bei welchen das Stück sich spaltet, muß man die Teilung gleich der Diagonale des Würfels machen, welchen man zu erhalten wünscht.

c) Die Schwinge wird aus Guß oder Stahlguß hergestellt. Die Vorderseite ist so eingerichtet, um die bewegliche Brechbacke aufnehmen zu können. Sie wird mit ihr durch keilförmige Knaggen verbunden und mit Schrauben verschraubt. Die Hinterseite ist stark gerippt, um den Biegungskräften Widerstand bieten zu können. Mit ihrem oberen Teil schließt sich die Schwinge an die Nabe an, welche die Drehachse aus geschmiedeten Stahl trägt. Die Enden der Achse ruhen in den Fettlagern, die auf dem Maschinenrahmen sitzen.

Auf der Hinterseite und am unteren Teil der Schwinge ist eine Nute vorgesehen, die das Kniehebelplattenlager aufnimmt. Man hat ein großes Interesse daran, dieses Lager so nahe wie möglich an den unteren Teil der Schwinge heranzulegen, um auf diese Weise einen stärkeren Druck entwickeln zu können.

d) Die Zugstange wird von der Exzenterwelle getragen. Diese letztere aus Schmiedestahl der besten Sorte hergestellt, dreht sich in zwei Fettlagern, die von den Seitenteilen des Maschinenrahmens getragen werden. Außerhalb derselben sind die Schwungräder und Antriebsriemenscheiben gelagert. Die Zugstange wird außerordentlich stark aus Guß oder Stahlguß hergestellt. Ihr Kopf ist als Fettlager

mit langer, auswechselbarer Laufbuchse ausgebildet, in welcher sich der Exzenter dreht. Bei den bisher beschriebenen Konstruktionen arbeitet die Zugstange auf Zug, während die Drehung aufsteigend ist. Im Falle, daß sie aus Guß hergestellt ist, hat man den Vorteil, sie so kurz wie möglich zu halten. Das vergrößert ihre Widerstandsfähigkeit, vermindert ihr Gewicht, gestattet die Exzenterwelle und die Schwungräder tiefer zu legen und die Bauhöhe der Maschine zu vermindern.

Es war folgerichtig gedacht, die auf Zug beanspruchte Zugstange aus geschmiedetem Stahl herzustellen. Die *Traylor Engineering and Mfg. Co., Allentown (U.S.A.)* hat diesen Grundsatz in ihrem Brecher Bulldog (Abb. 6) verwirklicht. Der Exzenter dreht sich in einem Fettkörper aus Stahlguß mit 2 oder 4 Seitenflanschen, durch die sehr starke Stahlschrauben hindurchgehen. Andererseits vereinigen sich diese Schrauben in einem Gußkopfstück. Sechskantige Schraubenmutter, deren innere Rundflächen sich in eine Aussparung derselben Form legen, welche über den Flanschen vorgesehen ist, sichern eine Verbindung in jeder Richtung ohne Montageschwierigkeiten. Diese Schraubenmutter werden durch Stellschrauben, die hindurchgehen und eine Einstellung der Höhe zulassen, in ihrer Lage festgehalten. Die vorderen und hinteren Kniehebelplattengelenke ruhen nicht am unteren Kopfe der Zugstange, sondern stehen einander gegenüber. In der Tat bildet die längere vordere Kniehebelplatte einen Gabelkopf, in welchem die hintere Kniehebelplatte sich bewegt. Die Aussparung gestattet den Durchtritt der Zugstangenschrauben durch die Kniehebelplatten. Andererseits ruht der eine abgerundete Teil am Ende der vorderen Kniehebelplatte einfach auf der Oberfläche des unteren Kopfendes der Zugstange und erhält die aufsteigende Bewegung durch einfache Berührung mit der Kniegelenkplatte.

Diese Anordnung, welche an die besondere schon beschriebene Bauart des Maschinenrahmens gebunden ist, ist um 20 bis 30% leichter als die mit den sonst üblichen Maschinenteilen.

Bei allen diesen Maschinen wirkt der Hauptdruck gegen den Lagerdeckel. Die obere Lagerschale ist deshalb am stärksten beansprucht, die untere Lagerschale dient nur zur Führung der Exzenterwellenbewegung.

Überhaupt erfordert es besondere Sorgfalt bei dem Einbau des Zugstangenkopfes, wenn er der leichteren Konstruktion und Montage halber zweiteilig ausgeführt wird. Manche Konstrukteure lassen die Zugstange auf Druck arbeiten, indem sie die Kniehebelplatten mit stumpfem Winkel gegen den unteren Teil so anordnen, daß der nutzbare Gang sich beim Niedergang der Zugstange äußert. Diese Anordnung ergibt folgende theoretischen Vorteile:

- a) Die Zugstange aus Gußeisen arbeitet günstiger auf Druck.

b) Die Bauweise des Zugstangenkopfes wird leichter, denn der Hauptdruck äußert sich nicht mehr auf das obere Lager sondern auf das untere. Im Gegenteil wird die Rückwirkung der Antriebswelle durch die Lagerdeckel der eigenen Lager aufgenommen.

c) Die Verteilung der Kraftäußerungen ist besser eingerichtet; beim Niedergang erhöht sich die Betriebskraft um das Gewicht der Zugstange zu nutzbringender Arbeit; beim Hochgehen vermindert sich die im Schwungrad aufgespeicherte Energie um das Gewicht der Zugstange. Diese Bauart gestattet es also, das Gewicht der Schwungräder etwas kleiner zu machen.

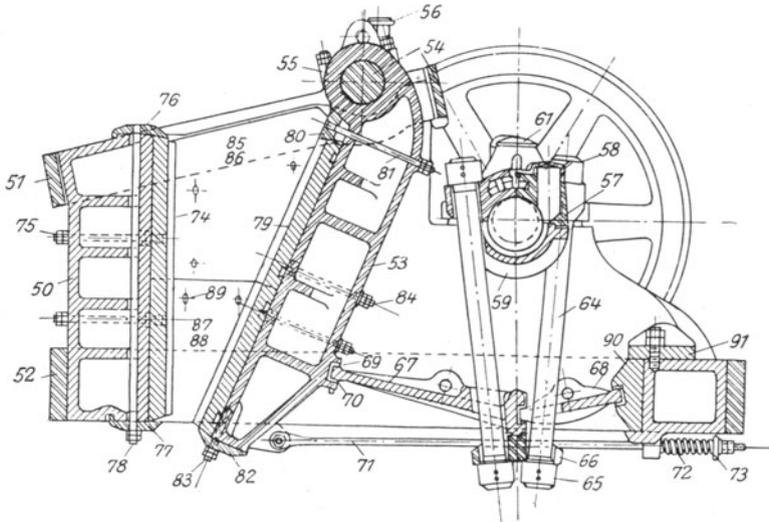


Abb. 6. Steinbrecher „Bulldog“.

Bei den sehr großen Ausführungen der amerikanischen Brecher ist eine befriedigende Lösung dieses Problems herbeigeführt worden: Die Zugstange arbeitet beim Hochgehen, beim Niedergang dagegen drückt sie eine Feder gegen eine unter dem Maschinenrahmen liegende Traverse. Beim Hochgehen wird ein Teil der Federkraft wieder abgegeben.

d) Die Einstellung der Brechmaulöffnung, die die Feinheit des zu erzeugenden Brechgutes bestimmt, wird entweder durch Unterlagen von verschiedener Dicke bewerkstelligt oder durch Stellkeile mit Hilfe von mit Gewinde versehenen Zugstangen, die zwischen Maschinenrahmen und dem Drehlager der hinteren Kniehebelplatte eingeschaltet sind. In den meisten Fällen kann man die Einstellung während des Betriebes der Maschine vornehmen. Eine Bruchsicherung ist notwendig, um dem Bruche eines wesentlichen Maschinenteiles im Falle der übermäßigen Beanspruchung vorzubeugen, die hervorgerufen wer-

den kann durch Verstopfen oder durch zufälliges Hineinfallen von Fremdkörpern, z. B. Hämmern, Meißeln usw. zwischen die Brechbacken. Zu diesem Zwecke ist zwischen den verschiedenen, der Kraftübertragung dienenden Maschinenteilen ein einfacher Konstruktions- teil eingeschaltet, dessen Anteil an der Kraftübertragung denjenigen der übrigen übertrifft. Im Falle der übermäßigen Kraftbeanspruchung überschreitet dann dieser Maschinenteil zuerst die Grenze der Bruchfestigkeit und wird unter allen anderen zuerst brechen.

Bei den meisten Backenbrechern dient die hintere Kniehebelplatte als Bruchsicherung. Zu diesem Zwecke können verschiedene Ausführungen Verwendung finden. Eine sehr einfache, von Ratel vorgeschlagene Vorrichtung besteht darin, die hintere, aus Stahl oder Kokillenguß hergestellte

Kniehebelplatte durch einen Maschinenteil zu ersetzen, der aus zwei durch Schrauben verbundenen Blechen, die wie eine Zugstange ausgebildet sind, besteht. Diese Schrauben brechen im Falle einer Überlastung

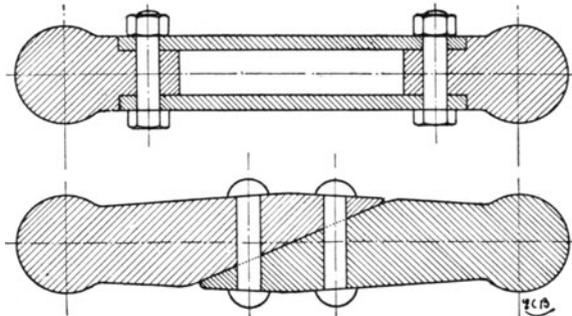


Abb. 7. Bruchsicherung.

(Abb. 7). Bei den „Buchanan“-Brechern ist die hintere Kniehebelplatte mit einem runden Loch versehen, das den gefährlichen Querschnitt derart verschwächt, daß im Falle der Überlastung sofort Bruch eintritt. Beim „Traylor“-Brecher ist die Platte in zwei schrägabschnittene Stücke geteilt und diese durch Nieten verbunden. Diese Nieten scheitern im Falle der Überlastung ab. Diese Lösung erscheint als sehr glücklich gewählt.

**Aufstellung.** Die Fundamente der Backenbrecher müssen sehr dauerhaft ausgeführt werden. Das Mauerwerk soll aus gutem Zementbeton hergestellt werden. Zwischen das Mauerwerk und den Fuß der Maschine legt man einen Hartholzrahmen, der eine elastische Unterlage bildet. Es empfiehlt sich, Fundamentankerschrauben den Steinschrauben vorzuziehen. Die ersteren erfordern Zugangskanäle unter dem Mauerwerk für das Verkeilen der Ankerplatten, aber sie können im Falle des Abmontierens der Maschine leicht nach oben herausgezogen werden.

Der Handbetrieb wird nur für Laboratoriumsbrecher eingerichtet. Der Hauptteil der Backenbrecher wird durch Fest- u. Losscheibe angetrieben. Die ganz großen Ausführungen werden durch Seile oder

doppelte Riemen in Bewegung gesetzt. Die Riemen sind schlaff aufzulegen und die Riemenscheiben auf der Transmissionswelle sind etwa 10% größer als erforderlich vorzusehen, um den Geschwindigkeitsverlust durch den Riemenschliff wieder auszugleichen.

Es gibt auch noch Steinbrecher mit direktem Antrieb durch Dampfmaschine, die auf den Maschinenrahmen aufmontiert ist. Diese werden aber nur in Betrieben aufgestellt, die Dampfbetrieb haben.

Zur Herstellung von Eisenbahnschotter oder Steinpackungen für Wege baut man Lokomobil- oder Automobilbrechanlagen mit oder ohne angehängter Siebtrommel (siehe Kapitel XIII, Aufstellungsarten für Brecheranlagen).

**Beschickung.** — Im Falle der Handbeschickung soll der Schüttboden genau in der Höhe des Brechmaules liegen und mit Blech oder Gußeisen verkleidet sein, um das Hineinziehen mit der Schaufel zu erleichtern. Wenn man über genügend Bauhöhe verfügt, kann man den Schüttboden über den Brecher einrichten und in einen kleinen Trichter einwerfen, der sich an das Brechmaul anschließt.

Für Leistungen, die höher als 4 bis 5 t/Std. sind, ist es vorteilhaft, automatische Speisevorrichtungen mit hin- und hergehendem Schüttelschuh zu verwenden. Im Falle der Anordnung eines Sortierrostes zur Ausscheidung von schon genügend feinen Stücken vor dem Zerkleinerungsvorgang, muß dieser Rost je nach Art der Aufgabe geneigt sein von 30° bei Aufgabe von Hand bis 45° bei mechanischer Aufgabe. Gewöhnlich ist er 2 m lang und wird von Seitenblechen eingeschlossen, welche das Brechgut nach dem Brechmaul des Brechers leiten. Diese Sortierroste werden vorteilhaft aus Flacheisenstangen hergestellt, welche über den Einwurf gelegt und jeden Meter Länge durch Querstäbe aus Rundeisen verbunden werden. Diese mit Schrauben versehenen Querstäbe gehen durch, auf bestimmte Länge abgeschnittene Rohrstücke, die gleichzeitig als Distanzstücke dienen. Die Traylor Engineering and Mfg. Co stellt eine Aufgabevorrichtung her, die gleichzeitig aus einem starken Sortierrost mit großen viereckigen Löchern besteht und von einem durch Schubstange hin- und hergehenden Antrieb bewegt wird. So wird durch dieselbe Maschine zu gleicher Zeit automatisch die Speisung und die Ausscheidung des Feinen gesichert.

Die Riesenbeckenbrecher, die in Amerika verwendet werden, haben im allgemeinen keine mechanische Aufgabevorrichtung. Die Maulweite ist mehr wie ausreichend, um die normale Leistung sicherzustellen. Die Transportwagen werden über eine schiefe Ebene aus Holz oder alten, mit Holz überdeckten Eisenbahnschienen ausgekippt, von wo aus die Steine langsam in das Brechmaul gleiten.

**Leistungsfähigkeit.** Die Leistungsfähigkeit eines Backenbrechers ist im wesentlichen abhängig von der Härte und der physikalischen

Beschaffenheit des zu behandelnden Aufgabegutes, der Maulweite, der Umdrehungszahl der Maschine usw. Wir haben bereits erfahren, daß im Mittel für Kalkstein, der auf Ring von 6 cm Größe gebrochen ist, die Leistung ungefähr  $\frac{1}{2}$  t für die effektive Pferdestärke des Brechers beträgt. Die verschiedenen, in dieses Kapitel eingefügten Zahlentafeln geben unter den übrigen Konstanten auch die mittleren Leistungszahlen an. Man darf diese Zahlen nur als eine Angabe auffassen, um die ungefähre Größe einer, für eine verlangte Einrichtung notwendige Maschine zu bestimmen.

Wir geben nachstehend eine Zahlentafel, welche die Ergebnisse von Versuchen angibt, die mit einem Steinbrecher aus Gußeisen von guter Ausführung (Gründler in St. Louis U.S.A.) durchgeführt wurden. Es wurde Kalkstein von mittlerer Härte gebrochen mit einer Spaltweite der Brechbacken von 6 bis 75 mm.

Zahlentafel 2. Leistungsangaben für Kalkstein mit Backenbrechern.

Modell Nr.	Obere Öffnung des Brechmaules		Kraft- ver- brauch  HP	Ge- wicht  kg	Leistung in t/Std. durch den Ring von					
	Länge mm	Breite mm			75 mm	63 mm	38 mm	25 mm	19 mm	6 mm
00 . . .	150	120	2—3	250	—	—	1	0,75	0,5	0,25
1 . . .	250	180	5—8	1150	—	5	4	2,5	1,5	0,75
1A . . .	300	200	7—10	1800	—	5,5	4	3	1,5	1
2 . . .	350	230	10—12	1800	—	7	5	3,5	2,5	1,25
3 . . .	400	250	12—15	3850	—	12	6	5	4	—
4 . . .	500	300	20—25	5000	20	17	10	7	6	—
5 . . .	600	300	30—35	6800	30	22	18	12	8	—

**Anmerkung über das Zerkleinern auf nassem Wege.** Wenn sich die zu vermahlenden Rohstoffe dazu eignen, hat man besonders bei der Behandlung der Erze und der Vorbereitung des Kalkes für Zement auf nassem Wege ein Interesse daran, die Zerkleinerungsmaschinen zu bewässern. Diese Bewässerung bietet folgende mehrfache Vorteile:

1. Sie verhindert die Erwärmung der Maschine.
2. Sie vermeidet Verstopfungen.
3. Sie läßt die Anlage eines kleineren Gefälles bei der Entleerung der gemahlten Rohstoffe zu.
4. Sie vermeidet das Entstehen des für die Lager so schädlichen Staubes.
5. Sie erzeugt ein erstmaliges Schlämmen der Rohstoffe. Die Bewässerung einer Zerkleinerungsmaschine, die stündlich 5 t leistet, erfordert ungefähr 100 l Wasser in der Minute oder 6 m<sup>3</sup> in der Stunde.

### III. Backenbrecher, die der Bauart Blake gleichen.

Es gibt mehrere Bauarten, die dem Backenbrecher Blake ähnlich sind. Wir wollen nun einige der bekanntesten einer Prüfung unterziehen.

#### A. Doppelbackenbrecher.

Diese Maschine besitzt eine bewegliche Brechbacke, die aus zwei Teilen besteht, die getrennt von zwei, um  $180^\circ$  gegeneinander versetzten Exzentern angetrieben wird. Die Brechwirkung vollzieht sich abwechselnd auf der einen und auf der anderen Seite der Maschine, also zweimal bei einer Umdrehung der Antriebswelle. Die Bewegung ist deshalb regelmäßiger und die Arbeitsleistung besser verteilt. Für eine gleiche Leistung sind die Beanspruchungen, die durch den Maschinenrahmen übertragen werden, zweimal geringer. Die erforderliche Betriebskraft ist in Wirklichkeit ein wenig geringer.

#### B. Direkt wirkender Backenbrecher, Bauart Telsmith.

(Hersteller Paul Durand, Chalon-sur-Saône). Bei dieser Maschine amerikanischer Herkunft wird die bewegliche Brechbacke unmittelbar

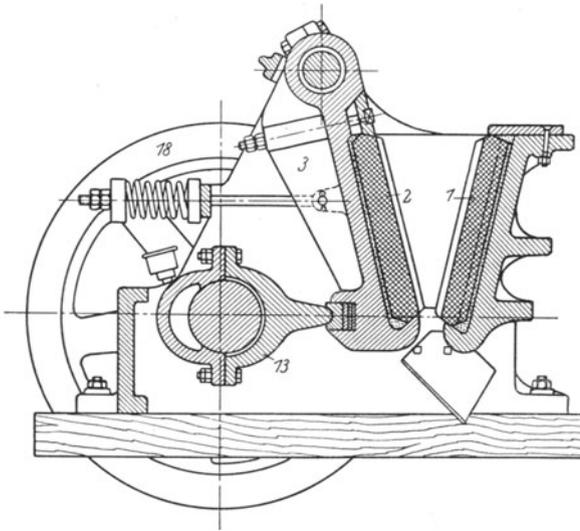


Abb. 8. Steinbrecher Telsmith.

durch den Exzenter angetrieben mit Hilfe einer sehr kurzen Zugstange. Die Anordnung gestattet die Abmessungen des Maschinenrahmens bedeutend zu vermindern und den Mechanismus wesentlich zu vereinfachen (nur 2 bewegte Teile und 5 Lager). Der kurze und gedrungene Maschinenrahmen ist aus Stahlguß hergestellt. Die Antriebswelle und die als Schwungräder

ausgebildeten Riemenscheiben sind unter der Einwurfsöffnung angebracht. Das vermindert den Platzbedarf, vergrößert die Widerstandsfähigkeit der Maschine und erleichtert die Beschickung. Die Exzentrizität ist viel kleiner als bei der Bauart Blake, denn sie überträgt sich vollständig auf die Brechbacken. Dagegen ist der Druck

auf das Exzenterlager ganz bedeutend. Der ganze Zerkleinerungsdruck wird unmittelbar darauf übertragen. Dieser Maschinenteil muß deshalb sehr stark ausgebildet werden und eine besonders breite Tragfläche erhalten, um den Reibungsdruck und den Verschleiß zu vermindern.

Die beiden als Riemenscheiben ausgebildeten Schwungräder sind auf den Enden der Exzenterwelle mittels einer Sicherheitsvorrichtung befestigt, die sie im Falle einer regelwidrigen Beanspruchung frei laufen läßt.

Die Maschine stellt ein zusammengedrängtes, außerordentlich starkes Ganze dar, das gute Resultate ergeben hat selbst bei Zerkleinerung von sehr harten Rohstoffen, wie gewisse Erze von gleicher Härte wie Gußeisen.

Man begreift, daß eine solche Maschine nur dann gute Erfolge ergibt, wenn sie aus allerbesten Baustoffen hergestellt ist, denn alle ihre Teile sind den stärksten Beanspruchungen unterworfen.

### C. Exzenterhebelbrecher.

Bei diesen Maschinen setzt sich der Mechanismus der Bewegungsübertragung auf die bewegliche Brechbacke (Abb. 9) zusammen aus: einem Exzenter ( $f$ ), der auf der Antriebswelle sitzt und sich gegen die Rolle ( $e$ ), welche durch den Hebel ( $s$ ) gehalten wird, mit Hilfe der Feder ( $u$ ) drückt.

Der Winkelhebel ( $s$ ) ist um die feste Welle ( $d$ ) drehbar angeordnet und überträgt seine hin- und hergehenden Bewegungen auf die bewegliche Schwinge ( $b$ ) durch Vermittlung einer kleinen, in der Länge regelbaren Kniehebelplatte ( $g$ ). Die Schwinge wird durch eine Feder ( $t$ ) zurückgezogen.

Die Anordnung der Kraftübertragung und Ausführung ist ein wenig verwickelter, doch ergeben sich dadurch mehrfache Vorteile.

Die durch den Kniehebel gesicherte Vervielfachung übt gleichmäßig abnehmende Drücke auf die in Berührung befindlichen Flächen aus. Andererseits tritt an Stelle der gleitenden Reibung zwischen Exzenter und Zugstange die rollende Reibung zwischen Exzenter und Rolle. Diese letztere ist natürlich viel geringer. Die arbeitenden Flächen sind immer sichtbar und leicht zugänglich und zu bedienen. Endlich liegt die Antriebswelle im Verhältnis zum Maschinenrahmen sehr niedrig und gewährt dadurch eine vollkommene Widerstandsfähigkeit.

Der Drehpunkt ( $d$ ) des Hebels kann über oder unter der Exzenterwelle liegen.

Der Exzenter kann mit einfacher oder doppelter Exzentrizität versehen werden. In dem letzten Fall erhält man zwei Hin- und Hergänge der Brechbacke während einer Umdrehung der Antriebswelle. Diese

Anordnung reguliert die Bewegung und vermindert die Antriebsgeschwindigkeit.

Die Brecher von Sturtevant, Reliance, Champion, Climax, usw. sind in Amerika sehr bekannt und werden nach dieser Bauart ausgeführt.

Der Exzenter- und Hebelbrecher erschien mit dem Brecher „Lion“ (Constructions Industrielles et Minières, Albi.) auf dem Markte. Diese Maschine ist in Abb. 9 dargestellt und bietet mehrere interessante Eigentümlichkeiten.

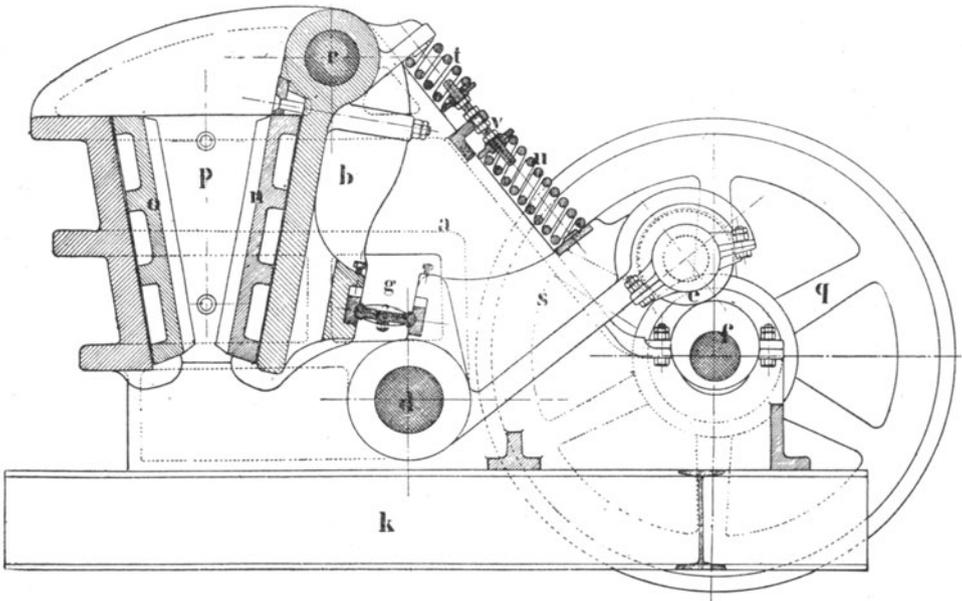


Abb. 9. Schnitt durch einen Exzenterhebelbrecher „Lion“.

Der Maschinenrahmen ist in einem Stück aus Stahlguß hergestellt und mit in zweckmäßiger Weise verteilten Rippen versehen.

Die Schwungräder sind nicht auf die Antriebswelle aufgekeilt, sondern mit dieser durch eine einfache, wirksame und kraftbegrenzte Friktionsvorrichtung verbunden. Die schweren Schwungräder können einen regelmäßigen Gang der Maschine sichern, werden aber sofort automatisch außer Betrieb gesetzt, wenn ein nicht brechbarer Körper, etwa ein Stück Eisen oder etwas Anderes, sich zwischen den Brechbacken festgesetzt hat. Diese Sicherheitsvorrichtung ist sehr zu bevorzugen; denn im Falle eines Vorganges dieser Art hat man kein Ersatzstück auszuwechseln. Es genügt, um die Maschine wieder in betriebsfähigen Zustand zu setzen, sie zu reinigen und die Schrauben, die auf

den Umfang der Friktion wirken, einen Bruchteil einer Umdrehung zurückzuschrauben.

Die Brechbacken des Steinbrechers „Lion“ sind vollständig symmetrisch und gegenseitig auswechselbar, d. h. daß die beiden Brechbacken, die feste wie die bewegliche, genau das gleiche Modell haben, so daß man sie untereinander auswechseln kann und noch mehr, man kann sie Stück für Stück in ihre Lagerstellen zurückbringen.

Die kleine Kniehebelplatte (*g*), die die Bewegung des Kniehebels auf die bewegliche Brechbacke überträgt, ist aus besonders hartem Stahl hergestellt. Im Gegensatz zu dem, was beim Brecher Bauart Blake vorgeht, steht die Tatsache, daß diese kleine Kniehebelplatte relativ nur eine ganz unbedeutende Bewegung in ihren Stützpunkten hat. Deshalb ist der Verschleiß fast gleich Null und es ist deshalb nicht notwendig, dort eine besondere Schmierung vorzusehen.

Zu jedem Steinbrecher wird ein Satz Kniehebelplatten von verschiedener Länge mitgeliefert, damit man den Verschleiß der Brechbacken ausgleichen oder die Stückgröße des Brechgutes verändern kann. Das Auswechseln einer Kniehebelplatte ist das Einfachste der Welt: durch eine Öffnung, die zu diesem Zwecke in der Seitenwand des Maschinenrahmens vorgesehen ist. Vorher muß man die Muttern lösen, welche die Spannung der Rückzugfedern sichern.

Die Rückzugfedern haben bei dem Steinbrecher „Lion“ eine neue, sehr glückliche Lösung gefunden.

Sie stützen sich auf eine am Maschinenrahmen angebrachte Traverse und wirken einesteils auf den Kniehebel (*s*) derart, daß sie eine Rolle (*e*) gegen den Exzenter andrücken, anderenteils auf eine seitwärts herausstehende Knagge an der Schwinge so, daß die bewegliche Brechbacke (*b*) nach hinten zurückgezogen wird. Die Spannung der Federn ist getrennt und selbst im vollen Gange regelbar.

Dank dieser neuen Anordnung werden die gleichmäßigen und sehr kräftigen Rückzugfedern wohl mit Rücksicht auf die Maschine angebracht. Sie versperren keinen Platz und wirken direkt ohne Zuhilfenahme von Zurückzugstangen, die immer dem Verschleiß unterworfen sind.

Der Steinbrecher „Lion“ wird in 6 Größen in regelmäßigen Abständen von  $150 \times 200$  bis  $400 \times 800$  mm Brechmaulweite ausgeführt. Der Kraftverbrauch schwankt zwischen 6 bis 40 HP und die Leistungsfähigkeit entspricht 2 bis 30 t in der Stunde (Hartes Gestein bis 60 mm Stückgröße regulierbar).

Eine Maschine, der gleichfalls ein origineller Gedanke zugrunde liegt, ist im Schnitt in Abb. 10 dargestellt. Eine Art Kurbelwelle wird in Bewegung gesetzt und erteilt einer Zugstange *B* eine hin- und hergehende Bewegung von großem Ausschlag. Diese ist an einen Hebel *C*

angelenkt, der aus zwei durch eine Sicherheitsschraube *D* verbundenen Stücken besteht. Dieser Hebel stützt sich auf den Stellkeil *E* und wirkt durch Vermittlung der Rolle *G* auf die bewegliche Brechbacke *F*. Diese Rolle liegt in einer Aussparung auf der Rückseite der Schwinge und rollt ohne Reibung unter der Wirkung der zusammengesetzten Verschiebung des Hebels und der Brechbacke.

In dieser Maschine:

machen die Maschinenteile, die sich mit großer Geschwindigkeit (Zugstange und Exzenter) große Wege drehen, und erhalten deshalb nur schwache spezifische Kraftäuberungen, ist eine Bruchsicherung (Sicherheitsschraube) vorgesehen, vollzieht sich die Kraftübertragung auf die Schwinge durch rollende nicht durch gleitende Reibung,

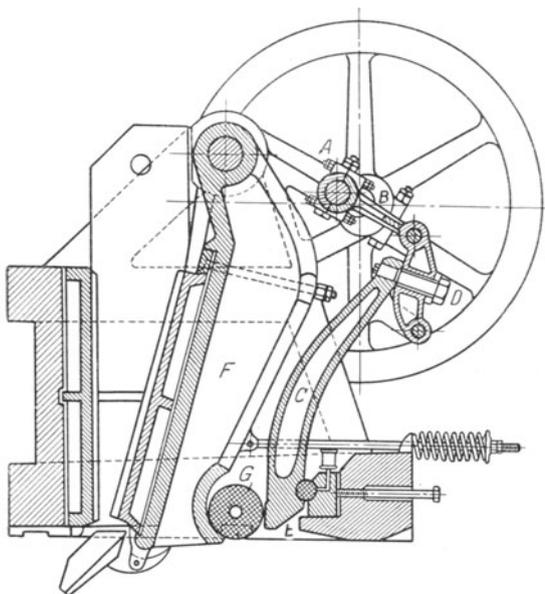


Abb. 10. Schwedischer Brecher.

sind die Abmessungen der Maschine auf das äußerst zulässige Minimum zurückgeführt.

Dieser Steinbrecher ist in Schweden durch die Firma Malcus Holmquist von Holmstad ausgeführt worden.

Zum Schlusse führen wir von den Hebelbrechern noch den amerikanischen Steinbrecher „Aurora“ (The Austin Western Machinery Co.) an, der in Abb. 11 dargestellt ist. Bei dieser Maschine ist der Exzenter sehr weit von den Brechbacken weg, sehr niedrig und an dem hinteren Teil des Maschinenrahmens angebracht. Die Gußstahlzugstange ist andererseits an zwei kleine Zugstangen aus geschmiedetem Stahl angelenkt, die von der Hinter- bis zur Vorderseite des Maschinenrahmens reichen und um eine feststehende Achse am Vorderteil des Rahmens schwingen. In einem Hartstahllager, das an dem oberen Teil der Hauptzugstange angeordnet ist, ruht das äußere Ende eines an die Schwinge angegossenen Hebels. Die Schwinge trägt die Brechbacke. Auch die Schwinge ist beweglich in einem festen Punkte der Zugstange gelagert.

Außerdem ruht dieselbe mittels einer Walze auf einer Rollplatte aus Hartstahl.

Unter der Wirkung des in Umdrehung versetzten Exzenters erhält die bewegliche Brechbacke eine Bewegung, die eine ziemlich verwickelte Wellenbewegung um eine Horizontalachse darstellt. Es sind zwei Wellenbewegungen für eine Umdrehung des Exzenters vorhanden, die bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 300 Umdrehungen in der Minute zehn Bewegungen der Brechbacke in der Sekunde hervorrufen. Daher kommt der regelmäßige Gang des Brechers. Die Regulierung des Feinheit des Brechgutes erfolgt durch die Längenveränderung der kleinen Seitenzugstangen. Es sind hier keinerlei Federungen vorhanden.

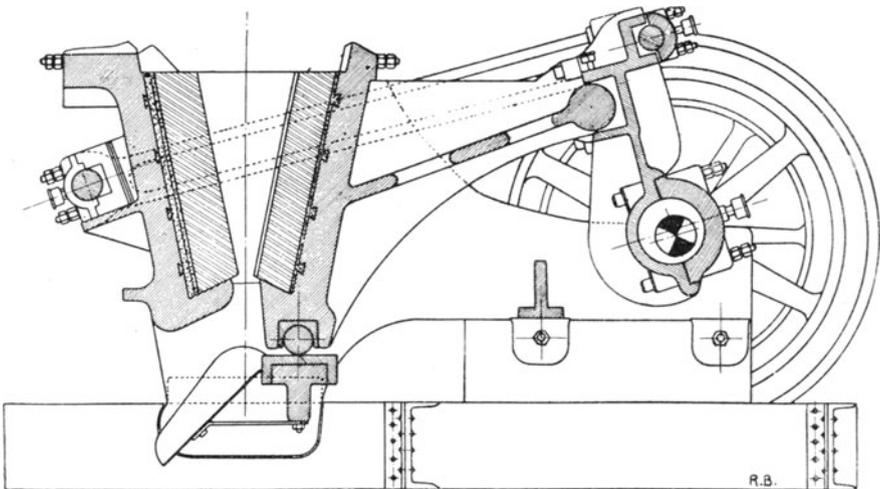


Abb. 11. Steinbrecher „Aurora“ mit Gegenbewegung.

Der sehr langgestreckte Maschinenrahmen aus Stahlguß ist sehr leicht. Er kann auf einem Profileisenrahmen oder einem Fahrgestell montiert werden.

Die Schwungräder und die Antriebsscheibe sind sehr weit zurückgelegt, so daß die Einwurfföffnung gut freiliegt. Die Brechbacken sind umkehr- und auswechselbar. Sie ruhen auf einer dicken Zinkunterlage.

Als Beispiel sei angeführt, daß ein „Western Aurora“-Steinbrecher von  $250 \times 400$  mm Maulweite stündlich 12 bis 18 t von 50 mm Stückgröße bei einem Kraftverbrauch von 10 bis 15 HP erzeugt. Er wiegt ungefähr 4000 kg auf Rahmen und 4600 kg auf Fahrgestell montiert.

Die Grundfläche ist  $1800 \times 2300$  mm und die Höhe des oberen Rahmenrandes von dem Fußboden ist 1050 mm ohne Fahrgestell und 1250 mm mit Wagen.

Das ist doch der hervorragendste Steinbrecher für den Wegebau.

#### IV. Feinbrecher.

Bei den Brechern der Bauart Blake ist der Weg der beweglichen Backe am Austritt des Brechgutes am größten. Es können also Stücke austreten, die größer sind als die Austrittöffnung in der engsten Stellung. Das hat angeuscheinlich keine besondere Wichtigkeit, weil es immer möglich ist, die Maschine so einzustellen, daß man Brechgut erhält, das insgesamt durch den gegebenen Ring geht. Dennoch wird eine beträchtliche Menge Brechgut vorhanden sein, die feiner ist als die gewünschte Körnung. Es kann vielleicht erforderlich sein, ein besser sortiertes Brechgut zu erhalten.

Zwei Maschinensorten entsprechen diesem Zweck:

1. Feinbrecher von der Bauart Dodge und ähnliche,
2. Steinbrecher mit Mahlwirkung Bauart Simplex, Barthelmeß, usw.

Bei den ersteren liegt der Drehpunkt der Schwinge unten an der Maschine, anstatt oben so, daß während der Schwingung der beweglichen Brechbacke diese am Austritt eine Ausladung von fast Null hat. Diese Tatsache gestattet ein relativ feines und gleichmäßig gekörntes Brechgut zu erzielen, da die Maschine genau auf gleichbleiben-

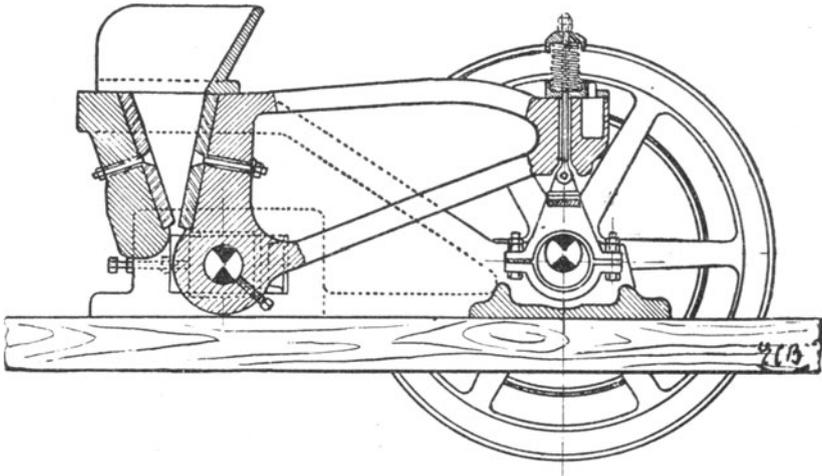


Abb. 12. Schnitt durch einen Dodge-Steinbrecher.

dem Durchgang arbeitet. Der Antrieb der beweglichen Backe vollzieht sich wie bei den schon beschriebenen Brechern durch einen Mechanismus aus Zugstange und beweglicher Platte (Brecher Krom), durch unmittelbare Wirkung des Exzenters auf einen Hebel auf der Schwinge (Brecher Dodge) oder endlich durch einen Exzentermechanismus und Rolle (Feinbrecher Sturtevant). Der mustergültige Typ dieser Ma-

schinensorte, bekannt unter dem Namen Dogde-Brecher, ist in Abb. 12 abgebildet. Die Schwinge pendelt um einen festen Punkt am Hinter- teil der Maschine. Das Rohmaterial wird gebrochen und fällt ruck- weise allmählich herunter. Diese Maschine kann sehr fein eingestellt werden und erzeugt eine Arbeit wie ein Vorbrecher und ein Walzwerk zusammen, allerdings nur für mittlere Leistungen. Er wird verwendet für die Herstellung von Beton oder zum Vorbrechen von harten Roh- stoffen zum Mahlen in Walzenmühlen oder Kollergängen. Eine der

hauptsächlichen Verwendungsarten ist das Nachzer- kleinern von Rück- ständen oder des Brechgutes, das schon einmal durch einen Steinbrecher gegangen ist, zu einem höheren Fein- heitsgrad als der- jenige der Lochun- gen der Kontroll- trommeln.

Ein Dodge-Bre- cher von  $200 \times 300$  mm Maulweite leistet 3 bis 5 t stündlich durch den Ring von 25 mm Durchmesser bei einem Kraftauf-

wand von 10 HP. Das Gewicht der Maschine beträgt etwa 2700 kg.

Die Feinbrecher mit Mahlwirkung bringen die gleiche Arbeit her- vor wie die soeben beschriebenen, aber ihre Ausführung beruht auf einem etwas anderen Arbeitsgrundsatz. Hier dient die Exzenterwelle gleichzeitig als Bewegungsachse für die Schwinge. Die bewegliche Brechbacke (Abb. 13) erhält durch den Exzenter eine beständig oszillierende Bewegung (Brechen durch Quetschen) und eine senk- rechte Bewegung gegen die feste Brechbacke (Brechen durch Rei- bung), veränderlich je nach der Lage der Kniehebelplatte. Wenn diese Platte auf das untere Hebellager der Schwinge und auf das obere des Stellkeiles gelegt wird, macht die Maschine nur Grob- bruch. Man erhält dann Makadam, Schotter oder Brechgut in großen Stücken.

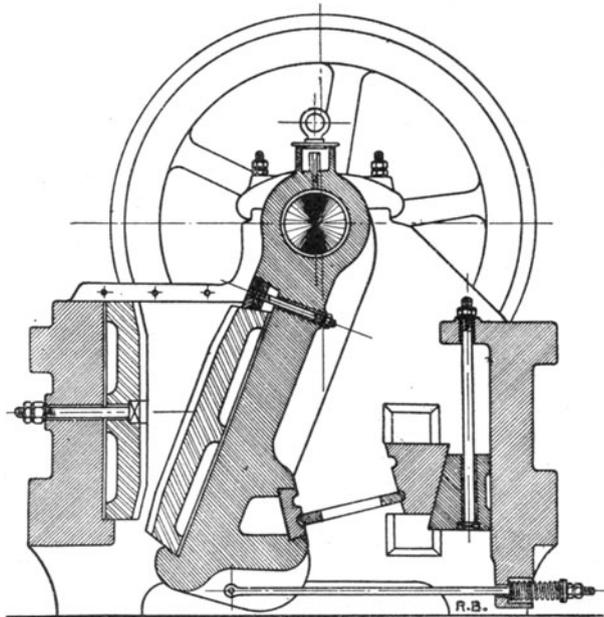


Abb. 13. Schnitt durch den Feinbrecher Simplex.

Legt man die Kniehebelplatten in die oberen Hebellager, ergibt sich Kies und Feinbruch.

Wenn endlich die Kniehebelplatte in den unteren Hebellagern liegt und die Brechbacken sind gerade und mit feinen Rillen versehen, so erhält man Sand und Kies bei einer Spaltweite der Brechbacken von 15 mm oder nur Sand bei 7 bis 8 mm.

Diese Maschine eignet sich also infolge ihrer reichlichen Erzeugung an Feinbruch ganz besonders zur Herstellung von Feinschlag für Beton, weil sie zu gleicher Zeit Schotter in gewünschter Größe und die zur Herstellung von Mörtel notwendige Menge an Kies und Sand liefert. Sie findet gleichzeitig Verwendung im Bergwerksbetrieb und bei der Zerkleinerung von Kalk und Zement.

Sie wird von verschiedenen französischen und ausländischen Fabriken (Alpine Maschinenfabrik, Augsburg u. a.) hergestellt, besonders aber von der Fabrik Bergeaud in Mâcon unter dem Namen „Simplex“-Brecher.

Die nachstehende Zahlentafel 3 bezieht sich auf amerikanische Feinbrecher.

Zahlentafel 3. Maße und Leistung der Feinbrecher.

Modell Nr.	1	2	3	4	5	
Maulweite . . . . .	100	200	230	250	350	
Umdrehungen i. d. M. . . . .	150	300	350	400	500	
Gewicht . . . . . kg	400	340	300	300	230	
Kraftverbrauch . . . . . HP	250	1500	2200	3500	6800	
Leistungsfähigkeit in $\frac{t}{Std.}$ durch den Ring von	65 mm	2—3	8—10	10—12	15—20	25—30
	40 mm	—	3,5—5	5—7	10—12	20—27
	25 mm	0,5—0,7	2,5—3,5	4—5	6—7	15—17
	19 mm	0,4—0,5	2—2,5	2,5—3,5	5—6	10—12
	6 mm	0,3—0,4	1,5—2	2—3	4—5	6—8
	0,2—0,3	0,8—1,2	1—1,4	—	—	

Eine sehr interessante Abart dieser Maschinenart ist der Brecher „Barthelmess“ der Rheinischen Maschinenfabrik in Neuß (Abb. 14). Diese Maschinen werden in zwei Größen gebaut. Modell *BZ* für halbharte Rohstoffe (Phosphate, Schwespat, Ziegelsteine, Salz, Pottasche, Schlacken, Kalk, Asphalt) und ein verstärktes Modell *VBZ* für harte Rohstoffe. Die Abb. 14 bezieht sich auf die Ausführung *BZ*.

Der Maschinenrahmen trägt die feste Brechbacke aus Hartguß. Diese Brechbacke ist mit horizontal liegenden Riffeln versehen und wagrecht in mehrere Teile geteilt. Der untere auf beiden Seiten geriffelte Teil kann leicht umgedreht werden. Die bewegliche Brechbacke ist aus Stahlguß hergestellt. Sie ist unmittelbar an die Exzenterwelle angebaut, die sie so antreibt, daß zu derselben Zeit, wenn die oszillierende Bewegung des Zerquetschens stattfindet, eine auf- und niedergehende Bewegung zum Zerreiben vor sich geht. Am unteren Teil sind die bei-

den Brechbacken durch zwei gefederte Stahlzugstangen verbunden, die den am Austritt des Brechgutes erzeugten Druck übertragen und zu gleicher Zeit zur Einstellung der Brechfeinheit dienen. Auf jeder Zugstange befindet sich eine Feder und eine Brechkapsel.

Die bewegliche Brechbacke trägt an ihrem Oberteil eine Aufgabeschurre aus Blech, die durch ihre Bewegung eine selbsttätige Aufgabevorrichtung bildet. Dieses Blech kann gelocht sein und so einen Vorsortier-

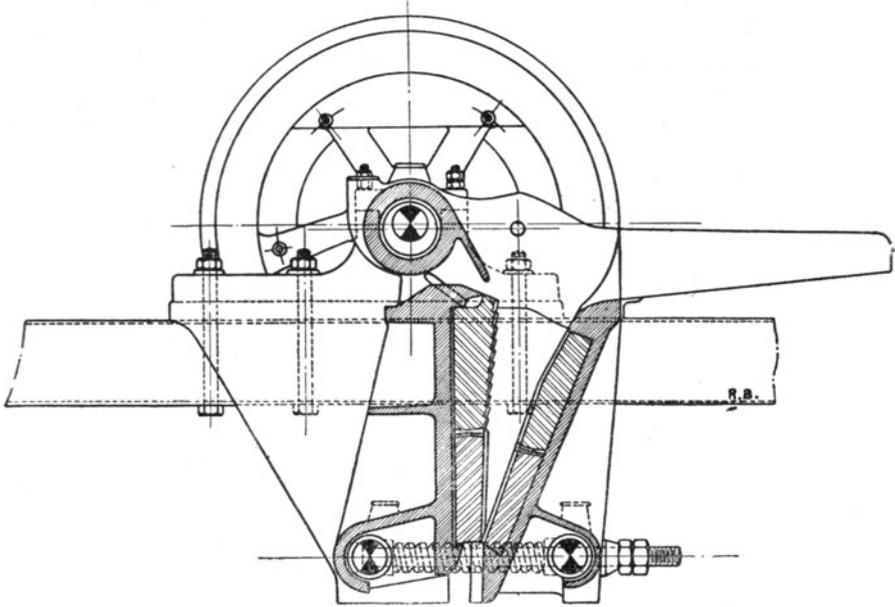


Abb. 14. Schnitt durch den Barthelmeß-Brecher.

rost zum Ausschneiden des Feinen ersetzen. Ebenso kann man die gleiche Vorrichtung an dem unteren Teil der beweglichen Brechbacke anbringen, indem man ein geneigtes Flachsieb zum Sortieren des Brechgutes befestigt.

Diese wenig Platz einnehmende Maschine läßt sich leicht auf einem Boden in der Höhe der Aufgabeschurre aufstellen. Sie paßt ebenso gut zur Herstellung von Grobgut als zur Feinzerkleinerung verschiedener Rohstoffe.

## V. Brecher für weiche oder halbharte Rohstoffe.

Für halbharte Rohstoffe wie Kohle, Gips, Salz, gebranntem Kalk usw. haben die Fabrikanten Brecher leichter Bauart, als die vorhergehend beschriebenen, gebaut, die bei gleicher Leistung weniger schwer und billiger sind.

So wiegt ein Brecher für harte Rohstoffe mit  $640 \times 400$  mm Maulweite 12500 kg, braucht 18 HP Betriebskraft und gibt eine Leistung von 12500 kg durch den Ring von 50 mm Durchmesser. Der Brecher leichter Bauart für halbharte Rohstoffe wiegt nur 8000 kg und leistet 18000 kg Brechgut in der Stunde durch den Ring von 50 mm Durchmesser bei nur 8 HP Kraftverbrauch.

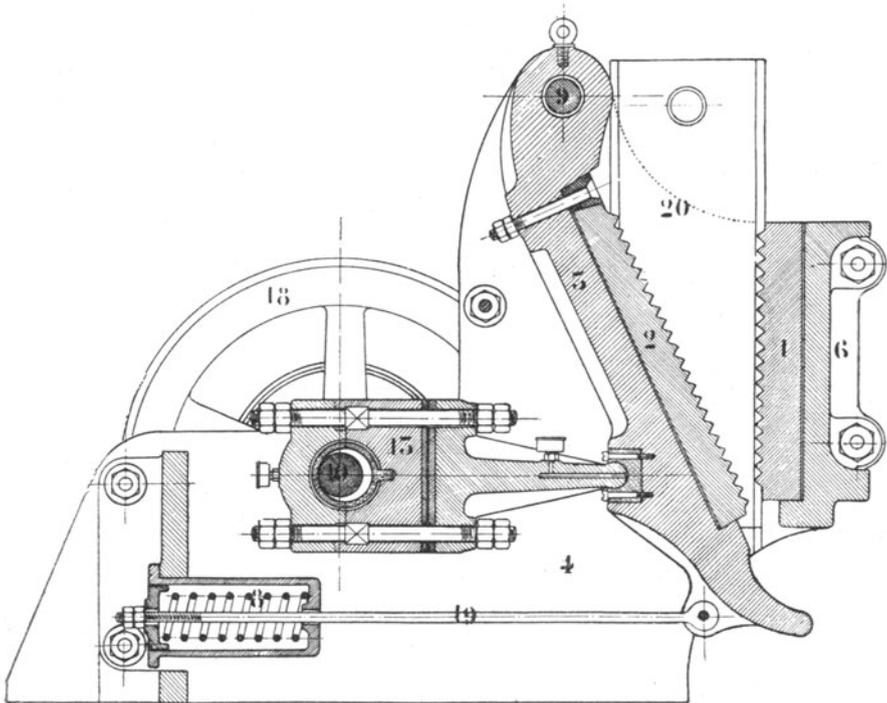


Abb. 15. Brecher für halbharte Rohstoffe.

Die Brecher für weiche Rohstoffe werden häufig nach der Anordnung Abb. 15 ausgeführt. Die Schwinde, die die bewegliche Brechbacke trägt, wird möglichst hoch aufgehängt und unmittelbar durch die mittels Exzenter angetriebene Zugstange bewegt. Bei der in der Abb. 15 dargestellten Brecherart ist die bewegliche Brechbacke in zwei Teile geteilt, die unmittelbar durch um  $180^\circ$  versetzt befestigte Exzenter angetrieben werden. Das ist nun eine Maschine mit doppelter Wirkung geworden. Der Maschinenrahmen ist auseinandernehmbar und wird durch zwei Gußseitenteile, die durch Distanzbolzen zusammengehalten werden, gebildet.

Wenn man nun ein gleichmäßig gekörntes Brechgut herzustellen wünscht, vertritt die Exzenterantriebswelle die Oszillationswelle an

der Schwinge. Der Brecher arbeitet dann wie ein Granulator mit feststehender Spaltweite nach der bereits beschriebenen Arbeitsweise des Simplex-Brechers.

## VI. Brecher zur Gieß- und Mehlerzeugung.

Zuweilen ist man bei der Zerkleinerung von Rohstoffen auf genügend große Feinheit, zum Beispiel bei der Herstellung von Sand aus hartem

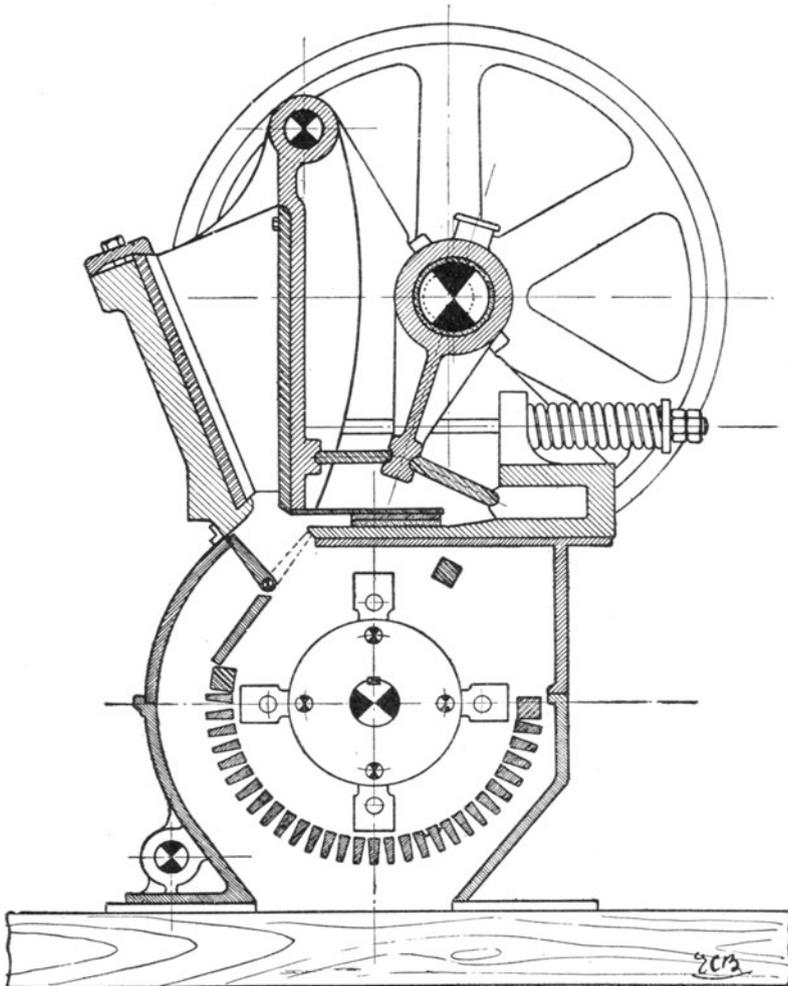


Abb. 16. Steinbrecher Hammermühle „Jeffrey“.

Gestein, genötigt, einen Backenbrecher, der das Vorbrechen besorgt mit einem Walzwerk zu vereinigen, welches die Zerkleinerung vollendet

In der Absicht, die Ausmaße der ganzen Einrichtung zu verringern, sowie zu gleicher Zeit den Antrieb zu vereinfachen und die Verwendung von Hilfsmaschinen zur Aufrechterhaltung des Betriebes zu vermeiden, haben verschiedene Fabrikanten die zusammengebauten Maschinen auf den Markt gebracht.

Die Fabrik Bergeaud in Mâcon richtet die Modelle ihrer Walzwerke mit einer Hobelfläche am oberen Teile des Maschinenrahmens so ein, daß sie einen Backenbrecher Bauart „Simplex“, der unmittelbar in das Walzwerk ausschüttet, aufnehmen können. Diese beiden Maschinen können je nach Wunsch entweder zusammen oder auch unabhängig voneinander arbeiten.

Andere Fabrikanten haben die Maschinen mit gemeinsamen Maschinenrahmen und Antrieb gebaut, bei welchen die bewegliche Brechbacke unmittelbar durch den Exzenter angetrieben wird.

In einem wie dem anderen Falle sind Verstopfungen zu befürchten und es ist eine unumgängliche Tatsache, daß es leichter ist, ohne besondere Demontage die Walzen herauszunehmen, als die ganze Maschine auseinanderzunehmen.

Eine solche ist in Abb. 16 dargestellt und besteht aus einer Hammermühle, auf die ein Backenbrecher aufgebaut ist. Die Maschine hat einen gemeinschaftlichen Antrieb. Der Brecher kann allein arbeiten, indem man die Hammermühle ausrückt und die Stellung der beweglichen Klappe ändert. Diese letztere läßt das Brechgut entweder in die Mühle oder hinter dem Rost vorbei fallen.

Diese eben beschriebene, von der Jeffrey Mfg. Co. gebaute Maschine gestattet die Herstellung von Mehl in einem Durchgang aus Kalksteinstücken, die unmittelbar aus dem Bruche kommen. Diese Maschine bringt eine Vermahlung hervor, die in normalen Zerkleinerungsmaschinen durchaus ungewöhnlich ist. In Amerika wird sie besonders für die Bedürfnisse der Landwirtschaft verwendet. Wir geben weiter unten ausführliche Auskünfte über diese Maschine (siehe achttes Kapitel).

## VII. Zerkleinerungsmaschinen für mürbe Rohstoffe.

Zur Verarbeitung gewisser brüchiger Rohstoffe, besonders bei der Zerkleinerung von Kohle und Koks, ist es von großer Wichtigkeit, das Entstehen von Feinem (Mehl) zu vermeiden, da dieses im Handel minderwertiger ist als die körnigen Erzeugnisse.

Die Zerkleinerungsmaschinen, die wir nun betrachten wollen, arbeiten durch Druck zwischen mehr oder weniger geriffelten Flächen und üben ihre Wirkung durch ein teilweises Zerdrücken aus. Das aber erzeugt immer eine beträchtliche Menge an Feinem.

Man hat sich veranlaßt gesehen, verschiedene Maschinen zu erfinden, um diesen Übelstand zu beseitigen.

Bei den gezahnten Walzenmühlen wird der Rohstoff zwischen zwei Walzen hineingezogen, die mit Zähnen von rechteckigem Querschnitt versehen sind. Indem diese Zähne in die zu zerkleinernden Rohstoffstücke eindringen, zertrümmern sie diese wie Keile durch Zerteilen.

Der Maschinenteil, welcher die Zähne trägt, besteht aus einzelnen, im Falle des Bruches eines Zahnes auswechselbaren Segmenten. Diese Maschinen eignen sich gut zum Brechen von großstückiger Kohle, und Zerkleinern von Teerabfällen. Die Bauausführung ist gleich derjenigen der Walzwerke, die wir im vierten Kapitel betrachten werden.

Wenn aber die Kohle oder der Kalk brüchig ist, erzeugen die Zähne durch ihre mit Drehung und Eindringen vereinigte Bewegung eine gewisse Zertrümmerung, welche sich in der Erzeugung von Feinem äußert. Die Abb. 17 zeigt eine Ansicht im Schnitt eines Walzenbrechers, der sich besonders für Kohle und Koks eignet.

Diese Maschine besteht aus einer mit spitzen Zähnen besetzten Walze, die sich langsam gegen eine Rostplatte mit schneidenden Rippen bewegt. Diese Platte wird von einer hin- und hergehenden Schwinge, die die Entfernung von der Brechwalze regelt, getragen. Die Kohle wird zwischen Walze und Platte aufgegeben und zwar in Stückgrößen, die ungefähr den Halbmesser der Brechwalze erreichen können. Die durch die Umdrehungsbewegung erfaßten Stücke werden einerseits zwischen den mit Schneide versehenen Rippen und andererseits von den scharfen Zähnen zerschnitten.

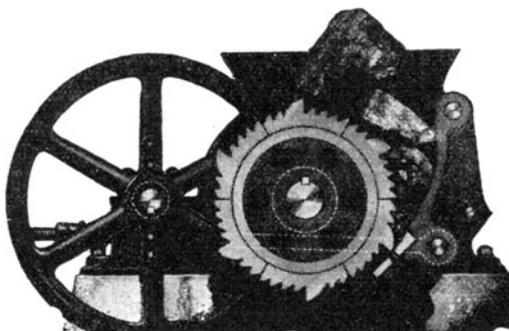


Abb. 17. Brecher mit Walze und Riffelplatte.

Die Abb. 17 stellt einen Kohlenbrecher „Jeffrey“ mit einer Walze dar. Wie geben davon hierunter eine Beschreibung:

Der Maschinenrahmen ist sehr schwer und stark in Hohlguß ausgeführt. In das Innere desselben sind die Walze und die schwingende Rostplatte eingebaut.

Die Brechwalze dreht sich in langgebauten Fettlagern. Sie besteht aus einer vielseitigen Trommel, auf welcher die gezahnten, aus Weißgußeisen oder Manganstahl hergestellten Platten aufgeschraubt sind.

Der Maschinenrahmen und der Trichter sind so angeordnet, daß es

genügt, die leichten Schutzplatten aufzuheben, um den Zugang zu den Schrauben zu bekommen, so daß man die Zahnsegmente herausnehmen und wieder einlegen kann, ohne weder den Trichter noch die Walze wegzunehmen zu müssen.

Die Brechplatte ist mit Hilfe eines Bolzens am Oberteil aufgehängt und wird am Unterteil durch zwei verstellbare Bolzen festgehalten, so daß die Entfernung zwischen der Brechplatte und der Brechwalzenoberfläche eingestellt werden kann. Schmale Schlitzlöcher sind in der Brechplatte angebracht, die den großen Zähnen den Durchgang gestatten, ohne aber die großen Rohstoffstücke mitziehen zu können. Die großen Zähne besorgen die Arbeit der Zuführung und gleichzeitig die Vorzerkleinerung der zu großen Stücke, die kleinen Zähne vollenden die Zerkleinerung der in den Brechraum der Maschine gelangten Stücke.

Unmittelbar in die Maschine eingebaut befindet sich die Antriebswelle, die die Brechwalze mittels zweier, sehr schwer gebauter Zahnräder bewegt. Die Antriebsscheibe dient gleichzeitig als Schwungrad.

Die Maschine nimmt jede beliebige Menge an Aufgabegut auf, die unmittelbar in den unter den Waggons aufgestellten Trichter fällt; ebenso wird ohne Zuhilfenahme von Verstopfungen verhütenden Aufgabevorrichtungen das Rohmaterial aus der mechanischen Schaufel oder dem Seilbahnwagen aufgenommen. Sie kann mit voller Belastung angelassen werden, ohne einen Bruch oder abnormalen Verschleiß befürchten zu müssen.

Eine doppelte Bruchsicherung ist bei dieser Maschinenkonstruktion vorgesehen. Die Einstellbolzen der Brechplatte sind mit starken Federn verschraubt, die eine gewisse Elastizität im Falle des zufälligen Hineinkommens eines Metallstückes oder anderer gefährlicher Gegenstände zulassen. Außerdem ist die als Schwungrad ausgebildete Antriebsscheibe mit der Maschine durch Holzkeile verbunden, die im Falle der ungewöhnlichen Kraftbeanspruchung brechen.

Die Verstellung der Einstellbolzen, welche den Zwischenraum zwischen Brechplatte und Brechwalze beherrscht, gestattet die Abmessungen der Stückgröße des geforderten Brechgutes von 25 bis 150 mm zu verändern.

Ein praktisches Mittel, um die Leistungsfähigkeit eines solchen Brechers für bituminöse Steinkohle annähernd zu berechnen, ist ein Drittel des „Ruban“ (Materialband) zu nehmen. Man versteht unter „Ruban“ das Produkt des rechtwinkligen Raumes, der zwischen Brechwalze und Brechplatte gebildet wird, und der Umfangsgeschwindigkeit der Brechwalze.

Weiche und brüchige Kohle bricht unter einfachem Druck, infolgedessen wird der Zwischenraum der Walzen, um auf eine gleiche Stückgröße zu zerkleinern, für brüchige Kohle größer sein müssen, als für

eine harte und zähe Kohle. Die Leistung bei einer weichen Kohle wird höher sein, als bei einer harten.

Die nachstehende Zahlentafel 4 gibt die Geschwindigkeiten an; mittlerer Kraftverbrauch und Leistungsfähigkeit stützen sich auf praktische Versuche. Eine Abweichung der Geschwindigkeit um 50% mehr oder weniger, als die angegebene, ist zulässig. Die anderen Angaben in bezug auf Leistung und Kraftverbrauch werden im gleichen Verhältnis sich ändern.

Zahlentafel 4. Einwalzenbrecher mit Brechplatte.

Modell Nr.	1	2	3	4
Maulweite . . . . . mm	450 × 450	600 × 600	750 × 750	900 × 900
Umdrehungen i. d. M. . . . .	75	60	50	40
Kraftverbrauch . . . etwa HP	15	30	40	60
Leistungsfähigkeit in t/Std durch Ring von	25 mm	20	30	50
	32 „	25	35	50
	37 „	30	45	60
	50 „	40	60	80
	62 „	—	75	100
	75 „	—	90	120
	100 „	—	150	175
Gewicht . . . . . etwa kg	1450	2950	4750	9000
Größte Stückgröße des Aufgabegutes . . . . . mm	200	350	500	500
Raumbedarf .	Länge etwa mm	1450	1700	2000
	Breite „ „	1300	1600	1900
	Höhe „ „	625	850	950

Diese Einwalzenbrecher finden in Amerika vielfach Verwendung zur Zerkleinerung von Kohle, so wie sie aus dem Bergwerk oder aus den Zentralstationen kommt. Man kann sie aber auch zum Brechen von Kalksteinen gebrauchen. Verschiedene amerikanische Zementfabriken verwenden diese Maschinen auch als Vorbrecher. Die American-Lime and Stone Co. gebraucht in ihrer modernsten Fabrik in Bellefonte (Pa) einen Brecher von Mac. Lanahan von 900 mm Durchmesser und 1500 mm Länge und wird dieser durch einen 250 HP Motor angetrieben. Diese Maschinenart wird von Allis-Chalmers Co. unter dem Namen Brecher „Fairmount“ hergestellt und ist ebenfalls sehr verbreitet. Eine solche Maschine hat man auch in Frankreich für die Société des Ciments Romains Boyer aufgestellt. Dieser mit einer Brechwalze von 600 mm Durchmesser und 1220 mm Länge ausgerüstete Brecher kann Steinstücke von 300 × 400 mm aufnehmen und sichert eine Mindestleistung von 75000 kg Kalkstein in der Stunde mit einem Antriebsmotor von 75 bis 100 HP. Das Gewicht des Brechers beträgt 25000 kg.

Diese Maschinenart besitzt den Vorteil, keine mechanische Aufgabevorrichtung benötigen zu müssen und die Zerkleinerung von feuchten

und klebrigen Rohstoffen, wie Kreide, Mergel, Kalk, Phosphate, usw. zuzulassen.

Verschiedene deutsche Fabrikanten stellen Messerbrecher für brüchige Rohstoffe her, deren Grundgedanke von denen der bisher beschriebenen Maschinen abweicht. Die Eigenart ihrer Arbeitsweise besteht darin, das Brechgut mit den Messern, welche in dasselbe eindringen, zu zerteilen, indem sie die Bruchstücke gegen eine gelochte

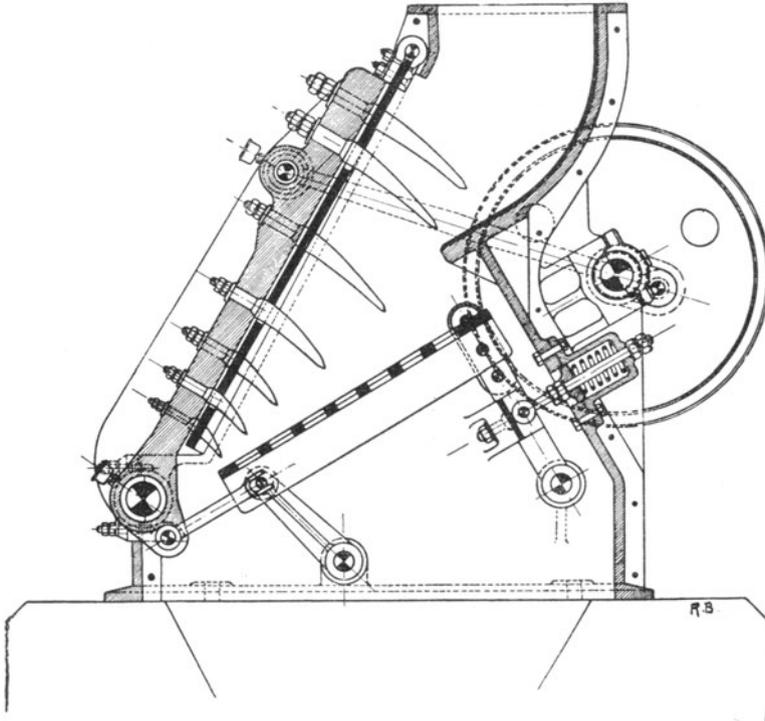


Abb. 18. Messerbrecher für Kohle.

Platte ohne Zerquetschen noch Staubentwicklung drücken. Die Messer sind in einer beweglichen Schwinge befestigt, die am unteren Teil drehbar und mittels einer Zugstange in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt wird (Abb. 18). Der durch kleine Lenkstangen bewegte Rost wird gleicherweise in eine Rüttelbewegung versetzt. Diese Maschine wird von Fr. Méguin in Dillingen an der Saar in zwei Größen gebaut, die 15000 bis 25000 kg leisten. Kraftbedarf 6 und 8 HP. Gewicht 3250 und 4200 kg.

**Der Zahnbrecher** (Abb. 19) aus der Fabrik Paul Durand bringt eine andere, sehr glückliche Lösung. Ein sehr starker Gußrahmen ent-

hält Gleitflächen, in welchen sich 4 Spitzenträger führen und in 2 Gruppen zu zweien sich gegenüberstehend angeordnet sind. Der Antrieb erfolgt durch gekreuzte Schubstangen derart, daß die oberen Gleitstücke auseinandergehen, während die unteren sich nähern. Dieses Spiel wiederholt sich wechselweise. Das wird erreicht durch wechselweises Verschieben des linken oberen Gleitstückes mit dem rechten unteren und des rechten oberen mit dem linken unteren Gleitstück.

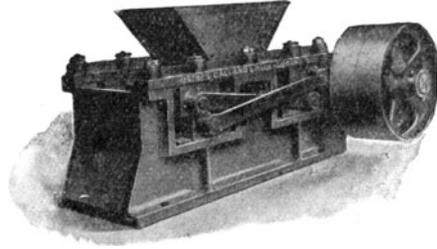


Abb. 19. Zahnbrecher, Bauart Galland.

Koks oder Kohlen, die zwischen die beiden Gleitstückgruppen aufgegeben werden, werden nacheinander jeder dieser Behandlung unterworfen. Da keine anderen Stützflächen vorhanden sind als die Zähne, die eine geradlinige Bewegung ausführen, so wird das Entstehen von Feinem auf ein Minimum zurückgeführt. Die unten angefügte Zahlentafel zeigt die mit mittelharter Kohle ausgeführten Versuchsergebnisse:

Korngröße des Brechgutes	Prozente
0—10	6,8
10—30	14,5
30—65	73,0
über 65	6,0

Die Zähne sind sehr spitz und von rechteckigem Querschnitt. Sie sind aus Gußstahl hergestellt und leicht auswechselbar.

Diese Maschine wird in 4 Größen ausgeführt nach den untenstehenden Angaben:

Zahlentafel 5. Spitzenbrecher.

Nr.	Stundenleistung	Aufgabeöffnung	Gewicht
1	7 bis 8 t	700 × 350 mm	ca. 1,150 kg
2	12 „ 15 „	950 × 500 „	1,900 „
3	20 „ 25 „	1100 × 650 „	3,200 „
4	30 „ 40 „	1300 × 800 „	7,400 „

**Brechschnecke.** Diese Maschinen finden zum Vorzerkleinern halbharter Rohstoffe Verwendung wie: Trockener Ton, Schwerspat, Kalk, Ziegelbrocken, Marmor, Gips, Schlacken, Sulfat, Soda, usw., bevor sie von Feinmahlmachines verarbeitet werden. Die Aufgabestücke können die Größe von 120 bis 150 mm erreichen. Das gebrochene Gut hat je nach der Einstellung eine Korngröße von ungefähr 6 bis 12 mm. Die

Zerkleinerung findet in einem viereckigen Gehäuse statt, in dessen Mitte sich eine Brechschnecke befindet, deren Welle sich in zwei Lagern dreht, die zum Schutze gegen Staub außerhalb des Gehäuses angeordnet sind. Die Brechschnecke hat eine Tiefe von ungefähr 5 cm und ist in der Mitte gebrochen, um eine gleichmäßige Verteilung der Rohstoffe zu sichern. Sie ist aus Hartguß hergestellt, der unmittelbar um die Stahlachse herumgegossen ist. Die inneren Seitenwände des Ge-

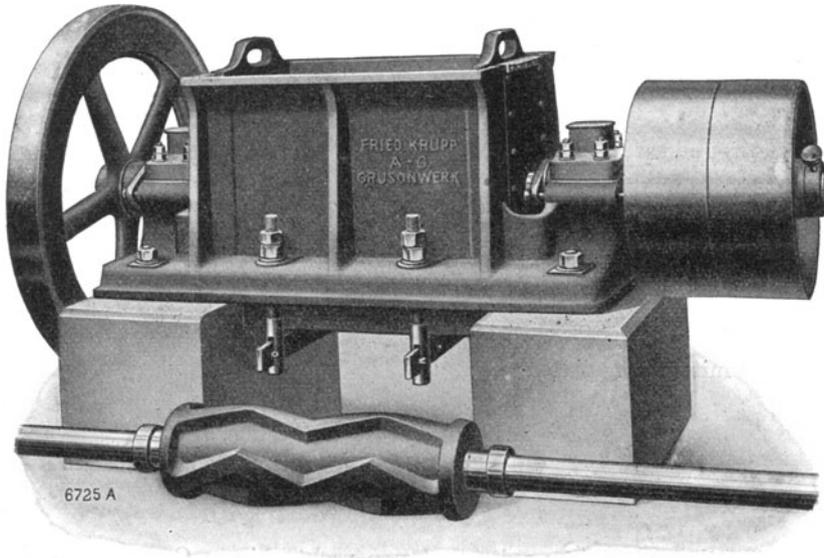


Abb. 20. Brechschnecke.

häuses sind mit Hartgußplatten verkleidet, dagegen wird der Boden durch einen Rost gebildet, durch welchen das gebrochene Gut austritt. Der Rost ist aus von außen her einstellbaren Roststäben zusammengesetzt. Diese Vorrichtung gestattet ihren Verschleiß und den der Schnecke auszugleichen. Ein schweres Schwungrad auf der einen Seite und Fest- und Losscheibe auf der anderen Seite sind unmittelbar auf der Welle befestigt.

Fried. Krupp-Grusonwerk baut diese Maschine in vier Größen. Der Schneckendurchmesser schwankt zwischen 180 bis 300 mm; die Leistung von 2000 bis 7000 kg (das Brechgut auf 6 mm zerkleinert) bei einem Kraftverbrauch der entsprechend von 3 bis 10 HP schwankt. Das Gewicht der Maschinen beträgt 1000 bis 4000 kg.

## Zweites Kapitel.

**Rundbrecher.**

Der Rundbrecher trat vor etwa 30 Jahren in Erscheinung. In den Vereinigten Staaten, wo diese eigenartigen Maschinen von Gates und Mc. Cully geschaffen wurden, nahm die Verwendung derselben von 1900 ab eine gewaltige Ausdehnung an. In Europa und besonders in Frankreich wurde diese Maschine wenig bekannt. Die deutschen Fabrikanten hatten dagegen schon vor dem Kriege genügend Sonderkonstruktionen geschaffen. Seit einigen Jahren aber haben auch die Fabrikanten in Frankreich ihre Aufmerksamkeit auf solche Maschinen gerichtet, so daß der Rundbrecher, obgleich er seit langer Zeit schon eine bekannte Maschine ist, nach französischer Auffassung eine Neuheit bedeutet, die uns ein Vergnügen machen wird, sie hier in einer etwas längeren Ausführung unseren Lesern vor Augen zu führen.

Die Abb. 21 stellt einen Rundbrecher von der Bauart dar, welche von den deutschen Fabrikanten geschaffen wurde.

**I. Beschreibung und Arbeitsweise.**

Der obere Teil des Maschinenrahmens oder das Mittelstück (26) bildet den Brechraum. Im Innern ist er ausgekleidet mit gewölbten Segmenten aus sehr hartem Eisen (2). Eine sehr kräftige Hauptwelle (38) ist an ihrem oberen Ende mittels eines Kugelstückes (21) aufgehängt. Dieses Kugelstück stützt sich auf einen zweiarmigen Bügel (37), der wie eine Brücke über der Einwurfoffnung des Brechers angeordnet ist. Der untere Teil der Hauptwelle ragt in eine exzentrische Lagerhülse hinein (5). Diese exzentrische Lagerhülse wird in einem mit dem Maschinenrahmen festverbundenen Lager geführt und erhält eine Drehbewegung vermittelt eines konischen Zahnradantriebes (8) und (6) der Antriebswelle (14).

Die Hauptwelle (38) wird durch ihren unteren Teil einer Kreisbewegung von geringem Umfang unterworfen. Andererseits ist sie in einem Fixpunkte aufgehängt und ihre Mittellinie beschreibt kurz eine konische Pendelbewegung. Auf dieser Pendelwelle (38) ist ein glatter oder mit Riffeln versehener Konus aus Hartstahl (1), der Brechkegel genannt wird, befestigt. Dieser Teil befindet sich in der Höhe des Brechgehäuses.

Die in den Trichter (23) geworfenen Rohstoffe fallen durch die zwei, an jeder Seite des Bügels freigelassenen Öffnungen, in den ringförmigen Raum zwischen Brechkegel und dem Brechring. Unter der

konischen Kreisbewegung der Hauptwelle nähert sich der Brechkegel der Reihe nach jedem Punkte des Umfanges. Im Verlauf dieser Bewegung werden die großen Stücke zwischen die beiden Oberflächen eingekeilt und zertrümmert. Nach diesem Zerkleinerungsvorgang ent-

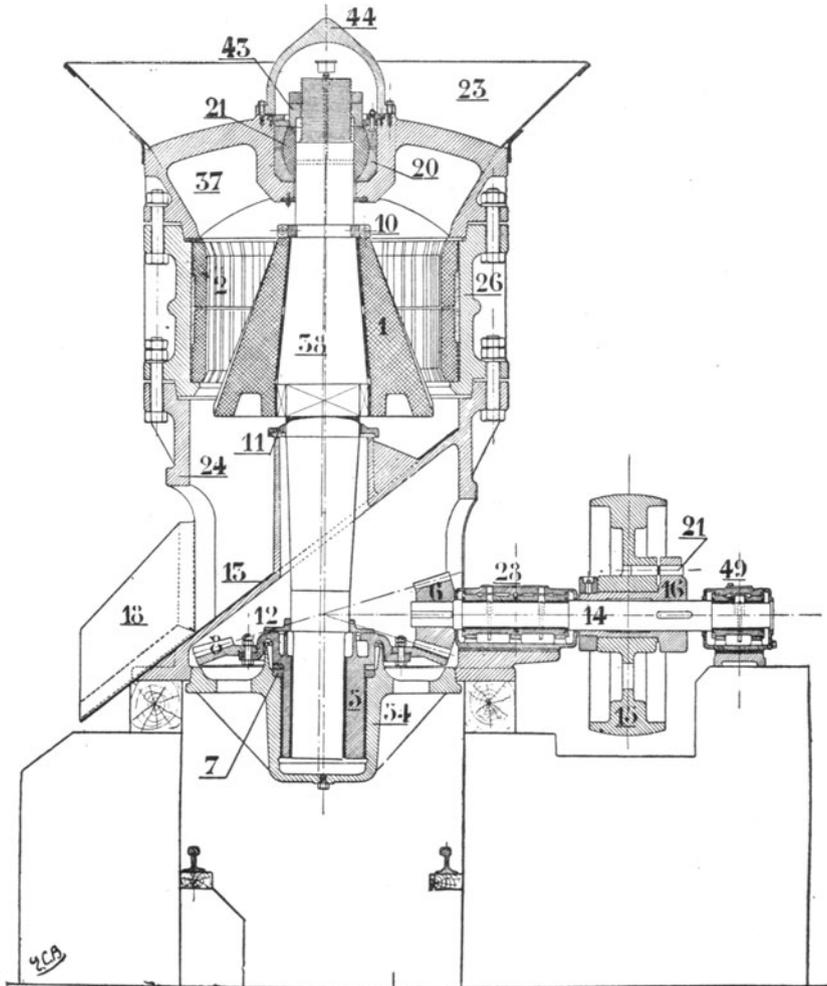


Abb. 21. Schnitt durch einen Rundbrecher.

fernt sich der Brechkegel von der Seitenfläche und läßt das gebrochene Gut in eine engere Stelle rutschen, wo es bei der nächsten Umdrehung einer nochmaligen Zerkleinerung unterworfen wird. Diese Zerkleinerungsarbeit setzt sich fort, bis die Feinheit genügend groß geworden ist, um durch die untere Öffnung herausfallen zu können. Eine schräg-

liegende Scheidewand schützt die darunterliegenden Maschinenteile und besorgt das Austreten des gebrochenen Gutes nach einer Seite der Maschine.

Mit Rücksicht auf die Krümmung der Druckoberfläche stützen sich die zu brechenden Stücke nur auf die äußersten Kanten und werden in der Mitte der Wirkung des Brechkegels ausgesetzt, derart, daß die Arbeit mehr ein Zersplittern als ein Zerquetschen ist. Auf diese Weise wird die Erzeugung von kleinen Stücken und Staub auf ein Minimum beschränkt und ein gut gekörntes Brechgut erzeugt, das sich möglichst der Würfelform nähert. Andererseits ist die pendelnde Antriebswelle frei an ihrem Kugelstück aufgehängt und taucht ohne irgendeinen anderen Widerstand in die Exzenterhülse, so daß alle Bewegungen um ihre Achse vollständig frei sind und der Brechkegel über die seiner Druckwirkung ausgesetzten Brechstücke rollen kann. Daher kommt die Verminderung der Reibung, die sich immer durch Staubbildung und größeren Verschleiß an den Maschinenteilen äußert.

## II. Einzelteile der Konstruktion.

Der runde Aufgabetrichter wird besonders bei kleinen Maschinen aus Blech, bei großen aus Gußeisen mit starken Rippen versehen, hergestellt, um die Stöße der großen Felsstücke aushalten zu können.

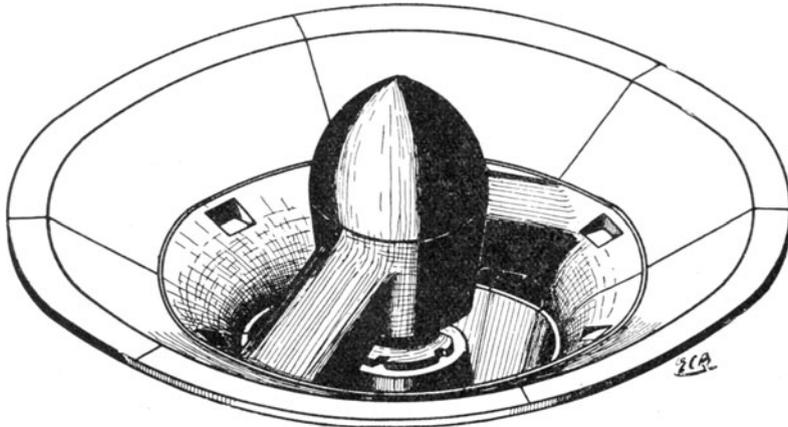


Abb. 22. Oberteil eines Rundbrechers.

Bei den großen Maschinen ist der Trichter aus mehreren Stücken (Abb. 22) hergestellt.

Bei den großen, neuzeitigen Rundbrechern besteht der Guß- oder Stahlgußbügel nur aus zwei Armen mit entsprechendem Querschnitt, um so wenig wie möglich das Herabfallen des Rohstoffes zu behindern

und doch eine gute Widerstandsfähigkeit zu sichern. Ihre Anordnung muß so getroffen werden, daß jedes Stück, welches zur Aufnahme in die Öffnung des Trichters geeignet ist, zwischen den Armen hindurchgehen kann. Eine starke Schutzhaube in Spitzbogenform schützt die Maschinenteile zum Aufhängen der Welle gegen die Stöße der großen Brechgutstücke. Der Bügel selbst kann durch Schutzplatten aus Manganstahl, die leicht auswechselbar sind, abgedeckt werden.

Der obere Maschinenrahmen oder Mittelstück trägt das Brechgehäuse und ist mit dem unteren Maschinenrahmen durch einen Flanschen mit Ringnute verbunden.

Der untere Maschinenrahmen trägt eine genügend geneigte Zwischenwand, um das Herausfallen aller, selbst feuchter Rohstoffe zu ermöglichen. Diese Zwischenwand ist mit Verschleißplatten aus Harteisen abgedeckt.

Im allgemeinen wird der Exzenter durch die Grundplatte gehalten. Dennoch ist bei den Rundbrechern Bauart Austin und ebenso bei verschiedenen Rundbrechern neuester Ausführung, deren Beschreibung wir später kennen lernen werden, das Exzenterlager mit dem unteren Teil des Maschinenrahmens zusammengelassen. Die Anordnung ist etwas schwieriger in der Ausführung, hat aber mehrere Vorteile:

1. Viel größere Festigkeit des Antriebes.
2. Eine genaue Werkstattarbeit ist leichter herzustellen.
3. Die untere Scheidewand, die das Exzenterlager trägt, schützt wirksam den Zahnradantrieb gegen allen Staub, der durch die obere Scheidewand hindurchfallen könnte.

Das oder die Lager, die die Antriebswelle tragen, sind mit langen Laufbüchsen versehen; denn sehr oft dreht sich das Antriebsrad freitragend. Jedoch ist das beim Steinbrecher Austin, den wir schon besprochen haben, nicht der Fall. Bei dieser Maschine dreht sich das konische Antriebsrad zwischen zwei Lagern, die mit dem Maschinenrahmen zusammengebaut sind.

Die schwingende Hauptwelle (Spindel) muß außerordentlich stark ausgeführt werden. Man gibt ihr starke Querschnitte und sie wird außerdem aus Nickelstahl hergestellt. Die Aufhängungsart wechselt je nach den verschiedenen Maschinen. Bei den kleinen Maschinen kann man sie in einen sehr harten Stahlklotz legen. Bei den großen Ausführungen wird die Aufhängung am oberen Teil der Maschine angebracht. Das obere Ende der Hauptwelle ist mit Gewinde versehen. Eine zweiteilige Mutter mit zwei Sperrschrauben dient zur Befestigung. Keile sichern den festen Zusammenhalt des Ganzen. Die Mutter ruht auf einer Hülse, die die Hauptwelle schützt und sich in ihrem oberen Teil zu einem Stützring verbreitert, dessen untere Fläche kugelförmig ausgebildet ist. Der Mittelpunkt der Kugel liegt im Fixpunkt der Dreh-

achse. Die Hülse rollt auf einer feststehenden Pfanne, die ihrerseits mittels eines Anschlages auf der Nabe des Bügels ruht. Die Bohrung ist leicht nach oben erweitert, um das Pendeln der sich drehenden Hauptwelle zuzulassen. Eine Öffnung, die in der Schutzhaube angebracht ist, dient zum Einfüllen von Öl.

Die Art der Aufhängung aller amerikanischen Rundbrecher ist fast ähnlich der, wie wir sie beschrieben haben. Auf alle Fälle neigt man dazu, den Fixpunkt der pendelnden Hauptwelle möglichst nahe zu unterstützen, um das Auftreten sehr starker spezifischer Drücke zu vermeiden.

Eine ein wenig veränderte Aufhängung, die übrigens bei allen deutschen Maschinen Anwendung findet, ist in Abb. 21 dargestellt. Die mit dem Stützring versehene Hülse bildet nach unten eine Kugel, die in einem kugelartig ausgedrehten Lager gleitet. Der Fixpunkt der Hauptachse liegt ebenfalls über dem Stützlager. Die relative Verschiebung der in Berührung befindlichen Oberflächen im Verlaufe einer Umdrehung ist sehr groß, aber der spezifische Druck ist sehr gering.

Hadfields Ltd. in Sheffield verwendet bei seinem Rundbrecher „Heclon“ eine ganz eigenartige Vorrichtung. Die pendelnde Hauptwelle ist hohl und umhüllt einen Tragbolzen, auf welchem der obere Teil ruht. Dieser Tragbolzen ruht auf einer Stellschraube, welche durch die Grundplatte des Maschinenrahmens hindurchgeht. Die Stützlager werden mit Hilfe von kugelartig ausgedrehten Hartstahlstücken hergestellt. Bei dieser Maschine dient der obere Bügel nur als Führungslager.

Der Brechkegel hat die Gestalt eines abgestumpften Kegels. Er ist seiner ganzen Länge nach konisch ausgebohrt und mit der pendelnden Hauptachse verkeilt. Sehr oft wird diese Befestigung durch Vergießen einer Reihe von Nuten mit Zink, die auf den Umfang der Ausbohrung verteilt sind, hergestellt. Diese Befestigungsweise hat den Vorzug, die Montage leicht zu gestalten. Die Stahlkeile sind schwierig anzubringen und laufen Gefahr, auf der Sitzfläche festzurosten. Zwei mit Gewinde versehene Ringe, die auf der Hauptwelle befestigt sind, halten das Ganze an seinem Platz zusammen. Bei anderen Maschinen wird der Brechkegel einfach durch eine selbsttätige Verkeilungsvorrichtung auf der Welle festgehalten.

Für Kalkstein und Gestein mittlerer Härte wird der Brechkegel aus Hartguß sehr oft geriffelt hergestellt. Im allgemeinen gibt der geriffelte Kegel eine weniger große Menge Feinbruch als ein glatter Kegel. Zum Zerkleinern von sehr hartem Gestein verwendet man glatte oder geriffelte Brechkegel aus Manganstahl. Da der Preis dieses Stahles sehr hoch ist und im Falle der Verarbeitung von sehr harten Rohstoffen die Schwierigkeiten der Verbindung mit der Hauptwelle sehr groß sind, hat man Versuche mit verschiedenen Vorrichtungen an dem Brech-

kegel gemacht. Bei den kleinen und mittleren Brechergrößen hat man die pendelnde Hauptwelle über seine gewöhnliche Länge hinaus verlängert, um auf diese Weise den Abschnitt, für den das Spezialeisen in Frage kommt, zu verkürzen. Im anderen Falle hat man einen gußeisernen Kern mit einem Überzug oder Mantel aus Manganstahl versehen. Es gibt noch verschiedene geistvoll ersonnene, bekannte Anordnungen unter dem Namen der Bauart Ajax, Hunt, Gunlock, Andrews, usw., die dazu bestimmt sind, die Verbindung dieser beiden Maschinenteile zu vervollkommen, die unbedingt nötig sind mit Rücksicht auf die besonders schwere Zerkleinerungsarbeit, der sie unterworfen werden. Die Beschreibung der einzelnen Maschinenteile dieser Maschinensorten fällt etwas aus dem Rahmen unserer Untersuchungen.

Das Brechgehäuse wird je nach der Beanspruchung durch die zu zerkleinernden Rohstoffe aus Hartguß oder Manganstahl hergestellt. Im letzteren Falle versieht man die Hinterseite mit Aussparungen, um an Material zu sparen. Das Brechgehäuse kann auch aus zwei Teilen, aus einem oberen und einem unteren, bestehen. Das Unterteil, das dem Verschleiß stärker ausgesetzt ist, wird dicker und aus härterem Metall hergestellt als der obere Teil.

Der Exzenter wird sehr kräftig und mit großen Berührungsflächen ausgeführt, die mit einem besonderen Antifrikionsmetall (Babbitt-Metall) ausgekleidet sind. Einige Fabriken geben ein verstellbares Exzenterlager an. Das kann man durch eine exzentrische Hülse herbeiführen, die zwischen Hauptwelle und dem eigentlichen Exzenterlager eingeschaltet wird und in Beziehung auf den Exzenter verschieden eingestellt werden kann.

Die Exzenterlagerung des Rundbrechers „Kennedy“ ist auf eine Scheibe montiert. Diese Anordnung ist theoretisch wesentlich besser als eine Welle, die durch einen Pendelantrieb bewegt wird. Die Tragflächen werden ebenso genau ausgeführt und haben ein Minimum an Verschleiß. Wenn die pendelnde Hauptwelle durch irgendeinen Zufall etwas verbogen ist, so läuft sie dennoch ohne Anstände weiter.

Der Kennedy-Brecher neuer Bauart (Abb. 23) hat außerdem die Ausschaltung des Zahnradantriebes verwirklicht und besorgt den Antrieb des Exzenterlagers durch eine Riemenscheibe, die unmittelbar gekuppelt unter dem Maschinenrahmen angebracht ist. Diese Anordnung hat einen ruhigen Gang und läßt eine größere Geschwindigkeit als die übrigen Maschinenarten zu.

Bei den mustergültigen Ausführungen ist das Zahnrad mit dem Exzenterlager entweder durch einen Ring mit Nieten verbunden, oder mit einem Flanschen verschraubt, oder durch eine Nabe befestigt. Die Verzahnung muß so vorgesehen werden, daß selbst in dem Falle ein gutes Ineinandergreifen der Zähne gewahrt bleiben muß, wenn durch

Verschleiß der Exzenterlagerung sich ihre Lage etwas im Verhältnis zum Antriebsrad verändert.

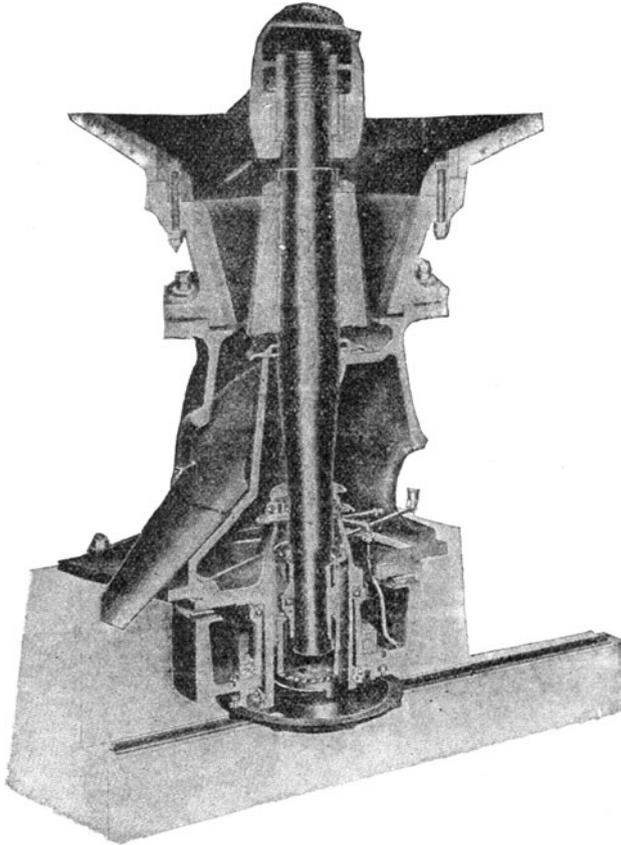


Abb. 23. Kennedy-Rundbrecher ohne Zahnradantrieb.

Das Exzenterlager, dessen Beanspruchung außerordentlich hoch ist, wird durch einen ununterbrochenen Ölumlauf geschmiert, der in den meisten Fällen durch eine von der Maschine unabhängige Ölpumpe gesichert wird.

### III. Aufstellung.

Die Rundbrecher werden entweder auf einen Mauerwerksockel oder auf einen starken Holzrahmen aufgestellt. Die erste Aufstellungsart ist offenbar vorzuziehen, denn der Gang der Maschine erzeugt immer Erschütterungen.

Die Beschickung geschieht durch unmittelbares Auskippen der Seilbahnwagen oder der Kippwagen in das Brechmaul, ohne eine regel-

rechte Hand- oder Maschinenaufgabevorrichtung anwenden zu müssen. Wir haben das auch schon als einen der großen Vorzüge der Rundbrecher angedeutet.

Die Gestalt des Fundamentsockels hängt von der Antriebsweise der Maschine ab (ein Stirnrad- oder ein Winkelantrieb).

Auf alle Fälle wird man bemerkt haben, daß die Maschine auf der Sohle des unteren Maschinenrahmens ruht und nicht auf der Platte, welche das Exzenterlager trägt. Dieses ist einfach an den Maschinenrahmen angeschraubt. Ein großer Raum ist im Fundamentsockel vorgesehen, um das Herausnehmen des Exzenterlagers zu ermöglichen. Zu diesem Zweck werden drei Verbindungsschrauben, welche gleichmäßig verteilt sind, herausgezogen und durch drei lange Bolzen mit Gewinde und Muttern, welche zu jeder Maschine mitgeliefert werden, ersetzt. Man zieht dann die anderen Verbindungsschrauben heraus. Darauf schraubt man die Muttern der mit Gewinde versehenen Bolzen ordnungsmäßig herunter, so daß ohne Zuhilfenahme eines Hebezeuges die untere Platte, das Exzenterlager und das konische Zahnrad nacheinander von ihrer Lagerstelle genommen werden können. Wenn sie nun vollständig weggenommen sind, wird die Tragplatte auf zwei Schienen, die parallel unter der Maschine angeordnet sind, gelegt, so daß man ohne große Anstrengung die Maschinenteile zusammen gleiten lassen und in eine für die Reparatur am Platze leicht zugängliche Lage bringen oder durch eine geeignete Hebevorrichtung wegschaffen kann. Das Wiederanbringen der Antriebsteile vollzieht sich auf demselben Wege. Es ist deshalb sehr wichtig, bei dem Bau des Brecherfundaments vorzusehen :

1. Einen freien Raum, der unerläßlich notwendig ist zum Auseinandernehmen der Antriebsteile.
2. Die Länge der notwendigen Gleitschienen zum Herausbringen der Maschinenteile unter dem Brecher.

Für die Montage und Instandhaltung einer jeden Maschine ist ein Satz der nachstehenden Zubehörteile erforderlich.

Ein Gabelschlüssel zum Abschrauben des Brechkegels.

Ein Satz Hülsen zum Auswechseln der Antifriktionshülse des Exzenterlagers.

Ein Durchschlag zum Wiederauskleiden der Lager für die Antriebswelle.

Eine Ölschraube zur Bedienung der Pendelwelle.

Zwei Ölschrauben zur Bedienung des Exzenterlagers.

Ein besonderer Steckschlüssel zum Einstellen der Aufhängemutter.

Ein Satz Schlüssel für die großen Muttern.

Ein Satz Rohre und Verbindungsstücke für den Ölumlaufl.

Ein Satz Fundamentschrauben und Platten.

Drei Schraubenbolzen mit Gewinde und zwei Muttern zum Ein- und Ausbauen der Bodenplatte.

Obendrein ist es bei der Aufstellung eines Rundbrechers — wie überhaupt allemal bei der Aufstellung einer schweren Maschine, die öfter auseinandergenommen werden muß — erforderlich, eine Aufhängevorrichtung für einen Flaschenzug anzubringen. Der letztere muß von genügender Stärke sein, um das schwerste Stück des Maschinenrahmen heben zu können. Eine Rolle zwischen zwei verstärkten Trägern aus Eisen oder Holz dient besonders für diesen Zweck. Wenn die Mauern um den Brecher herum nicht stark genug sind, um diese Träger zu tragen, so kann ebenso vorteilhaft ein Gerüst aufgestellt werden. Wir empfehlen für die Rundbrecher Nr. 4 und 5 Flaschenzüge für wenigstens 5000 kg Tragkraft, für Nr. 6 7000 kg und für Nr. 7 und 8 dagegen 10000 kg Tragkraft vorzusehen.

#### IV. Hauptangaben über ausgeführte Rundbrecher.

Die nachfolgende Zahlentafel 6 bringt eine Aufstellung von beinahe allen gängigen Rundbrechergrößen. Die meisten der Maschinenbauarten und die Abmessungen entsprechen den Nummern der Allis-Chalmers Compagny. Die Maschinenausführungen Austin und ebenso die der Firma Chalmers und Williams in Chicago umfassen die Nummern 3 bis 10. Die Heclon-Rundbrecher von Hadfields Ltd. in Sheffield sind in diesen Grenzausmessungen fast gleich gebaut. Die deutsche Maschinenreihe von Humboldt in Köln-Kalk geht von 0 bis 12.

In Frankreich baut Maxime Campistrou in Levallois-Perret die Größen 1 bis 3.

Wir widmen nun eine besondere Beschreibung den Maschinen, die in Frankreich zuerst gebaut worden sind.

Der Maschinenrahmen ist vierteilig:

1. Eine Lagerplatte, welche die Exzenterlagerung trägt.
2. Das Unterteil des Maschinenrahmens ist durch die schrägliegende Zwischenwand in zwei Abteilungen geteilt, durch die die pendelnde Hauptwelle hindurchgeht.
3. Der obere Teil des Maschinenrahmens hat die Form eines Ringes, der inwendig mit dem Brechgehäuse ausgekleidet ist.
4. Der Trichter oder Rohstoffeinwurf ist mit der Nabe fest verbunden, die die pendelnde Hauptwelle trägt.

Die pendelnde Hauptwelle ist an ihrem oberen Ende mit Hilfe einer einstellbaren Mutter an einer kugelförmig ausgebildeten Büchse aufgehängt.

Der Brechkegel wird aus Hartguß oder Manganstahl hergestellt und fest auf der Hauptwelle verkeilt.

Zahlentafel 6. Rundbrecher.

Modell Nr.	Maße einer jeden Einwurföffnung		Gesamtgewicht	Kraftverbrauch	Stündliche Leistung durch den Ring von mm												Die kleinstmögliche Abmessung	Abmessungen der Antriebsriemenscheiben	Umdrehungen in der Minute	Abmessungen			
	Zoll						Ring von mm						Durchmesser des Antriebsriemens	Höhe des Fundamentsockels	Höhe vom Sockel bis zum Einwurfrichter	Entfernung von Mitte Brecher							
	1 1/2	1 3/4			2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	38	44								50	63	76	89
0	380 × 100	1.5	3-4	3-4	von 1.5 bis 4												19	400 × 150	500	—	—	—	
1	460 × 120	2.6	5-8	5-8	" 3 " 7												25	500 × 180	475	1350	1000	1300	775
2	540 × 150	3.8	7-12	7-12	" 5 " 11												28	610 × 200	450	1400	1150	1450	900
3	560 × 180	6.5	10-16	10-16	" 9 " 18												35	710 × 250	425	1650	1350	1660	1075
4	760 × 200	10	14-21	14-21	" 12 " 27												38	810 × 300	400	2030	1750	1830	1294
5	965 × 250	15	22-30	22-30	" 18 " 36												44	915 × 360	375	2286	1980	2756	1380
6	1120 × 300	22	28-45	28-45	" 27 " 45												50	1015 × 410	350	2616	2235	2476	1492
7.5	1320 × 350	31	50-75	50-75	" 45 " 72												63	1120 × 420	350	3250	2350	2620	1680
8	1730 × 460	47	70-110	70-110	" 72 " 81												89	1220 × 500	350	3760	2740	3180	1768
9	1930 × 530	70	100-150	100-150	" 81 " 118												101	1420 × 500	300	4420	3000	3910	1994
10	2080 × 610	84	175-250	175-250	" 120 " 135												127	1370 × 610	350	4570	2670	4115	1700
12	2235 × 680	90	250	250	" 225												150	1700 × 675	275	4600	—	—	—
18	2600 × 910	180	260	260	" 300												150	1700 × 760	—	—	—	—	
21	2900 × 1067	250	280	280	" 800												150	1700 × 850	—	—	—	—	
24	3175 × 1220	270	309	309	" 1000												180	1800 × 850	240	—	—	—	

Die Antriebswelle wird von drei Fettlagern getragen, wovon zwei auf dem Unterteil des Maschinenrahmens befestigt sind. Der Zahnkranz ist mit der Exzenterlagerung durch einen Flanschenverschraubt.

Ein Schauloch in dem runden Teil des Maschinenrahmens ist durch eine Blechtür verschlossen.

Bei den gängigen Maschinen ist der Antrieb um 90° in bezug auf die Auslaufschurre versetzt.

Die Fabrik Bergeaud in Mâcon baut Rundbrecher in drei Größen, die fast den Nummern 3, 4 und 5 der Zahlentafel entsprechen.

Die Firmen Dalbouze und Brachet in Puteaux und Mécanique moderne in Nancy haben ebenfalls den verschiedenen Rundbrecherarten ihre Aufmerksamkeit gewidmet.

Zum Schlusse führen wir noch unter den folgenden in Frankreich ausgeführten Bauarten an: den „Atlas“-Brecher (Constructions Industrielles et Minières) und den „Hercule“ (Hercules)-Brecher (Les fils de J. Weitz in Lyon).

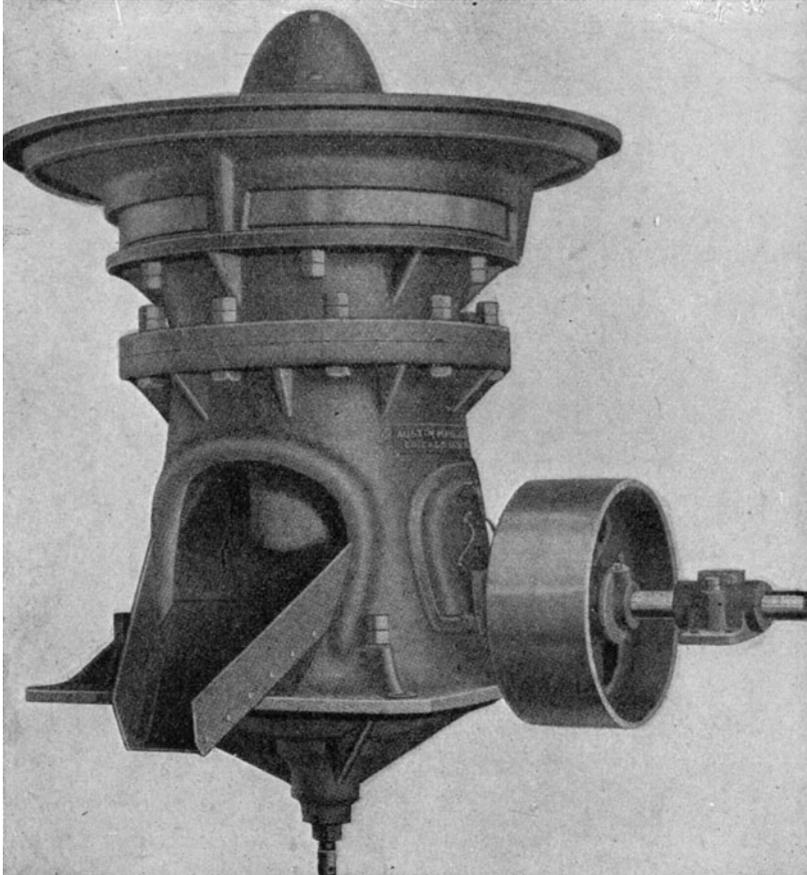


Abb. 24. Rundbrecher „Austin“.

## V. Die Einstellung.

Um den Verschleiß auf das geringste Maß zurückzuführen und die Korngröße des Brechgutes zu verändern, erfolgt die Einstellung der pendelnden Hauptwelle mit Hilfe der oberen Mutter. Der Brecher wird im allgemeinen so eingestellt, daß er 12 bis 15% Rückstand über die gewünschte Korngröße ergibt. Diese Rückstände kehren grundsätzlich

nach dem Durchgang durch ein Sieb oder eine Sortiertrommel zu dem Brecher zurück oder sie werden in einem kleinen Hilfsbrecher nachgebrochen. Die Erfahrung lehrt, daß man unter diesen Bedingungen

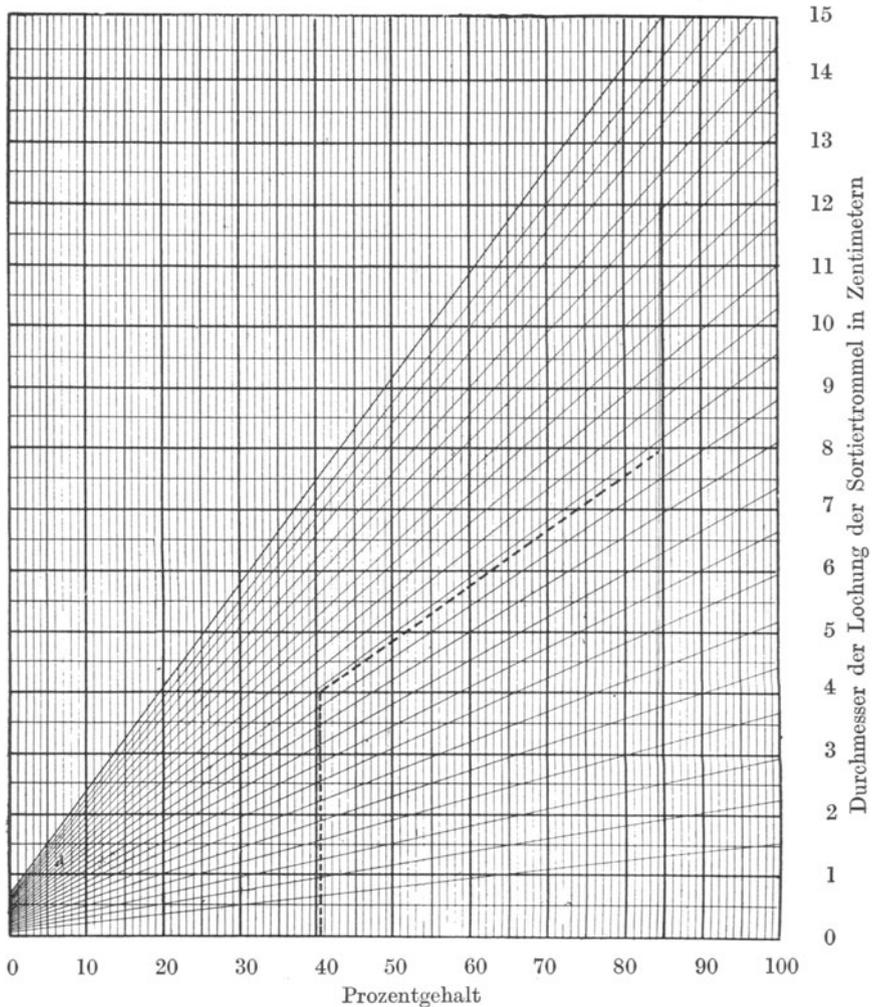


Abb. 25. Diagramm für den Prozentgehalt des Brechgutes.

die beste Leistung für die Pferdekraftstunde und den geringsten Prozentsatz an Feinbruch erhält.

Das vorstehende Diagramm Abb. 25 gibt den ungefähren Prozentgehalt für eine gegebene Korngröße und eine gegebene Einstellung des Brechers an.

Zum Beispiel: Ein Rundbrecher ist so eingestellt, daß er 15% Rückstand auf der Lochung von 80 mm ergibt. Wie groß wird die Menge an Feinbruch sein, die durch die Lochung von 40 mm geht? Wir lesen den Prozentsatz des Brechgutes, der durch die Lochung von 80 mm geht, es sei  $100 - 15 = 85$ , auf dem wagrechten Maßstab ab. Wir verfolgen nun die Senkrechte, die durch den Punkt 85 geht bis zum Schnittpunkt mit der Wagrechten, welche durch 8, der gegebenen größten Lochung geht. Wir folgen dann, von dem eben bestimmten Schnittpunkt ausgehend, der nächstliegenden schrägen Linie bis zum Zusammentreffen dieser mit der Wagrechten, welche der kleinsten Lochung in diesem Fall 40 mm entspricht. Wir schwenken nun auf die Senkrechte ab, die dem zweiten Schnittpunkt am nächsten liegt. Diese führt uns auf die Zahl des Prozentsatzes 40% auf dem unteren Maßstab.

Das Brechgut, das 15% Rückstand auf der Trommel mit 80 mm Lochung ergibt, enthält immer noch 40% Feinbruch, der durch die Sortiertrommel mit 40 mm Lochung geht. Ebenso, wenn man ein scharf abgeseiebtes Brechgut zum Beispiel Ballast, zwischen den Körnungen von 80 bis 40 mm wünscht, hat man noch 40% Feinbruch auszusortieren und für einen anderen Zweck vorzusehen, sowie 15% Rückstände nochmals zu brechen. Wenn man die Unterteilung noch weiter treiben will, zum Beispiel auf Erzeugnisse von 0 bis 30, 30 bis 50, 50 bis 80, findet man die entsprechenden Prozentsätze wie folgt: 29%, 23%, 33% und 15% Rückstand.

Dieses Diagramm bezieht sich übrigens ebensogut auf die Backenbrecher oder Walzwerke als auf Rundbrecher.

Es gestattet annähernd zu bestimmen:

1. Den Anteil an, durch Maß genau bestimmter Handelsware in gegebenen Grenzen, die zu erreichen möglich sind.
2. Die Oberfläche der notwendigen Sortiertrommel und den erforderlichen Rauminhalt der Vorratsbehälter, um die nach Korngröße sortierten Erzeugnisse aufbewahren zu können.

## VI. Vergleiche mit den Backenbrechern.

Der Rundbrecher ist bei gleicher Arbeitsleistung viel wirtschaftlicher als der Backenbrecher. Der Unterschied macht sich um so bemerkbarer, wenn es sich um große Leistungen handelt. Wenn man die Frage allein vom Standpunkt des Kraftverbrauches, der erforderlichen Handreichungen, der Güte der Erzeugnisse oder dem Gewicht der Maschine (d. h. dem Kaufpreis) aus betrachtet, liegt der Vorteil beim Rundbrecher.

In der Tat ergeben sich für die effektive Pferdekraft 1,2 bis 2mal höhere Leistungszahlen. Die Leistung für die Maschinengewichts-

tonne ist 1 bis 1,5 mal höher. Man braucht keine regelmäßige Beschickung und kann unmittelbar ganze Eisenbahnwagen in den Aufgabetrichter kippen. Endlich haben wir gesehen, daß die Krümmung der Innenwandung des Brechgehäuses das Entstehen von kleinen Stücken und Staub auf ein Minimum zurückführt.

Es erscheint also von vornherein so, daß infolge seiner viel wirtschaftlicheren Arbeitsweise der Rundbrecher in allen Fällen den Backenbrecher übertreffen müßte. Jedoch ein Punkt tritt ins Spiel, der diese Überlegenheit einschränkt. Wenn wir zwei Zerkleinerungsmaschinen, einen Backenbrecher und einen Rundbrecher, nehmen, die die gleiche stündliche Leistung ergeben sollen, so müssen wir feststellen, daß das Brechmaul des Backenbrechers viel größere Stücke aufnehmen kann, als die Einwurfsöffnung des Rundbrechers. Außerdem leistet der Backenbrecher Nr. 6 32 t stündlich durch einen Ring von 80 mm mit einer Betriebskraft von 40 HP bei einer Maulweite von  $800 \times 400$  mm, das fähig ist, Stücke über 350 mm Kantenlänge aufzunehmen. Das Gewicht beträgt etwa 15000 kg. Der Rundbrecher von entsprechend großer Leistungsfähigkeit ist der Nr. 4 der normalen Ausführung, der nur 20 HP braucht. Aber diese Maschine mit einer Eintrittsöffnung von  $200 \times 760$  mm nimmt höchstens Stücke von nur 180 mm Kantenlänge auf. Um Stücke von 350 mm brechen zu können, muß man einen Rundbrecher Nr. 8 nehmen, der stündlich 1000 t mit einer Betriebskraft von 80 bis 90 HP leistet und 30000 kg wiegt. Das ist eine dreifache Leistungsfähigkeit, aber ein beinahe doppeltes Gewicht und doppelter Kraftverbrauch.

Also kann bei gleicher Leistungsfähigkeit ein Backenbrecher viel größere Stücke aufnehmen als ein Rundbrecher.

Dies erklärt sich leicht aus der Tatsache, daß für den letzteren die Einwurfsöffnung nur ein Abschnitt des Maschinenumfanges ist. Infolgedessen wird der Rundbrecher, wenn er Rohstoffe aus dem Bruch, die Stücke von zu großen Abmessungen enthalten, zerkleinern soll, nicht vorteilhaft zur Erreichung großer Leistungen zu verwenden sein, wenn man eine Maschine mit genügend großer Einwurfsöffnung verwenden will. In allen den Fällen, in denen es sich um Einrichtung kleiner Leistungen handelt, ist der Backenbrecher vorzuziehen.

In jedem besonderen Falle wird der Vergleich besonders zu untersuchen sein. Im allgemeinen kann man sagen, daß der Backenbrecher bei allen Anlagen vorzuziehen ist, die weniger als 20 t Rohmaterial direkt aus dem Bruche in der Stunde zu verarbeiten haben. Darüber hinaus wird sich der Rundbrecher als viel wirtschaftlicher erweisen.

Wenn die Maschine ein schon vorgebrochenes und sortiertes Gut verarbeiten soll, so stellt sich die Aufgabe in einem ganz anderen Lichte

dar. Es wird sehr leicht sein, eine Rundbrecherbauart zu finden, deren Leistungsfähigkeit genau den Bedürfnissen der Anlage entspricht und geeignet ist, die sortierten Stücke aufzunehmen. Im Falle besonders großer Leistungen werden alle Vorteile des Rundbrechers in Erscheinung treten.

Wir halten es nicht für vorteilhaft, die Anwendung eines Rundbrechers kleiner als Nr. 4 (Einwurföffnung 200 mm) vorzusehen. In der Tat ist es praktisch nicht vorteilhaft, den Rundbrecher, der als eine Maschine hauptsächlich für große Leistungen vorgesehen ist, als Vorbrecher zu verwenden, wenn seine Einwurföffnung nicht 200 mm erreicht. Man wird also eine Kostenberechnung über das Verhältnis mit der erreichten Wirtschaftlichkeit für das Zurichten im Bruch von Hand oder durch Schießen bis auf diese erforderliche Stückgröße durchzuführen haben. Wenn andererseits der Brecher als Nachbrecher gebraucht werden soll, der bestimmt ist, das schon bis auf 100 oder 150 mm vorgebrochene Gut auf eine kleinere Körnung (20 bis 25 mm) zu zerkleinern, ist die Arbeitsweise nicht mehr die gleiche und ein Rundbrecher von einer Bauart, welche wir noch beschreiben werden, würde passend sein. In dem Bereiche der Hartzerkleinerung ist eine Universalmaschine noch nicht erfunden worden und jeder Zerkleinerungsvorgang entspricht einer oder mehrerer, genau gekennzeichneten Maschinen. Niemand wird auf den Gedanken kommen, zu behaupten, daß ein Rundbrecher mit genügend kleinen Abmessungen Mehl in für den Fabrikbedarf notwendigen Mengen herstellen könnte. Ohne aber soweit zu gehen, ist es leicht zu begreifen, daß ein Rundbrecher von der Bauart, wie wir ihn noch beschreiben werden, auf 15 oder 20 mm eingestellt, sich verstopft oder nur eine geringe Leistung hervorbringen wird.

## VII. Rundbrecher mit kurzer Hauptwelle.

Wenn wir eine Gesamtprüfung der verschiedenen, auf dem Weltmarkte bekannten Bauarten der Rundbrecher vornehmen, können wir sie in drei Klassen einteilen.

Die Klasse, welche wir nun beschreiben wollen und die von der größten Verschiedenheit der Bauarten ist, ist diejenige der vorbildlich gebauten Rundbrecher, die aus der Originalbauart „Gates“ hervorgegangen und im Laufe der letzten 20 Jahre allmählich verbessert und vervollkommnet worden sind. Bei allen diesen Maschinen vollzieht sich der Zerkleinerungsvorgang nach dem Hebelgesetz. Die pendelnde Hauptwelle, in einem Fixpunkt der Aufhängung unterstützt, erhält seine pendelnde Bewegung am unteren Ende dadurch, daß die Mittellinie bei der Umdrehung einen Kegel beschreibt. Der an einem Punkte der Welle festgekeilte Brechkegel nimmt an den Pendelbewegungen

teil, aber mit einem um so kleineren Ausschlag, je näher er sich am Aufhängepunkt befindet und einen um so größeren in der Nähe der Exzenterlagerung. Dagegen wirkt die pendelnde Hauptwelle wie ein Hebel und der durch den Exzenter übertragene Druck vervielfacht sich, wenn er auf den Brechkegel übertragen wird. Bei dem vorbildlich ausgeführten Rundbrecher sucht man so sehr wie möglich diese Vervielfachungswirkung auszunutzen, denn die pendelnde Hauptwelle ist sehr lang ausgeführt und der Brechkegel ist näher der Aufhängung als der Exzenterlagerung befestigt. Deshalb muß man für eine kleine Verschiebung am Brechkegel eine viel größere Exzentrizität am unteren Ende der Welle aufwenden. Dagegen wird der spezifische Druck auf das Exzenterlager vermindert, die Schmierung erleichtert und der Verschleiß verringert. Jedoch führt dieser Grundsatz zu einer Vergrößerung der Länge der pendelnden Hauptwelle im Verhältnis zum Querschnitt. Daraus ergibt sich wieder ein größeres Gewicht und eine größere Bauhöhe der Maschine. Es wird mehr Raum versperrt, die Maschine wird weniger standfest und mehr den Erschütterungen unterworfen.

Infolge der fortdauernden ganz bedeutenden Vergrößerung der Anforderungen an die Maschinen zur Aufrechterhaltung des Betriebes im Steinbruch ist man dazu geführt worden, immer und immer beträchtlich größere Modelle der Steinbrecher herzustellen. Die Übelstände sind lebhaft empfunden worden. Andererseits sind dank der neuesten Vervollkommnung in der Metallkunde und der Werkstatt die großen spezifischen Drücke zwischen den sich reibenden Oberflächen keine Hindernisse mehr beim Gang der Maschine. Die Fabrikanten haben sich auch immer mehr auf den Rundbrecher mit kurzer Hauptwelle eingestellt.

Diese Maschinenart ist bis jetzt nur durch eine kleine Anzahl von Ausführungen vertreten und diese sind Schöpfungen allbekannter und für den Bau von Rundbrecher einen guten Ruf genießender amerikanischer Firmen und das ist genug, wenn man sagt, daß sie eine natürliche und wohlgedachte Entwicklung des mustergültigen Rundbrechers bedeuten.

Bei diesen Maschinen liegt die Exzenterlagerung unmittelbar unter dem Brechkegel, was eine Verkürzung der Hauptwelle und eine niedrigere Bauhöhe des Maschinenrahmens zur Folge hat. Infolgedessen erhöht sich die Festigkeit der Maschine und man kann das Gewicht leicht vermindern.

„Atlas“-Rundbrecher. Die Abb. 26 stellt einen Rundbrecher „Atlas“ C. J. M. im Schnitt dar, eine vollendet moderne Maschine, die von einer französischen Fabrik in vorzüglichen Zustand gebracht worden ist. Wir wollen die verschiedenen Maschinenteile schnell einer Durchsicht unterziehen.

Der gußeiserne Einwurftrichter (23) hat einen großen Durchmesser und ist mit starken Rippen versehen, um den Stößen der großen Steinblöcke Widerstand leisten zu können. Die Neigung des Trichters ist sorgfältig bestimmt, um das leichte Gleiten der Rohstoffe nach der Mitte hin zu sichern und die erforderliche Bauhöhe auf ein Minimum zu verringern.

Der Bügel (37) ist außerordentlich stark ausgeführt, denn er ist dazu bestimmt, sehr starke Kraftäußerungen aufzunehmen. Andererseits darf er so wenig wie möglich den Eintritt der Rohstoffe behindern. Die Arme, die Nabe, welche das Kugellager trägt, und das Mahlgehäuse müssen mit Rücksicht auf den Zweck, den sie zu erfüllen haben, sorgfältig zusammengebaut werden. Abb. 22 zeigt den Oberteil des „Atlas“-Rundbrechers. So wie der Bügel jedesmal weggenommen werden muß, wenn man die Verkleidung des Brechkegels oder des Brechgehäuses auswechseln will, so ist er doch vollständig unabhängig von dem Einlauftrichter. Dieser kann während des Auswechselns an seiner Stelle sitzen bleiben.

Das Mittelstück (26) ist aus sehr dickem Gußeisen hergestellt. Die Flanschen, welche zur Verbindung mit dem Maschinenrahmen und dem Bügel dienen, tragen eine konische Eindrehung, die eine vollkommene Zentrierung und eine durchaus sichere Verbindung des Ganzen sichert.

Der Hauptmaschinenrahmen (24) hat eine sehr breite Grundplatte, um die Standfestigkeit der Maschine zu sichern. Das Exzenterlager ist mit dem Maschinenrahmen durch eine geneigt liegende Zwischenwand und zwei Armen in sehr starkem Kreuzquerschnitt verbunden. Drei mit Flanschen versehene Öffnungen gestatten die Antriebswelle in irgendeine beliebige Richtung in bezug auf den Schotterauslauf — sei es nach rechts, sei es nach links oder sei es nach rückwärts — anzubringen. Die beiden Öffnungen, die nicht benutzt werden, werden durch Holzdeckel verschlossen und dienen als Schautüren. Endlich hat die schrägliegende Zwischenwand eine genügend große Neigung für das freie Herausfallen des Brechgutes. Sie ist mit Verschleißplatten aus Hartstahl belegt und wird durch eine Rinne aus starkem Stahlblech verlängert.

Die untere Abschlußplatte (54) ist ein rundes Hohlgußstück, das das Gewicht des Exzenterlagers und des Zahnradantriebes trägt und gleichzeitig einen Ölbehälter bildet. Sie ist unter dem Hauptmaschinenrahmen mit Hilfe von Paßstiften befestigt. Der Fundamentalsockel ist an dieser Stelle so ausgeschnitten, daß man die Abschlußplatte ebenso wie die Exzenterlagerung, die darüber liegt, leicht herausnehmen kann. Endlich trägt die Abschlußplatte in der Mitte eine Stellschraube (55), die dazu dient, die pendelnde Hauptwelle in die

Höhe zu heben, um damit die Aufhängung zu unterstützen und die Bewegung der Reguliermutter (43), wenn man daran zu stellen hat, zu erleichtern.

Die Aufhängung ist in der Nabe des Bügels gelagert. Die Reguliermutter (43), welche auf der Hauptwelle befestigt und mit Hilfe einer Schraubensicherung gesichert ist, ruht auf einer Gußbüchse (42).

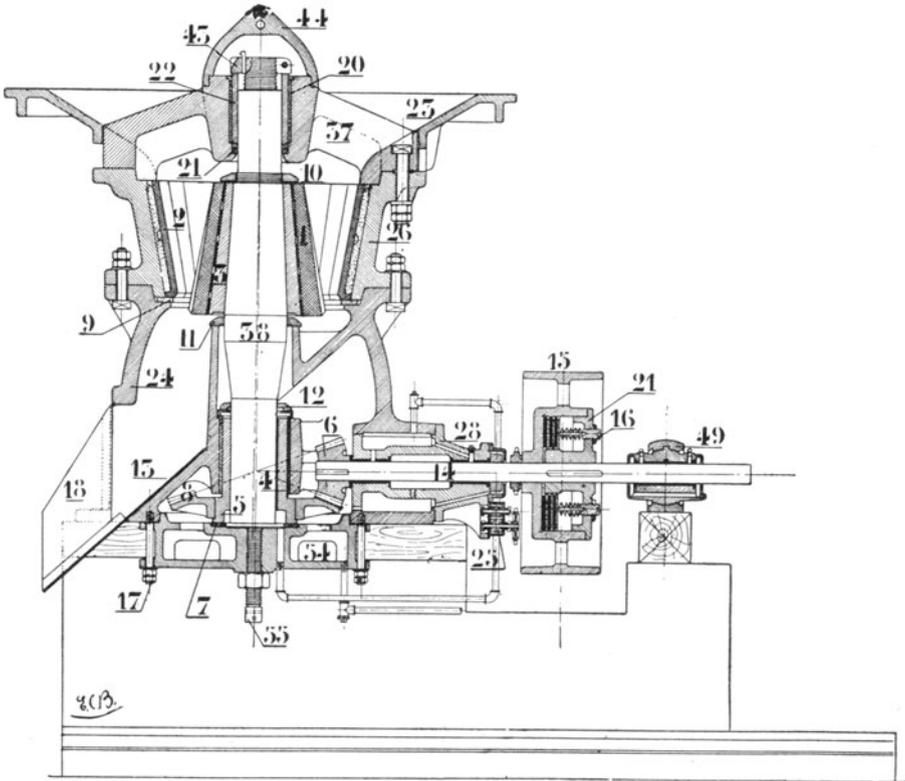


Abb. 26. Schnitt durch den „Atlas“-Rundbrecher.

Diese selbst trägt eine doppelte Verschraubung, die aus zwei Hartstahlringen zusammengesetzt ist. Der untere Ring bildet eine Lauffläche, die sich auf ein, im Bügel angebrachtes Widerlager stützt. Der Stützpunkt befindet sich in nächster Nähe des Fixpunktes der pendelnden Welle. Das vermindert die relative Bewegung der Maschinenteile, die damit in Verbindung stehen und führt infolgedessen die Reibung auf ein Minimum zurück. Andererseits hat die Büchse (22) den Zweck, den Mittelpunkt der Pendelbewegung so niedrig wie möglich zu unterstützen und infolgedessen für einen gegebenen Hebelarm den Zer-

kleinerungsdruck zu erhöhen. Die Spitzbogenhaube (44) schützt die gesamte Aufhängung. Sie liegt einfach auf einer geschichteten Fläche und erhält sich durch ihr Eigengewicht auf ihrem Platz.

Die Hauptwelle ist infolge der Anordnung der übrigen Maschinenteile um ein ganz bedeutendes Stück kürzer als sie bei dem Rundbrecher im allgemeinen gebaut werden, so daß dieselbe bei einem etwas leichteren Gewicht viel stärker ist als bei einer gewöhnlichen Maschine derselben Leistungsfähigkeit.

Der Brechkegel ist aus zwei Teilen zusammengesetzt: Einem auf der Hauptwelle aufgekeilten Gußkern (3), der als Träger für den Mantel (1) aus Manganstahl dient. Dieser wird durch Keile festgehalten und über Bleiplatten mit Hilfe der Schraubenmutter (10) gesichert. Auf diese Weise wird eine mit unvermeidlicher Elastizität vollkommene Verbindung mit wenig Kosten erreicht.

Das Exzenterlager (5) ist aus Guß hergestellt und auf den Tragflächen mit Antifrikionsmetall bekleidet. Es dreht sich in einem Bronzelager, das an seinem oberen Teil als Ölbehälter ausgebildet ist. Das Exzenterlager des „Atlas“-Brechers ist viel näher an den Brechkegel herangebaut als bei den Rundbrechern der üblichen Bauart und seine Ausladung ist kleiner als sonst bei diesen Maschinen üblich. Dagegen ist der übertragene Druck höher, auch wird es in seinen Abmessungen stark gehalten, jedoch so, daß die spezifischen Drücke in zulässigen Grenzen bleiben. Das Antriebsrad ist auf dem Exzenterlager verkeilt. Das ist viel einfacher als die Verbindung mit Nieten, die hier gewöhnlich verwendet werden. Das Exzenterlager ruht auf einer Verschleißplatte aus Bronze (7), die von der unteren Abschlußplatte getragen wird.

Der Antrieb stellt eine der am glücklichsten gelösten Einzelteile des „Atlas“-Rundbrechers dar. Die Welle (14) wird durch ein Doppellager aus einem Stück (28) getragen, das sehr solid in einer im Maschinenrahmen vorgesehenen Aussparung befestigt ist. Durch einfaches Lösen von zwei Muttern kann man mit einem Schläge das doppelte Lager, die Welle und das konische Antriebsrad (6) herausnehmen. Außerdem sind drei gleiche Öffnungen — eine hinten und zwei andere rechts und links am Maschinenrahmen — bei allen Maschinen vorgesehen. Auf diese Weise ist es leicht, im Augenblick den Platz für den Antrieb mit Rücksicht auf den Auslauf des Brechgutes zu ändern. Dieser Vorteil ist unschätzbar, wenn man mehrere Maschinen, die nebeneinander arbeiten, aufstellt, denn man kann immer ihre gegenseitige Lage ändern.

Die Antriebsscheibe (15) ist mit einer Vorrichtung ausgestattet, die eine sehr interessante Neuerung auf diesem Gebiete darstellt: Der selbsttätige und regulierbare Kraftbegrenzer (21).

Dieser Maschinenteil besteht aus einer Anzahl von Friktionsscheiben, die in einen Kasten eingeschlossen und mit Hilfe von regulierbaren Spannfedern (16) gegeneinander gedrückt werden. Im Falle der Überlastung beim Ausrücken, ebenso, wenn ein nicht brechbarer, metallischer Fremdkörper zufällig in die Maschine fällt, rückt sich die Riemenscheibe selbst aus und tritt erst dann wieder selbsttätig in Tätigkeit, wenn die Ursache der Störung beseitigt ist. Diese einfache und sehr zuverlässige Vorrichtung, die schon in anderen Industriezweigen erprobt ist, ist wesentlich wirksamer und praktischer als Brechstifte und andere allgemein angewandte Vorrichtungen. Sie vermeidet das Reißen und Gleiten des Riemens, was außerordentlich unangenehm ist in solchen Fällen, wo sehr starke und deshalb sehr teure Riemen notwendig sind. Die Antriebswelle (14) wird übrigens noch von einem Ringschmier-Kugellager (49), das unabhängig von der Maschine ist, getragen.

Die Schmierung ist besonders sorgfältig ausprobiert worden; denn ihr gutes Funktionieren ist der Hauptgrund der Wirtschaftlichkeit und des Erfolges. Eine an einem gut zugänglichen Ort angebrachte und leicht auseinandernehmbare Ölpumpe mit Kettenradantrieb (25) wird durch eine kleine Gallsche Gelenkkette angetrieben. Die Pumpe bringt das Öl in den Behälter (28), der durch die Fundamentplatte gebildet wird. Ein Sieb verhindert den Eintritt von Unreinigkeiten.

Die Rohrleitung teilt sich in zwei Abzweigungen. Die eine geht nach unten, durchbricht die Bodenplatte und führt das Öl unter Druck in den unter dem Exzenterlager vorgesehenen, ringförmigen Hohlraum. Dieses Öl läuft zum Teil zwischen Exzenterlager und Verschleißplatte (7) hindurch, während der andere wichtigste Teil zwischen Hauptwelle und Exzenter hinaufsteigt, in den über dem Exzenterlager vorgesehenen, ringförmigen Raum tritt und dann zwischen dem Exzenter und seiner Lagerung zurückläuft. Schließlich kehrt das ganze Öl zum Behälter (54) zurück.

Die zweite Rohrleitung bringt das Öl in einen im oberen Teil des Doppellagers liegenden Behälter (28). Von da aus fließt das Öl durch die Lagerschalen der Antriebswelle und läuft dann durch einige Kanäle zum Behälter (54) zurück. Wenn wir nun noch erwähnen, daß ein wirksamer Schutz gegen Staub überall vorgesehen ist, kann man sicher darauf rechnen, daß mit Rücksicht auf die beständige Aufrechterhaltung der Laufflächen in gutem Zustand, d. h. die Erwärmung und den Verschleiß zu verringern und die Ursachen von Störungen zu vermeiden, alle Vorkehrungen getroffen sind.

Der „Atlas“-Brecher wird in fünf gängigen Größen hergestellt, von 200 bis 400 mm Einwurfsöffnung (Nr. 4 bis 8) bei einem Gewicht, das von 8500 bis 30000 kg schwankt.

„Superior“-Rundbrecher von Mc. Cully. Die Abb. 27 zeigt einen Schnitt durch einen amerikanischen Rundbrecher „Superior“ von Worthington mit kurzer Hauptwelle. Man wird an dieser Maschine folgende Eigentümlichkeiten bemerken :

1. Das Fehlen des Einwurftrichters. Der Aufhängebügel wird durch zwei sehr kräftige Arme gebildet und hat ein tiefes Mahlgehäuse,

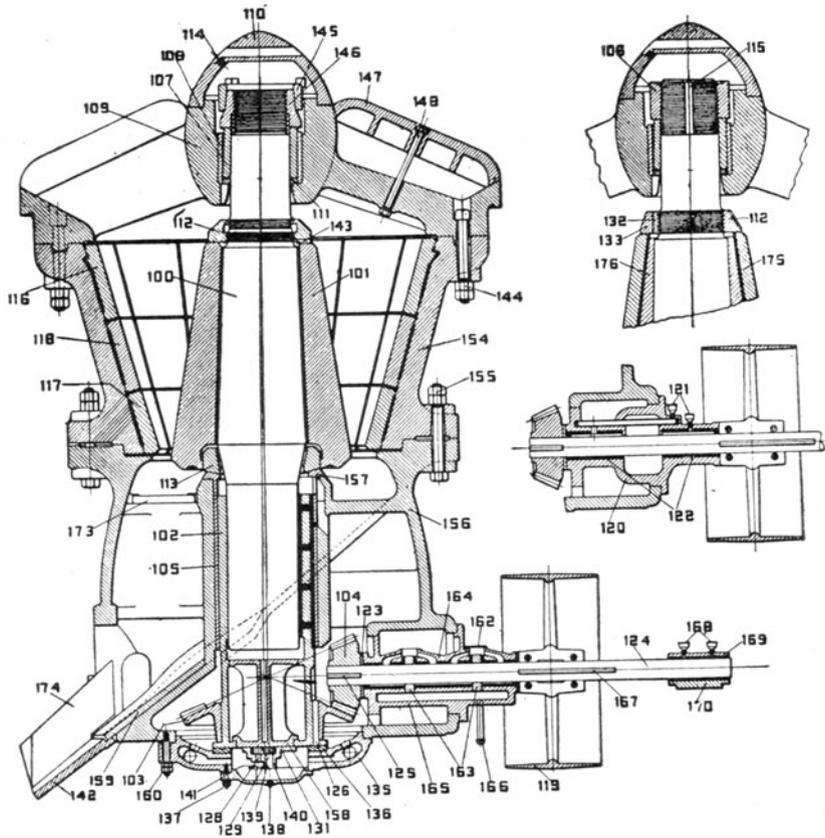


Abb. 27. Schnitt durch den „Superior“-Rundbrecher Mc. Cully, Société française de Pompes et Machines, Worthington.

um das Drehmoment auf ein Minimum herabzudrücken. Die Arme sind mit einem Ring vereinigt, der sie mit dem oberen Flanschen des Maschinenrahmens verbindet. Dieser Ring überdeckt den oberen Teil des Brechgehäuses und schützt ihn gegen die Fallwirkung des Gesteins beim Einwerfen. Bei den großen Maschinen sind der Ring sowohl als auch die Arme des Bügels mit auswechselbaren Verschleißplatten bedeckt. Dieser Ring bildet den untersten Teil des Einwurftrichters.

Man hat es viel vorteilhafter gefunden, zur Speisung der Rundbrecher Holzschurren mit ein wenig schrägliegendem Boden zu verwenden, in welchem das in der Böschung angehäuft zurückbleibende Gestein oder Erz selbst eine sehr sparsame Schutzverkleidung bildet.

Die Aufhängung findet im Fixpunkt der Pendelbewegung mittels einer einstellbaren Mutter statt, die auf der Welle auf folgende Weise befestigt ist :

Diese Mutter ist über einen oder mehrere Gänge geschlitzt und auf der Außenseite konisch abgedreht. Eine Muffe von gleichem Konus wird um die Mutter herumgelegt und mit Schrauben gesichert. Eine so befestigte Aufhängemutter sitzt fest auf ihrem Schraubengewinde.

Die Exzenterlagerung hat sehr große Berührungsflächen, um den spezifischen Druck tunlichst zu vermindern. Sie ruht in einer im Unterteil des Maschinenrahmens eingebauten Hülse und ist mit der schrägliegenden Zwischenwand verbunden, die zum Auslauf des gebrochenen Gutes dient. Eine mit dem Exzenterlager zusammengebaute Zahnradpumpe bewirkt einen ununterbrochenen Umlauf des Öles. Sie zieht das Öl in den Ölbehälter in der Bodenplatte und drückt es zwischen die Hauptwelle und die Exzenterlagerung. Dieses Öl fällt dann zwischen dem Exzenterlager und seiner Lagerhülse oder auch außerhalb des Lagers gegen das konische Antriebsrad. Nachdem alle Berührungsflächen geschmiert und gekühlt sind, läuft es in den unteren Ölbehälter zurück. Ein wirksamer Schutz gegen Staub wird durch einen schweren Ring herbeigeführt, der unter dem Brechkegel liegt und an denselben angepaßt ist. Dieser Ring ist über die innere Fläche kugelförmig gedreht und liegt auf einer Sitzfläche von passender Form, die für den oberen Teil des Exzenterlagers vorgesehen ist. Der Mittelpunkt dieser kugelförmigen Tragfläche liegt im Fixpunkt der Pendelbewegung. Sie verursacht kein Gleiten und es ist jedem Fremdkörper unmöglich, den Ring aus seiner Lage zu bringen oder bis zum Exzenterlager vorzudringen.

Die „Superior“-Rundbrecher werden in allen Größen gebaut, von 8 Zoll (200 mm) bis 60 Zoll (1500 mm) Einwurföffnung.

Der Vorteil, der durch diese Bauart erzielt wird, wird erst sichtbar durch den folgenden Vergleich :

Ein „Mc. Cully“-Brecher, Type Standard, von 10 Zoll (250 mm) entspricht der Nr. 5 der Zahlentafel und wiegt 15 bis 16000 kg. Ein „Superior“-Brecher Mc. Cully von derselben Aufgabeeöffnung wiegt nicht mehr als 12200 kg.

Bei den großen Abmessungen vergrößert sich dieser Abstand noch viel mehr. Ein Mc. Cully-Rundbrecher „Mammoth“ von 36 Zoll (900 mm), der in Anson Hill für den Panamakanal aufgestellt wurde, wiegt 185000 kg. Ein „Superior“-Brecher Mc. Cully von entsprechender Leistung wiegt nicht mehr als 115000 kg.

**Rundbrecher „Style N“ von Allis Chalmers.** Die Allis Chalmers Mfg. Co, die die Original-Gatesrundbrecher baut, hat vor kurzem ein neues Modell unter der Bezeichnung „Style N“ auf den Markt gebracht, das sich ebenfalls unter die Klasse der Rundbrecher mit kurzer Hauptwelle einreicht. Diese Maschine, deren Gesamtanordnung sehr glücklich gewählt ist, hat als Haupteigentümlichkeit zwei Austrittöffnungen für das Brechgut aufzuweisen, die nebeneinander angeordnet und nur durch eine kräftige Gußsäule voneinander getrennt sind. Der Maschinenrahmen ist auch viel stärker und läßt für den leichten Austritt des gebrochenen Gutes alles frei.

Wir führen diese Maschine an, um die allgemeine Auffassung der erfahrensten Konstrukteure über die Rundbrecher mit kurzer Hauptwelle zu zeigen.

**Der „Bulldog“-Rundbrecher** von der Traylor Engineering and Mfg. Co. Bei diesen Maschinen ist die Hauptachse noch viel kürzer als bei denen, welche wir schon beschrieben haben.

Die Abb. 28 zeigt im Schnitt einen „Bulldog“-Rundbrecher. Man bemerkt:

1. Der Bügel besteht aus einem Hohlbalken von kastenförmigem Querschnitt in flacher Bogenform. Eine Nabe in der Mitte trägt eine Aufhängung der Hauptwelle, während die beiden bearbeiteten Enden in den Sitzflächen ruhen, die in dem oberen Teil des Maschinenrahmens vorgesehen und mit demselben durch starke Schrauben verbunden sind. Auf Grund der Tatsache, daß der Aufhängepunkt genau in einer Linie mit den Angriffspunkten des Bügels liegt, ist der Hebelarm sehr klein und die Rückwirkung, welche von der Pendelwelle ausgeht, ist nicht imstande, einen Bruch des Bügels hervorzurufen.

Schutzplatten schützen die obere Seite der beiden Bügelarme.

2. Die Aufhängung hat eine selbsttätige Zusammenhaltung. Sie besteht aus einer Stahlgußmutter, die am Ende der Hauptwelle angeschraubt ist. Die Mutter ist außen konisch abgedreht und der Länge nach aufgeschnitten. Einschnitte, die den anderen in regelmäßigen Zwischenräumen folgen, erhöhen die Biegsamkeit. Dieser Konus klemmt sich an der Innenseite einer Stahlbüchse fest, die die Hauptwelle umgibt. Diese Büchse ruht auf einem Stahlstützring, der in der Bügelnahe befestigt ist und dreht sich in einer Hartgußlagerbüchse. Diese ist mit einem gewissen Spielraum ausgebohrt, um die Pendelbewegung der Hauptwelle zu ermöglichen. Unter dem Gewicht der Hauptwelle und des Brechkegels klemmt sich die konische Mutter in die Stahlbüchse, welche auf dem Stahlstützring ruht. Da sie der Länge nach aufgeschnitten ist, so ruft das Klemmen einen starken Druck auf das Gewinde der Hauptwelle hervor. Der Flansch am Oberteil der Stahlgußmutter trägt drei oder fünf Druck-

schrauben, die auf die Stahlbüchse drücken und bewirken, daß sich die Klemmung löst.

3. Die Pendel-Hauptwelle ist fast um die Hälfte kürzer als bei den normalen Ausführungen.

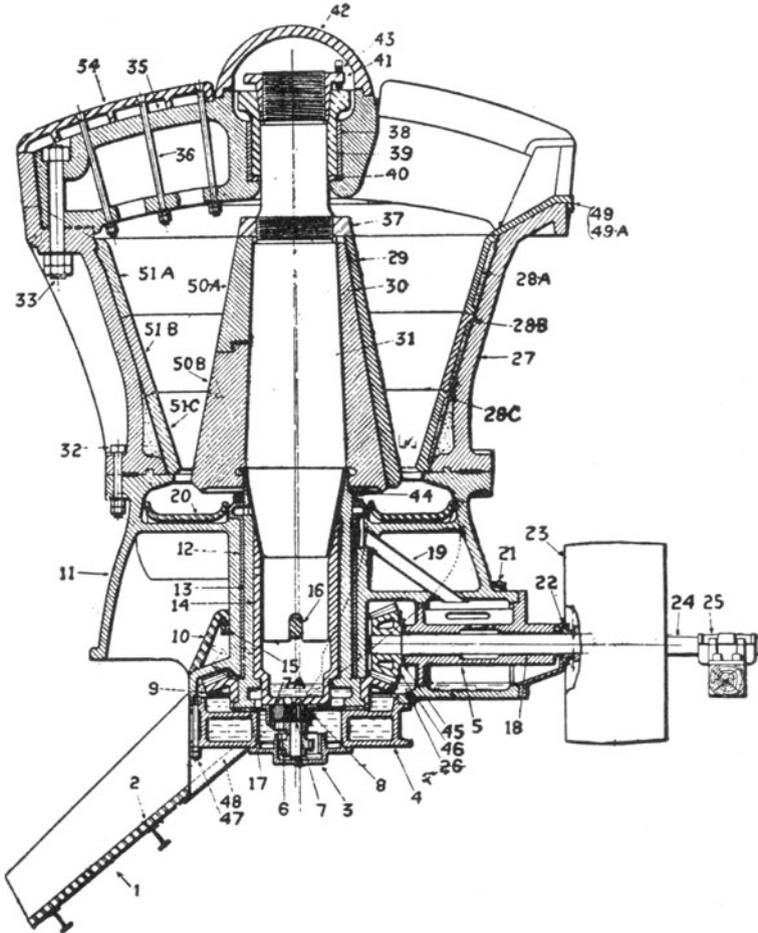


Abb. 28. „Bulldog“-Rundbrecher von Traylor.

4. Das Exzenterlager wirkt nicht unmittelbar auf die Hauptwelle, sondern durch eine gehärtete Stahlbüchse, welche den unteren Teil der Hauptwelle umgibt.

Der untere Teil der Welle trägt einen Schlitz, durch welchen ein mit der Büchse verbundener Keil geht. Auf diese Weise kann die Hauptwelle eine gewisse Neigung einnehmen und diese wird in vollkommener Weise ermöglicht durch die Büchse mit ihrer erweiterten Bohrung im

Exzenterlager. Außerdem wird die Oberfläche der Berührungsfläche vergrößert und damit der Druck auf die Flächeneinheit vermindert und die Reibung verringert. An das untere Ende der Büchse ist eine Zahnradpumpe angebaut, welche den Ölumlaufl besorgt.

5. Die Außenwandung des Exzenterlagers ist in ihrem oberen Teil als ringförmiger Hohlraum ausgebildet, der unter dem Brechlager vorgesehen ist. Auf diese Weise wird ein wirksamer Schutz gegen Staub hergestellt.

6. Übrigens verhindert der unter Druck stehende Ölumlaufl das Eindringen von Staub. Die am unteren Ende der Hauptwellenbüchse angebrachte Ölpumpe wird durch die exzentrische Bewegung ihres Supportes angetrieben. Ein kleines Antriebsrad, das mit der Pumpe in Verbindung steht, rollt in einem Zahnkranz mit Innenverzahnung, welcher an der unteren Maschinenrahmenplatte befestigt ist.

Alles zusammengefaßt stellt der Bulldog-Rundbrecher eine gedrungene gebaute Maschine von geringer Höhe dar und ist deshalb weniger Erschütterungen ausgesetzt, als die gängigen Maschinen von entsprechend

großen Abmessungen des Einwurfrichters. Übrigens bietet sie noch verschiedene wertvolle Vervollkommnungen.

Dieser Brecher wird in verschiedenen Abmessungen von 200 bis 1800 mm Einwurfsöffnung hergestellt. Nach diesem Modell wurde 1919 der Riese unter den Rundbrechern ausgeführt: Ein „Bulldog“ von 1830 × 6150 mm Einwurfsöffnung im Gewicht von 450000 kg und fähig, in der Stunde 2000—3000 t Gestein zu bewältigen! Anbei einige Maße, die unsere Fachleuten überzeugten, daß es sich nur um einen Bluff handelte:

Durchmesser des Einwurfrichters . . . . .	7200 mm
Maße der Antriebsscheibe . . . . .	240 × 13200 „
Höhe von Oberkante des Einwurfrichters über dem Fußboden	14000 „

Es kann wohl möglich sein, daß nach allem eine solche Maschine einem besonderen Bedürfnis entspricht; denn wir können uns leicht

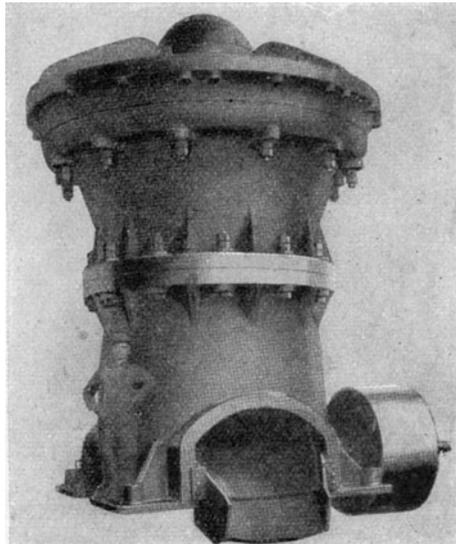


Abb. 29. „Superior“-Rundbrecher Mc. Cully.

einen Begriff von der Bedeutung der Steinbruchausbeutung in den Vereinigten Staaten machen. Die bei uns fast unbekannte Dampfschaufel gestattet dort die wirtschaftliche Handhabung sehr großer Steinblöcke. Aber das liegt wohl auf der Hand, daß es nur auf Kosten der Merkwürdigkeit geht, wenn wir hier davon sprechen. Etwas ähnliches würde sich bei uns mechanisch nicht heimisch machen können.

In Abb. 29 geben wir einen „Superior“ Mc. Cully von 36 Zoll (900 mm) wieder, der 118000 kg wiegt und schon eine anständige Maschine darstellt. Wir können sie ohne Bedenken als die äußerste Grenze des Ehrgeizes des alten Erdteiles festlegen.

### VIII. Rundbrecher mit feststehender Welle.

Das Grundgesetz des Hebels auf den Betrieb der Rundbrecher angewendet, führt zu einem viel zu großen Platzverbrauch in bezug auf die Höhe der Maschine. Wir haben gesehen, daß man bei einigen neuzeitlichen Rundbrechern durch Verminderung des Hebelarmes diese Höhe verkleinert hat. Der Einheitsdruck auf das Exzenterlager vergrößert sich dann und um hier Abhilfe zu schaffen, hat man ihm eine größere Lauffläche gegeben.

Die Maschinen, die wir nun untersuchen wollen, haben den Hebelarm so weit verringert, daß er ganz verschwunden ist.

Bei diesen Maschinen wird das Exzenterlager (2) in das Innere des Brechkegels (4) verlegt und stützt sich auf eine feststehende Welle oder Bolzen (1), der durch die ganze Maschine hindurchgeht. Der Brechkegel erhält dann eine planetenartige Bewegung, die ebensoviel nach oben wie nach unten geht, und diese ist es, welche sie von der Bewegung der Rundbrecher mit Pendelwelle unterscheidet. Hier ist das Hebelgesetz ganz aufgegeben, um dem Druck durch unmittelbare Kraftwirkung Platz zu machen. Die Laufflächen sind bedeutend vergrößert, um den ungeheuren in Erscheinung tretenden Pressungen Druckfläche zu schaffen.

Die Abb. 30 zeigt einen Rundbrecher mit feststehender Achse auf seinem Fundamentsockel.

Die Anhänger dieser Bauart heben hervor, daß theoretisch die aufgewendete Arbeit dieselbe ist und daß, was die praktische Ausführung anbetrifft, die Maschine viel weniger Umfang einnimmt. Es ist klar, daß eine auf den Brechkegel gegebene Arbeit gleich der theoretischen Arbeit ( $\text{Kraft} \times \text{Weg}$ ) ist. Wenn man dennoch die auftretenden, enormen Drücke in Rechnung zieht, um in gutem Verhältnis zum spezifischen Druck zu bleiben, muß man die Tragflächen ganz bedeutend vergrößern. Wie die Höhe im Verhältnis zum Brechkegel feststeht, wird man dazu kommen, auch die Durchmesser zu vergrößern; aber

die Vergrößerung ist nicht durchführbar ohne die nachstehenden Folgen :

1. Die relative Geschwindigkeit der in Berührung befindlichen Oberflächen vergrößert sich in demselben Verhältnis und mit ihr der Verschleiß sowie der Kraftverbrauch für die passiven Widerstände.

2. Man ist gezwungen, den Durchmesser des Brechkegels zu vergrößern und dann den des Brechgehäuses. Bei gleichem Einwurfs-

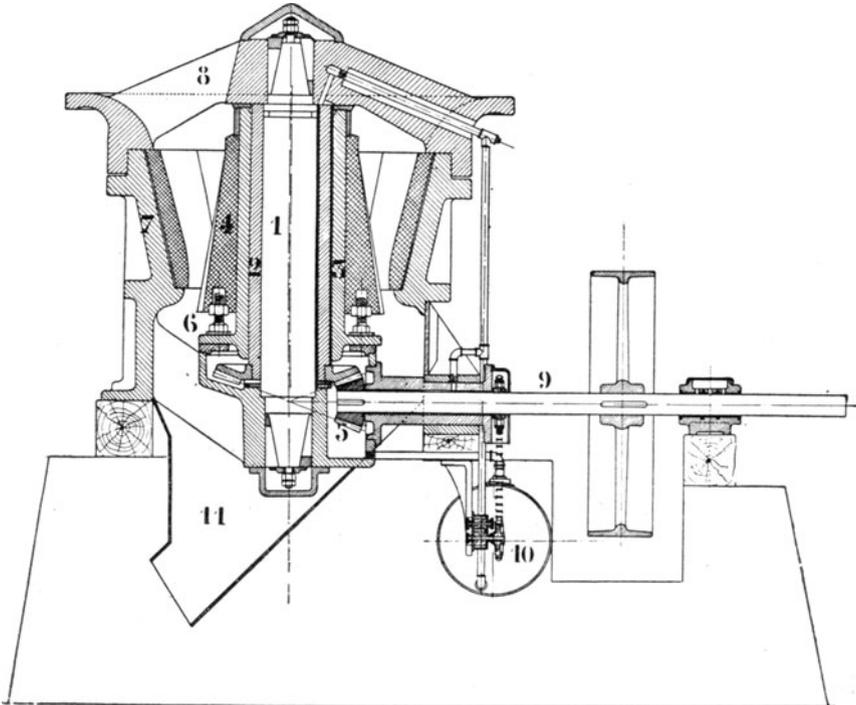


Abb. 30. Rundbrecher mit feststehender Welle.

querschnitt und infolgedessen bei gleicher Leistung werden wir eine Maschine erhalten, deren Einwurf noch schmäler wird als bei einem normalen Rundbrecher.

Endlich müssen wir denselben Grundsatz wie für die Backenbrecher mit direktem Antrieb aussprechen :

Die Bauart dieser Maschinen erfordert besondere Sorgfalt und die Verwendung von Metallen von ausnahmsweise guter Beschaffenheit mit Rücksicht auf die zu übertragenden enormen Kräfte.

Unter diesen Voraussetzungen halten wir sie für fähig, dieselbe Arbeit zu leisten wie die Rundbrecher mit Pendelwelle und können in gewissen Fällen selbst mit Vorteil ihre Aufstellung empfehlen. Zum

Zahlentafel 7. „Telsmith“-Rundbrecher mit feststehender Hauptwelle.

Modell Nr.	3	4	5	6	7 1/4	8	9
Aufgabeöffnung . . . . . mm	180 × 940	200 × 1040	250 × 1220	310 × 1400	360 × 1780	460 × 1900	530 × 2300
Gewicht . . . . . kg	5200	6800	9100	13900	22700	25400	45400
Riemenscheiben { Abmessungen . . . . . mm	810 × 250	910 × 310	1070 × 310	1220 × 410	1420 × 460	1420 × 460	1530 × 510
Umdrehungen i. d. Min.	375	365	354	320	284	300	325
Kraftverbrauch . . . . . HP	15	20	25	40	50	60	90
Mittlere Leistung in t/Std. durch den Ring von	25 mm	—	—	—	—	—	—
	31 „	24—27	—	—	—	—	—
	38 „	27—30	35—39	—	—	—	—
	44 „	30—33	39—44	—	—	—	—
	51 „	—	44—49	67—76	—	—	—
Äußerer Durchmesser des Einwurftrichters . . . . . mm	—	—	49—55	76—85	120—150	165—190	—
	—	—	—	85—95	150—175	190—225	—
	—	—	—	—	175—200	225—250	325—400
Höhe (der Maschine . . . . . mm	1390	1450	1750	2030	2340	2600	2900
Höhe (des Fundamentsockels . . . . . mm	935	1030	1200	1450	1580	1630	2150
Tiefe der Bechenwerkgrube . . . . . mm	1000	1000	1300	1880	955	965	2215
Tiefe der Bechenwerkgrube . . . . . mm	—	—	—	—	2000	2000	3900

Beispiel ist es wohl sicher, daß, wenn man eine große Menge Brechgut in verhältnismäßig gleichen Abmessungen (wie abgerundete Kiesel, Flintsteine, Geröll) zu verarbeiten hat, diese Maschine von sehr großem Interesse sein wird.

Bei anderer Verwendung ist die Angelegenheit für jeden Einzelfall vorher zu prüfen.

Die nebenstehende Zahlentafel 7 macht Angaben für die Bauart der Rundbrecher mit feststehender Welle Telsmith (Paul Durand in Chalons-sur-Saône).

Es ist zu bemerken, daß das gebrochene Gut durch sein Eigengewicht unter die Maschine fällt und durch eine schrägliegende Schurre, die im Fundamentsockel liegt, aufgenommen werden muß (Abb. 30). Man kann das Herausfallen nach irgendeiner Richtung in bezug auf den Antrieb einrichten. Im allgemeinen entleert der Brecher sein Brechgut unmittelbar in ein Bechenwerk, dessen Schöpftrog sich in einer Grube unter der Maschine befindet.

Eine wohlbekannte französische Fabrik „Les fils de Jules Weitz“, Ateliers de Construction in Lyon, ist damit beschäftigt, einen Rundbrecher „Hercules“ auf den Markt zu bringen, der nach dem Grundsatz des Rundbrechers mit feststehender Hauptwelle gebaut werden soll.

Der Rundbrecher „Hercules“ wird in vier Größen ausgeführt, die genau den Nummern 5, 6, 6½ und 7½ der früheren Zahlentafel entsprechen.

Trotzdem das vorliegende Buch über jede Voreingenommenheit der Reklame erhaben aufzufassen ist, müssen wir uns doch erlauben, auf das große Interesse Gewicht zu legen, welches die Einführung dieser Maschinen auf den französischen Markt hat. Wir haben schon auseinandergesetzt, warum, von allen sentimentalischen Betrachtungen, welche mit dieser Sache nichts zu tun haben, abgesehen, die in Frankreich gebaute Maschine vorteilhafter sein muß als die vom Ausland eingeführte. Die französischen Industriellen, welche diese Frage interessiert, können sich doch nur freuen, auf dem Nationalmarkt endlich Maschinen moderner Auffassung erscheinen zu sehen, die nach Grundsätzen hergestellt sind, welche den Beweis ihrer Brauchbarkeit schon im Auslande erbracht haben.

## IX. Fein-Rundbrecher.

Die Maschinen, die wir bisher behandelt haben, sind Steinbrecher für die Grobzerkleinerung und arbeiten nur mit einer Spaltweite von 50 bis 60 mm und mehr vorteilhaft. Übrigens haben wir gesehen, daß beim größten Teil der Fälle man den Vorteil des Zulassens von 15% Rückstand oder „Übergang“ hat, der größer ist als die gewünschte Korngröße und nachgebrochen werden muß. Bei den Anlagen von einiger Bedeutung werden die Rückstände durch einen Nachbrecher verarbeitet.

Für die besondere Verwendung dieser Nachbrecher diene folgendes:

1. Nachbrechen des schon auf 100 bis 150 mm Größe vorzerkleinerten Brechgutes zur Herstellung von Kies, Splitt und Sand.

2. Brechen von schon durch die Natur sortierten Brechgutes, wie Kieselsteine, Flußkies mit Rücksicht auf den gleichen Verwendungszweck.

3. Zerkleinern mit Rücksicht auf eine weitere Vermahlung des schon in kleinen Stückchen erhaltenen Brechgutes, wie Grappiers, Portlandzementklinker usw., um die Vermahlung wirtschaftlich und in großen Mengen durchzuführen.

Es gibt eine Art von Sondersteinbrechern, welche wir nun behandeln wollen. Es kann nur vorteilhaft sein, in eine vorhandene Anlage Maschinen von der gleichen Bauart aufzustellen, die gleichzeitig als Vor-

brech- und Nachzerkleinerungsmaschinen verwendet werden können. Ein Rundbrecher normaler Bauart kann leicht in einen Nachbrecher nach den nachstehenden Abänderungen umgestellt werden:

1. Vergrößerung der Antriebsgeschwindigkeit.
2. Auswechslung des Brechkegels durch einen weniger hohen, aber mit größerem Durchmesser des oberen Teiles und Abänderung des Brechgehäuses im Sinne der nachstehenden Abb. 31.

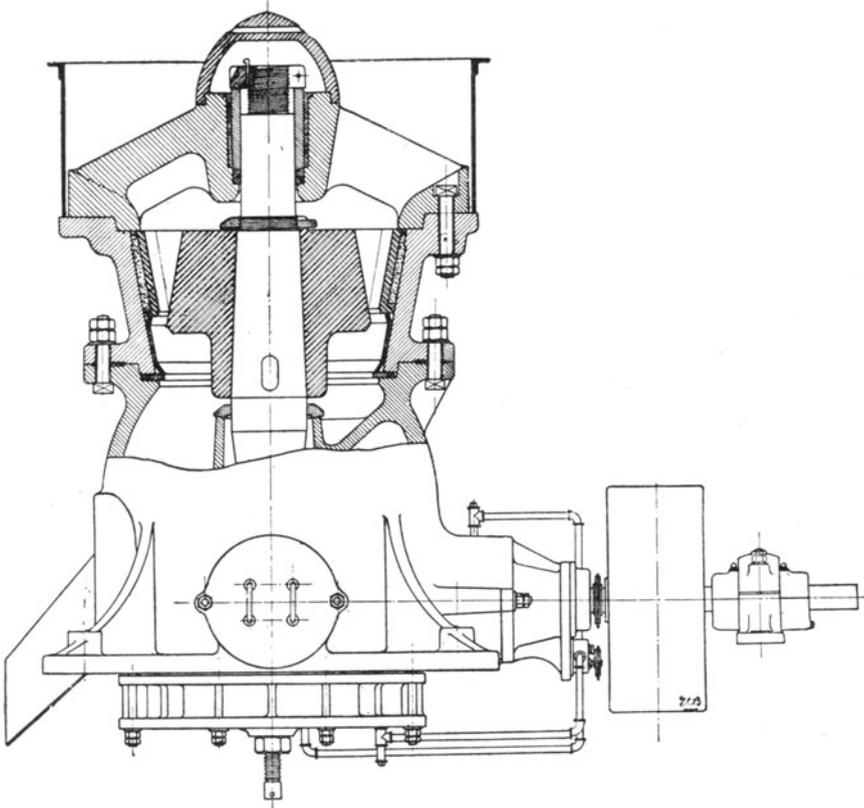


Abb. 31. „Atlas“-Rundbrecher zum Feinbrechen.

3. Ersetzen des gußeisernen Einlauftrichters durch einen Blechtrichter, dessen nutzbarer Fassungsraum größer sein kann.

Diese Veränderungen haben die Verkleinerung des freien Raumes zwischen dem Brechkegel und dem Brechgehäuse ebenso am Eintritt wie am Austritt zur Folge. Und das alles geschieht, um den lichten Raum für den Austritt zu vergrößern. Auf diese Weise und auch durch die Vergrößerung der Geschwindigkeit kann die Leistung in vernünftigen Grenzen aufrechterhalten werden.

Die nachstehende Zahlentafel 8 gibt die Maße und Leistungen des Rundbrechers „Atlas“ Nr. 4, 5 und 6 zum Nachbrechen eingerichtet an.

Zahlentafel 8. Leistungen des Rundbrechers „Atlas“ zum Feinbrechen.

Brecher Nr.	4	5	6	
Stückgröße {	größte bei der Aufgabe. . . . . mm	125	150	200
	kleinste des Brechgutes. . . . . „	25	30	35
Leistung in t/Std. . . . . m <sup>3</sup>	10—15	18—20	30—35	
Umdrehungen der Antriebsscheibe i. d. Min. . . .	580	550	520	
Erforderlicher Kraftverbrauch . . . . . HP	12—18	18—25	25—35	

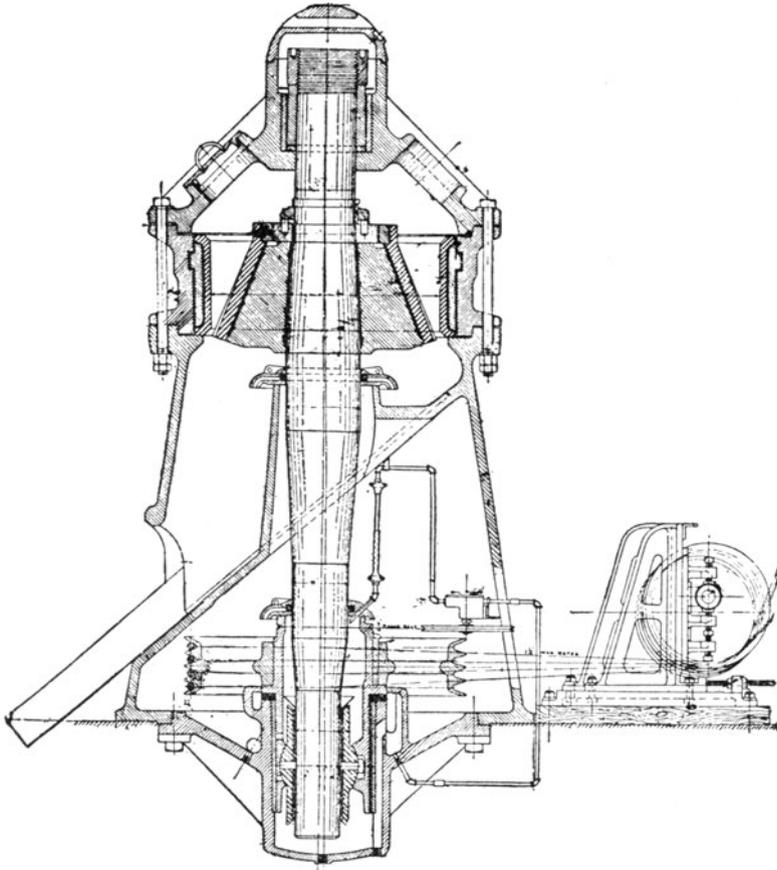


Abb. 32. Rundbrecher ohne Zahnradantrieb „Kennedy“.

Als wichtiger Grundsatz muß beachtet werden, daß es vorteilhaft ist, nur einen solchen Brecher zu verwenden, der für den Zweck besonders geprüft ist. Die Abb. 32 zeigt den Rundbrecher ohne Zahnradantrieb „Kennedy“. Der direkte Antrieb durch Riemen oder Seile läßt

die Vergrößerung der Umdrehungsgeschwindigkeit zu und infolgedessen auch eine Vergrößerung der Leistungsfähigkeit. Diese Maschine ist gekennzeichnet durch:

1. Einen direkten Antrieb, der eine Steigerung der Exzentergeschwindigkeit bis auf 300 Umdrehungen in der Minute zuläßt. Das ergibt einen Umfangsweg zum Feinbrechen von 840 m in der Minute und daher eine sehr große Leistung.

2. Das Brechgehäuse sowie die Bekleidung des Brechkegels wird aus Manganstahl hergestellt. Dieser besteht aus einem Gußkern, der auf der Pendelwelle befestigt ist und einem Mantel aus Manganstahl, der durch eine selbsttätige Klemmvorrichtung festgehalten wird, trägt.

3. Der Winkel, der durch den Brechkegel und die senkrechte Seitenwandung des Brechgehäuses gebildet wird, hat genügend Öffnung, um eine Einstellung in den weitesten Grenzen (von 12 bis 60 mm) herbeiführen zu können.

4. Der Unterteil des Maschinenrahmens ist konisch geformt, mit starker Grundplatte und einer um  $45^\circ$  geneigten Zwischenwand versehen, die, mit Verschleißplatten bekleidet, zur Entleerung des Brechgutes dient.

5. Die runde untere Abdeckplatte enthält das Exzenterlager. Aber hier wird das konische Zahngetriebe durch eine Riemenscheibe für unmittelbaren Antrieb ersetzt.

Aus der nachstehenden Zahlentafel 9 sind die erforderlichen Angaben und Leistungsfähigkeiten des Feinrundbrechers „Kennedy“ zu entnehmen. Man kann daraus feststellen, daß diese Maschinen eine ganz bedeutende Leistung (12 bis 150 t) erreichen können.

Zahlentafel 9. Feinrundbrecher „Kennedy“.

Nummer des Modells	25	37	49
Durchmesser der Öffnungen . . . . . mm	140	180	315
Ungefähres Gewicht. . . . . kg	6800	13600	22700
Größte Abmessung der Aufgabestücke. mm	75	100	180
Kleinstes Maß der Einstellung . . . . „	9	12	19
Durchmesser der Riemenscheibe . . . . „	900	1050	—
Anzahl der Einwurfsöffnungen . . . . .	3	4	—
Ungefährer Kraftverbrauch . . . . . HP	15—20	20—30	40—60
Leistung in t/Std. Brechgut durch den Ring von	12 mm	12—20	—
	19 „	18—25	25—40
	25 „	20—30	30—45
	37 „	25—35	45—70
	50 „	—	50—100
63 „	—	—	80—125
			100—150

Ein „Kennedy“-Rundbrecher Nr. 37 wiegt, um einen Vergleich zu ziehen, 13600 kg und kann drei bis vier „Standard“-Rundbrecher Nr. 4

vom Einheitsgewicht 10000 kg, die für Feinbruch eingerichtet sind, ersetzen, wie es oben bereits gesagt worden ist.

Das Prinzip des Rundbrechers mit feststehender Welle kann ebenfalls auf die Zwischen- oder Nachzerkleinerung angewendet werden. Die Abb. 33 zeigt im Schnitt einen Fein-Rundbrecher mit feststehender Welle, Bauart Telsmith, der nach demselben Grundsatz wie der schon beschriebene Grobbrecher gebaut ist.

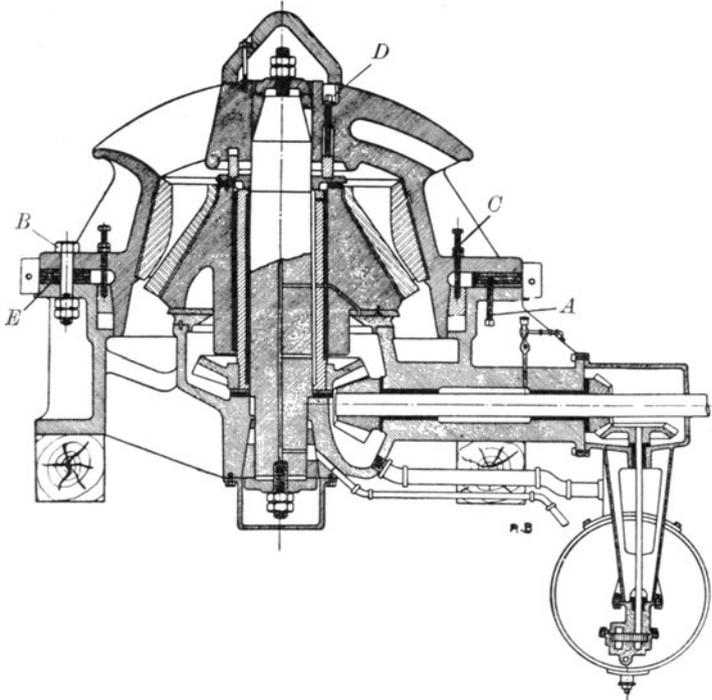


Abb. 33. Nachbrecher Telsmith.

Der Maschinenrahmen besteht aus zwei Teilen. Der untere bildet einen Fundamentsockel für die Maschine und enthält die Nabe, welche zum unteren Stützpunkt der feststehenden Welle und des Lagers für die Antriebswelle dient. Der obere konische Teil ist innenseitig mit dem Brechgehäuse ausgerüstet. Er bildet zu gleicher Zeit den Aufgabetrichter und trägt mittels eines Bügels die obere Nabe für die feststehende Welle.

Das Brechgehäuse und die Bekleidung des Brechkegels sind aus Manganstahl hergestellt. Diese Teile sind so angeordnet, daß der Durchmesser am Austritt bedeutend größer ist als der Durchmesser am Einwurf. Diese Anordnung läßt eine sehr schnelle Entleerung des Brechgutes zu und sichert ganz bedeutende Leistungen.

Die Einstellung der Korngröße des Brechgutes erreicht man durch Senken oder Heben des Brechgehäuses. Zu diesem Zwecke werden eine Anzahl von Ausgleichsstücken *E* zwischen die Flanschen, welche den Oberteil mit dem Unterteil des Maschinenrahmens verbinden, gelegt. Diese Ausgleichstücke werden durch die Schrauben *A* auf ihrem Platze festgehalten. Ferner verbinden die Schrauben *B* die beiden Flanschen und der konische Keilring mit Einstellschrauben *C* sichert die vollständig steife Verbindung des Maschinenrahmens. Die Verschraubung mit der feststehenden Welle verstärkt noch die Verbindung des Ganzen.

Diese Maschinen nehmen schon bis auf 100 bis 175 mm vorgebrochenes Brechgut auf. Sie führen bei sehr großer Leistung und einem Minimum an Raumbedarf die Zerkleinerung auf Körnung von 12, 20 oder 30 mm herbei. Sie können unter der Last eines Silos bis 6 m Höhe arbeiten ohne automatische Aufgabevorrichtung und ohne die Befürchtung einer Verstopfung, selbst wenn man unter voller Belastung die Maschine einrückt.

Die Nachbrecher „Telsmith“ werden in zwei Größen ausgeführt, die Stückgrößen von 110 und 180 mm aufnehmen und bis auf 12 und 20 mm Korngröße zerkleinern mit den entsprechenden stündlichen Leistungen von 10 bis 50 t bei einem Kraftverbrauch von 20 und 50 HP.

Das Gewicht der kleineren Maschine beträgt 6200 kg und das der größeren 20000 kg.

Unsere Abb. 34 zeigt eine ganz eigenartige, in Amerika vor kurzem gebaute Maschine mit unmittelbarem Antrieb unter der Bezeichnung „Weston“-Rundbrecher (The Morgan Eng. Co. Alliance, Ohio). Diese Maschine ist im Verhältnis zum normalen Rundbrecher das gleiche, was für den „Dogde“-Brecher der „Blake“-Brecher ist.

Das Mittelstück, welches das Brechgehäuse umschließt, ist am unteren Teil der Maschine angebracht, während das Exzenterlager von drei starken Säulen getragen wird. Die Hauptwelle ruht in einem Spurlager am unteren Teile des Maschinenrahmens und erhält die Pendelbewegung am oberen Teil. Ein Elektromotor von aufrechtstehender Bauart, der vom Maschinenrahmen am oberen Ende getragen wird, treibt das Exzenterlager durch eine elastische Kupplung an.

Die Schmierung vollzieht sich durch einen sehr geistreichen Vorgang, der darin besteht, daß man den Ölbehälter mit der Pendelwelle sich drehen läßt, so daß das Schmiermittel selbsttätig in ein gebogenes Rohr gedrückt wird, das in den Ölbehälter eintaucht.

Diese Maschine wird in sechs Größen gebaut, deren Leistungen von 70 bis 450 t in der Stunde wechseln.

Die nachstehenden Ergebnisse sind mit einem „Weston“-Rundbrecher von 36 Zoll (innerer Durchmesser des Mittelstücks 900 mm ;

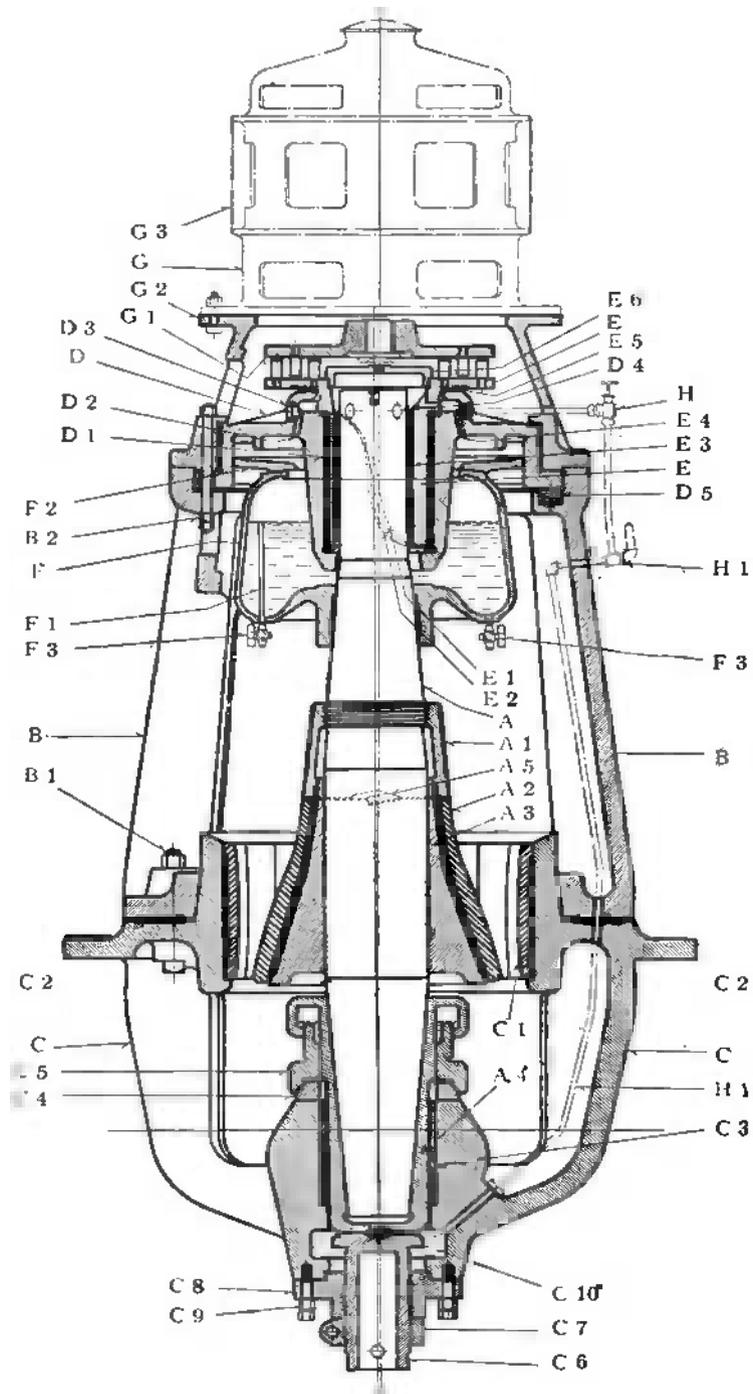


Abb. 34. „Weston“-Rundbrecher mit direktem Antrieb.

Höhe 450 mm; Eintrittsöffnung 190 mm und Austritt 63 mm) festgestellt worden:

Brechgut: Dichter Granit (Übergang von einem Rundbrecher).	
Leistung: 120 t in der Stunde.	
Kraftverbrauch: Größter Kraftverbrauch . . . . .	67 HP
„ Im Mittel . . . . .	50 „
„ des Motoren allein . . . . .	3,7 „
„ die leergehende Maschine . . . . .	6,6 „

Die ganz bedeutende Leistung der Maschine erklärt sich durch die große Geschwindigkeit, welche der unmittelbare Antrieb zuläßt und den kleinen Zerkleinerungskoeffizienten, der mit  $\left(\frac{1}{3}\right)$  wirkt.

## X. Schlußbetrachtungen.

Wir wissen hier keinen Vergleich zwischen den soeben beschriebenen Maschinen und den Backenbrechern, Bauart „Dodge“ oder „Simplex“, die für die gleiche Arbeit geeignet sind, aufzustellen. Die Leistungen stehen vollständig im Mißverhältnis. Es ist mehr als zweifelhaft, daß man bei uns solche Rundbrecher im ständigen Gebrauch finden kann, von denen der kleinste 10 bis 20 t stündlich erzeugt. Deshalb glauben wir nicht, daß die französischen Fabrikanten dazu kommen werden, noch lange Maschinen solcher Art in Erwägung zu ziehen, denn der voraussichtlich sehr geringe Umsatz wird daraus sehr unbecome Maschinen machen.

Dennoch haben wir sie aufgeführt, denn diese Maschinen sind sehr geistreich angelegt und es ist ganz gut, von ihrem Bestehen Kenntnis zu nehmen.

In fast allen Zerkleinerungsanlagen, welche etwa in unserem Lande (Frankreich) entstehen könnten, werden Brecher wie „Dodge“ oder „Simplex“ diejenigen Maschinen sein, welche für eine Verarbeitung der Rückstände bis zu 3 oder 4 t in der Stunde genügen. Das stellt schon eine Gesamtleistung von 15 bis 20 t eines Grobbrechers dar. Darüber hinaus, mögen es nun Vorbrecher von der Bauart der Rundbrecher sein oder nicht, wird es oft vorzuziehen sein, normale Rundbrecher nach Abb. 31, als Feinbrecher umgebaut, zu verwenden.

Nur in besonderen Ausnahmefällen bei sehr großen Produktionsmengen könnten sie dann als Nachbrecher für die vollendeten amerikanischen Rundbrecher zur Verwendung ins Auge gefaßt werden.

### Drittes Kapitel.

## Tellerbrecher.

### I. Allgemeines.

Der Tellerbrecher oder der Differential-Scheibenbrecher „Symons“ besteht im wesentlichen aus zwei konkaven, mit den Hohlflächen sich zugekehrten Scheiben (Abb. 35 u. 36). Die eine der Scheiben hat in der Mitte ein elliptisches Loch als Zugang für das zufließende Brechgut. Die Öffnung bildet den Zugang in den linsenförmigen Hohlraum, der durch die beiden Scheiben gebildet wird.

Die Scheiben führen folgende Bewegungen aus :

1. Eine Drehbewegung. Die rechte Scheibe (Aufgabeseite) wird durch den Antrieb in eine Drehbewegung um die wagrecht liegende Welle versetzt. Das in der Mitte aufgegebene Brechgut wird durch die Zentrifugalkraft, welche durch die Drehbewegung entwickelt wird, gegen den Umfang geschleudert. Es klemmt sich in den linsenförmigen Zwischenraum und reißt die zweite Scheibe, deren Drehbewegung vollständig frei ist, mit sich fort. Wenn die beiden Scheiben sich mit derselben Geschwindigkeit und in demselben Sinne drehen, entsteht weder ein Gleiten noch eine Reibung.

2. Eine Rollbewegung. Die linke Scheibe (die der Aufgabe entgegengesetzte Seite) wird einer von der Drehbewegung unabhängigen Rollbewegung unterworfen. Um das Wesen dieser verwickelten Bewegung verstehen zu können, nehmen wir ein ganz einfaches Beispiel :

Ein jeder von uns hat wenigstens einmal in seinem Leben in oder außer der Schule sich dem Sport gewidmet, der darin besteht, Suppenteller auf dem Tisch des Speisesaales tanzen zu lassen. Wir sprechen gerade deshalb von der Schule, weil dort die Teller sehr groß und schwer sind, sowie die glatten Marmortische recht viel Geräusch machen. Wenn man nun seinen Teller umkehrt, ihn dann leicht geneigt an zwei gegenüberliegenden Punkten festhält und dann, indem man ihm eine leichte tangentielle Bewegung gibt, ihn plötzlich fallen läßt, beginnt der Teller auf dem Tische zu „tanzen“. Er macht eine rollende Bewegung. Ein jeder Punkt des Umfanges kommt der Reihe nach mit dem Tisch in Berührung und dient als Drehpunkt für eine unendlich kleine Verschiebung, die in Berührung mit dem Tisch den nächsten Bewegungspunkt heranbringt usw. Der Teller rollt fast auf derselben Stelle ; der Ausschlag der Wellenbewegung nimmt allmählich auf Grund der Reibung ab.

Dieser Versuch ist allerdings verhältnismäßig geräuschvoll und, unter diesen Umständen ausgeführt, hat er überhaupt nur den Zweck, dem Gehörnerv des Aufsichtführenden in der Schule unangenehm zu imponieren. Ebenso gut kann er aber dazu dienen, sich ein Bild von der Rollbewegung der Mahlscheiben des „Symons“-Brechers zu machen. Um aber das Bild dieser Bewegung vollständig zu haben, setzen wir voraus, daß der Suppenteller gerade im Begriff ist, auf einem einfüßigen Tisch zu tanzen und daß dieser einfüßige Tisch eine Drehbewegung um seinen Fuß macht. Der Teller wird auch in diese Bewegung versetzt, während er dauernd seine Rollbewegungen fortsetzt.

Kehren wir nun zu unserem Brecher zurück. Die volle Tellerscheibe wird also in eine Rollbewegung versetzt. Die Scheiben nähern und

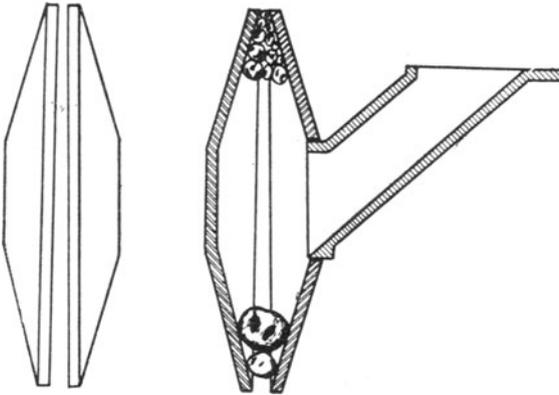


Abb. 35 und 36. Scheiben des Tellerbrechers.

entfernen sich der Reihe nach mit jedem Punkt des Umfanges ein oder mehrere Male bei einer Umdrehung. (Wir werden später erfahren, wie diese Bewegung sich auswirkt.) Wenn man die Außenkante der rechten Scheibe im Verlauf der Bewegung abwickelt, so erhält man eine gerade Linie. Wickelt

man aber den äußeren Rand der linken Scheibe ab, so ergibt sich eine Wellenlinie. Folglich vergrößert und vermindert sich der Zwischenraum zwischen den Rändern der Scheiben ein oder mehrere Male bei einer Umdrehung.

Sehen wir nun zu, was mit dem durch die Mitte eintretenden Brechgut geschieht. Die durch die Drehbewegung hervorgebrachte Zentrifugalkraft wirft das Brechgut gegen den Umfang und klemmt es so weit vorn als möglich in dem linsenförmigen Hohlraum fest. Die genügend feinen Bruchstücke gehen beim Eintritt durch den regulierbaren Schlitz zwischen den beiden Tellerscheiben hindurch. Die anderen werden mehr oder weniger, je nach ihrer Größe in den keilförmigen Hohlraum hängen bleiben. Von der am weitesten geöffneten Wellenbewegung der Rollscheibe zerquetscht, bleiben sie weiter vorn hängen und werden durch die immer kleiner werdende Wellenbewegung nochmals stark zusammengedrückt. Dieses Zusammendrücken hat das Zersplittern der Bruchstücke zur Folge, die dann, so zerkleinert, sich der

nächsten Wellenbewegung aussetzen und, wenn sie genügend klein sind, durch den Spalt der Rollscheiben entchlüpfen können.

Es drängen sich uns verschiedene Bemerkungen, die alle zum Vorteil dieser Zerkleinerungsweise sprechen, auf :

1. Es ist keinerlei Reib- oder Zerreiwirkung vorhanden. Das Brechgut wird durch die einfache Wirkung der fortschreitenden Zusammendrückung und des Zersplitterns zerkleinert.

2. Während des ganzen Aufenthalts in dem Brecher ist das Brechgut der Wirkung der Zentrifugalkraft unterworfen. Das zerkleinerte Gut tritt aus, sobald es fein genug ist. Andererseits ist die Zentrifugalkraft um so größer, je mehr man sich von der Mitte entfernt und ist gleich Null dort, wo die größten Stücke sich befinden, so daß man weder eine Verstopfung noch eine Versetzung zu befürchten hat. Dieser Brecher verarbeitet immer nur kleine Mengen von Rohstoffen auf einmal und wirkt nur auf das Brechgut allein.

Aus allen diesen Gründen ist der Kraftbedarf sehr klein, der Verschleiß an Brechfläche sehr gering, die erzielten Korngrößen sind von regelmäßigen Abmessungen und gewünschter Größe, die lediglich von der regulierbaren Spaltweite der Scheibenränder abhängig ist.

Die Brechscheiben sind glatt, so daß der Verschleiß gleichmäßig stattfindet und können infolgedessen lange Zeit benutzt werden. Sie werden selbstverständlich aus Stahl der allerbesten Sorte (Manganstahl „Era“) hergestellt.

## II. Beschreibung und Betrieb.

Wir haben gesehen, wie die oben erklärten Bewegungen in die Wirklichkeit umgesetzt werden. Die Abb. 37 zeigt einen Schnitt durch einen horizontal arbeitenden „Symons“-Brecher.

Eine starke Hohlwelle *C* dreht sich in zwei Lagern des Maschinenrahmens. Sie trägt an dem einen Ende eine konkave Scheibe, an deren Umfang durch Schrauben und regelbare Unterlegplatten die feste Brechscheibe *A* befestigt und in welcher die Aufgabeöffnung angebracht ist. Eine Antriebsriemenscheibe *D* bewegt die Welle *C* und dadurch die Brechscheibe *A*. Die oszillierende Brechscheibe *B* ist an einem Kugelpf befestigt, der sich in der konkaven Aussparung der Scheibe auf der Hohlwelle *C* bewegt. Dieser Kugelpf sitzt auf einer vollen Stahlwelle, die im Innern der Hohlwelle *C* gelagert ist. Diese Welle läuft frei, durch eine Riemenscheibe angetrieben, am hinteren Ende der Maschine in einem Exzenterlager *E*. Dieses Exzenterlager bringt die im Hohlraum liegende Welle in eine konische Pendelbewegung, die sich durch eine Rollbewegung auf die Brechscheibe fortsetzt. Es ist zu bemerken, daß selbst dann, wenn das Exzenterlager sich im Ruhezustand befindet,

die Wellenbewegung nach Maßgabe einer Wellenlinie bei einer Umdrehung stattfinden wird, da ja die Drehachsen der beiden Scheiben in einem gewissen Winkel zueinander liegen, so daß nach dem landläufigen Ausdruck die eine Brechscheibe unrund läuft. Der Antrieb des Exzenterlagers hat den Zweck, die Brechwirkung zu fördern. Die Riemenscheibe *F* dreht sich im entgegengesetzten Sinne wie die Riemenscheibe *D* und zweieinhalbmal so schnell. Auf diese Weise ruft das Exzenterlager 4 bis 5 oszillierende Bewegungen bei einer Umdrehung der Brechscheibe *B* hervor und damit wird die Brechwirkung befördert.

Der Abstand zwischen den beiden Brechscheiben ist einstellbar. Die Einstellung wird durch Schrauben, wie sie in der Abb. 37 sichtbar

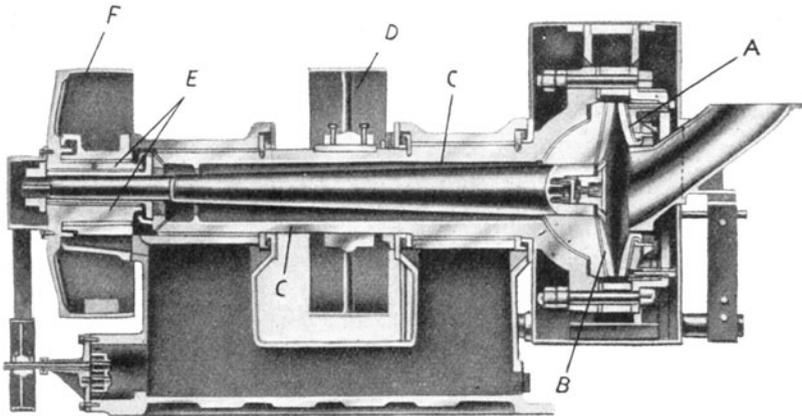


Abb. 37. Schnitt durch einen Tellerbrecher.

sind, bewirkt. Die Unterlegplatten, welche je nach der Dicke mit Nummern versehen sind, werden zwischen die Zwischenringe gelegt. Es genügt, diese Unterlegplatten auszuwechseln, um ein Brechgut von verschiedener Größe zu erhalten. Eine gewisse Elastizität wird durch besondere Konstruktionsteile in diese Verspannung gebracht, aber diese Elastizität ist sehr gering und soll nur in dem Fall wirken, wenn zufällig ein Metallfremdkörper hineingerät.

Sämtliche Brechscheibenhalter bewegen sich in einer zweiteiligen Blechumhüllung, die in Scharnieren auf unten angebrachten Tragwellen befestigt sind. Diese Tragwellen sind in Augenlagern, welche am Maschinenrahmen sitzen, befestigt und dienen gleichzeitig dazu, den in der Mitte liegenden Aufgabetrichter festzuhalten. Diese Anordnung ist auf den Abbildungen ersichtlich.

Die Schutzplatten, welche um den ganzen Umfang der Brechscheiben herum in dem Schutzgehäuse angebracht sind, fangen den Stoß des durch die Zentrifugalkraft aus der Maschine herausgeschleuderten

Brechgutes auf und leiten es gegen die untere Auslauföffnung. Dank dieser Scharnierbefestigung sind die sich bewegenden Maschinenteile

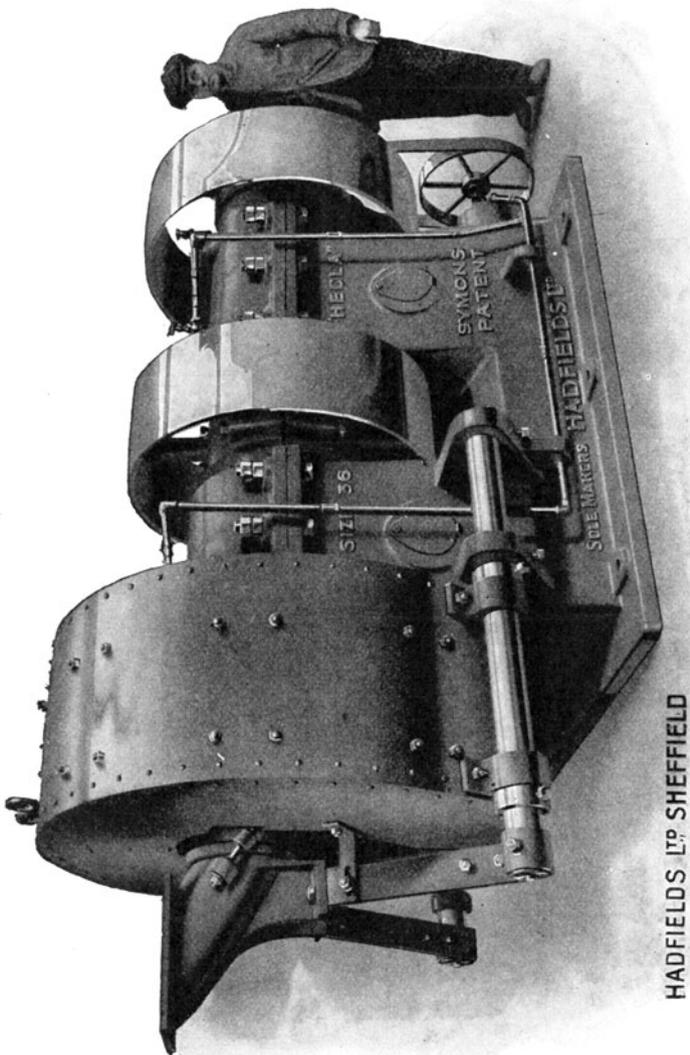


Abb. 38. Tellerbrecher von 36 Zoll Durchmesser.

zum Nachsehen, Nachstellen oder Auswechseln der abgenutzten Teile leicht zugänglich.

Der Mechanismus dieser Maschine besitzt große Lagerflächen, die der Reibung ausgesetzt sind: wie das Kugellager, Drehzapfen, Exzenterlager. Diese werden mit Antifriktionsmetall ausgelegt und

Zahlentafel 10. Tellerbrecher „Symons“. Maße und Leistungen.

Maße der Brecher	Type von 18 Zoll oder 457 mm	Type von 24 Zoll oder 610 mm	Type von 36 Zoll oder 915 mm	Type von 48 Zoll oder 1220 mm
Ungefährtes Gewicht mit Verpackung . . . . .	2600	3900	10700	17700
Stückgröße des Aufgabegutes. . . . .	40	65	90	165
Kleinster Austrittsspalt . . . . .	9	12	20	25
Mittelfernung der Scheiben im Mittelpunkt . . . . .	57	82	127	203
	4½—7	—	—	—
	9 mm . . . . .	11—13	—	—
	12 „ . . . . .	16—18	22—27	—
	20 „ . . . . .	18—22	27—40	40—54
	25 „ . . . . .	22—27	40—54	54—72
	40 „ . . . . .	—	41—58	72—90
	50 „ . . . . .	—	—	90—108
	65 „ . . . . .	—	—	—
Kleinste Leistung in t/Std. durch den Ring von				
	200	150—200	133	100
	450	400	266—300	200—250
Hauptantriebscheibe, Umdrehungen i. d. Min. . . . .	700 × 203	865 × 255	1120 × 355	1360 × 410
Exzenterantriebscheibe, Umdrehungen i. d. Min. . . . .	12—18	18—25	30—40	50—65
Abmessungen der Riemenscheiben. . . . .				
Erforderliche Antriebskraft. . . . .				
	2050	2795	3575	4310
Raumbedarf { Länge . . . . .	910	1160	1525	1880
{ Breite . . . . .	1140	1350	1580	2160
Höhe des { Einwurfs . . . . .	900	1065	1370	1315
{ Austritts . . . . .	280	250	330	290

durch einen unter Druck stehenden Ölumlauf im Überfluß geschmiert. Eine von der Maschine selbst angetriebene Ölpumpe ist auf der Abbildung sichtbar. Das Innere des Maschinenrahmens selbst bildet den Ölbehälter.

Die Symons-Tellerbrecher werden ausschließlich von der amerikanischen Fabrik Chalmers u. Williams (Vertreter Dieny und Lucas 50, rue Taitbout in Paris) und von Hadfields Ltd. (East Hecla Works in Sheffield) für das vereinigte Königreich von Großbritannien und Irland hergestellt.

Sie werden in vier Größen gebaut, die mit dem Durchmesser der Brechscheiben in Zoll bezeichnet werden: Größte von 18 Zoll (457 mm), 24 Zoll (610 mm), 36 Zoll (925 mm) und 48 Zoll (1220 mm).

Die vorstehende Zahlentafel 10 gibt die Hauptmaße und die Betriebszahlen dieser Maschinen an.

Die Fabrik Chalmers und Williams baut ebenfalls eine Art Symonsbrecher, aber mit senkrecht stehender Hauptwelle, wie sie in Abb. 39 im Schnitt gezeigt wird. Der ganze Oberteil der Maschine wird mit etwa 50 Umdrehungen in der Minute in Drehung versetzt. Zu diesem Zwecke ist der obere als Hohlkörper ausgebildete Maschinenrahmen (4)

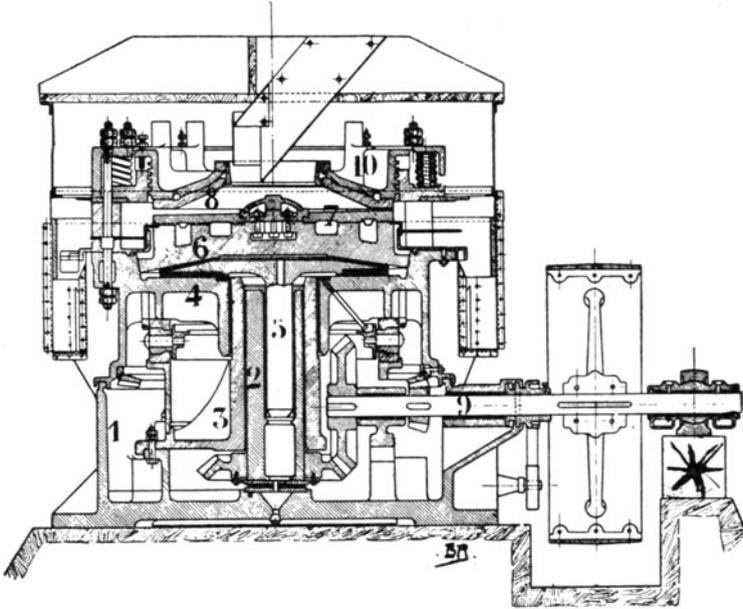


Abb. 39. „Symons“-Brecher mit senkrechter Welle.

mit einer in der Mitte liegenden Nabe verbunden, die sich frei um eine Hohl säule (3) dreht und von dem unteren Maschinenrahmen (1) getragen wird. Das Gewicht des sich drehenden Teiles ruht auf einer Kreisrollbahn und einem Satz konischer Laufrollen. Der Antrieb wird durch ein auf der wagrechten Antriebswelle aufgekeiltes konisches Antriebsrad in Bewegung gesetzt. Dieses greift in einen Zahnkranz ein, der seinerseits mit dem als Hohlkörper ausgebildeten Maschinenrahmen (4) fest verbunden ist. Die obere Brechscheibe (8) ist konkav ausgebildet und in der Mitte mit einer Aufgabelöffnung versehen. Sie dreht sich mit dem hohlen Maschinenrahmen (4), mit dem sie durch eine elastische Kuppelung fest verbunden ist, ähnlich wie die, welche wir bei den Maschinen mit wagrechter Achse beschrieben haben. Die untere Brechscheibe (7) ist eben und liegt auf einer runden Platte (6) vollständig frei. Die untere

Fläche der runden Platte ist konkav ausgebildet und ruht auf einem linsenförmigen Maschinenteil, der einen senkrechten Zapfen (5), ähnlich wie ein Champignon, trägt. Dieser Zapfen legt sich lose in eine exzentrische Büchse (2), die sich im Innern der schon besprochenen hohlen Gußsäule (3) dreht. Das Exzenter wird mittels eines konischen Zahnradantriebes durch dieselbe wagrechte Welle, welche auch dem Maschinenrahmen seine Drehbewegung gibt, in Bewegung gesetzt. Die Geschwindigkeiten sind verschieden. Das Exzenter macht ungefähr 300 Umdrehungen in der Minute.

Auf Grund der Exzenterbewegung macht der linsenförmige Teil eine schwache Pendelbewegung, die eine wellenartige Bewegung der runden Platte (6) und der Brechscheibe, welche auf ihr befestigt ist, hervorruft. Die untere Scheibe hat die doppelte Wälzbewegung unter der Einwirkung des Exzenters und der Drehbewegung, sowie dem Einfluß des Mitreißen der oberen Platte durch das zu zerkleinernde Brechgut.

Der Tellerbrecher mit senkrecht gelagerter Welle wird nur in einer Größe ausgeführt, und zwar 48 Zoll oder 1200 mm. Er wird besonders bevorzugt als Trockenbrecher und kann mit Brechgut bis 115 mm Größe beschickt werden, das in einem einzigen Durchgang bis auf Korngröße von 22 mm und noch weniger zerkleinert werden kann, bei einer Leistung von 90 bis 110 t in der Stunde. Der notwendige Kraftverbrauch ist 65 HP. Gespeist mit Brechgut von 40 bis 65 mm, kann er so eingestellt werden, daß man in einem einzigen Arbeitsgang ein Brechgut erzielen kann, dessen größter Prozentsatz 6 mm und darunter ist. Die Leistung ist 20 bis 30 t in der Stunde. Die notwendige Kraft etwa 60 HP. Das Gewicht der Maschine ist etwa 22000 kg.

### III. Leistung und Anwendung.

Aus der Zahlentafel 10 können wir die mittleren Ergebnisse einer jeden Maschine für eine gegebene Abmessung bei der Aufgabe und beim Auslauf entnehmen: man wird bemerken, daß der „Symons“-Brecher mehrere Arbeitsarten erzeugen kann.

1.	Vorbrechen auf 0 bis 60 ausgehend v. Brechgut 0 bis 165, Leistung 90 bis 110 t/Std.
2.	„ „ 0 „ 25 „ „ „ 0 „ 165, „ 40 „ 54 „
3.	Feinbrecher „ 0 „ 20 „ „ „ 0 „ 90, „ 22 „ 27 „
4.	„ „ 0 „ 12 „ „ „ 0 „ 65, „ 11 „ 13 „
5.	„ „ 0 „ 9 „ „ „ 0 „ 40, „ 4 „ 7 „

und alle dazwischenliegenden Korngrößen mit dem entsprechenden Kraftverbrauch.

Der Symons-Tellerbrecher wird bei Anlagen verwendet, die Kies und Steinsand herstellen, zum Nachzerkleinern von Brechgut aus Backen- oder Rundbrechern.

In gleicher Weise findet er Verwendung in Anlagen, die Erze verarbeiten, besonders in den amerikanischen Kupfer-, Blei-, Zink- oder Goldbergwerken.

Die Lebensdauer eines Paares Brechteller wechselt zwischen drei Monaten und zwei Jahren, je nach der Härte des zu verarbeitenden Rohstoffes.

Zusammengefaßt sind die Tellerbrecher „Symons“ Nachbrecher von großer Leistungsfähigkeit in der gleichen Art, wie die vollkommenen Rundbrecher, die wir am Schluß des vorhergehenden Kapitels kennen gelernt haben. Die einen wie die anderen sind vollständig neuzeitliche Maschinen, die alle letzten Vervollkommnungen der Mechanik und der Metallurgie in sich vereinigen. Die angegebenen Zahlen sind sehr hoch, aber das kommt daher, daß die wirtschaftlichen Leistungen genau der gleichen Art sind. Auf gleiche Leistung bezogen, scheint das Gewicht des Symons-Brechers nur etwas niedriger zu sein als das der Rundbrecher. Aber im Hinblick auf die schwierig herzustellenden Maschinenteile glauben wir nicht, daß der Preis merklich etwas davon spüren wird. Wir wagen nicht, irgendeinen Vorzug für die eine oder die andere Bauart anzugeben. Das wird übrigens auch Sache der örtlichen Anordnung, des Preises und der Beförderungsbedingungen, der Lieferzeit, der Ersatzstücke usw., das heißt der kaufmännischen Angelegenheiten sein, die wir hier nicht behandeln können.

#### Viertes Kapitel.

### Walzwerke.

Das Walzwerk stellt sicher die am meisten verbreitete Maschinenart von allen Maschinen dar, die Gegenstand dieses Buches sind. Die Kollergänge und Pochwerke sind die ältesten Maschinen, die gebraucht wurden, um Gestein und Erze zu zerkleinern.

Besonders erwähnen alle Klassiker einen gewissen Walzenbrecher, der in einem Zinnbergwerk in Südengland vor beinahe einem Jahrhundert verwendet wurde. Er bleibt berühmt unter dem Namen der „Walze von Cornwallis“. Wir glauben nicht, daß die Beschreibung dieses Vorfahren ein dringendes Bedürfnis ist.

Die Walzwerke sind heute in einer großen Anzahl von Industrien sehr verbreitet. Ihre allgemeine Verwendung besteht darin, vorgebrochene Stücke, deren Größe zum Beispiel von 6 bis 100 mm schwankt, aufzunehmen und auf Sand oder Körner bis auf 1 oder 2 mm höchstens zu zerkleinern. Man muß dazu bemerken, daß die mittlere, wirtschaftliche

Zerkleinerung, die durch ein einziges Walzenpaar bei einmaligem Durchgang hervorgebracht wird, ungefähr 1:4 ist. Will man aber zum Beispiel von 60 mm Korngröße auf 4 mm herabgehen, muß man zwei Walzwerke untereinander aufstellen.

## I. Allgemeines.

Zwei Walzen vom gleichen Halbmesser  $R$  drehen sich im entgegengesetzten Sinne und zwar im Sinne der Pfeile  $f$ . Die Wellen der Walzen sind parallel und liegen in einer Entfernung:

$$O_2O_1 = 2R + d',$$

$d'$  ist die Entfernung, welche die beiden Walzen trennt.

Wenn wir nun in den Zwischenraum zwischen den Walzen ein Steinstück in Form einer Kugel vom Halbmesser  $r$  bringen und diese Kugel

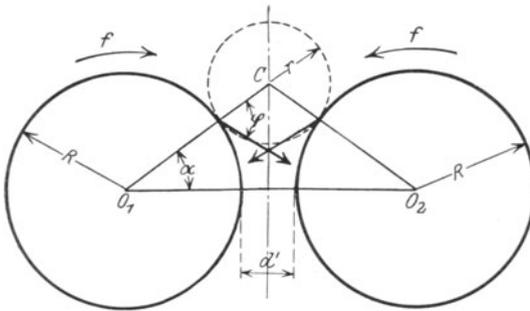


Abb. 40. Schema eines Walzwerkes.

in Berührung mit der zylindrischen sich drehenden Oberfläche, so wird dieselbe einer doppelten, tangentialen Kraftäußerung durch die Reibung unterworfen. Die Resultante dieser beiden konvergenten Kräfte versucht die Kugel zwischen die beiden Walzen zu ziehen.

Durch das fortschreitende Immerengerwerden des freien Zwischenraumes wird das Steinstück einer Zusammendrückung zwischen den beiden Walzen unterworfen. Diese Zusammendrückung ruft entweder ein Herauswerfen der zu zerkleinernden Kugel hervor, wenn seine Adhäsion auf den in Drehung befindlichen Oberflächen zu schwach ist, oder ein Zerdrücken oder Zersplittern des Steinstückes. Im ersten Fall wird das fragliche Steinstück nicht gefaßt werden können und hüpfet unaufhörlich auf den Walzen herum. Im zweiten Fall werden die Steinstücke, welche von einer Vorzerkleinerung herrühren, zwischen die Walzen in einen immer enger werdenden Zwischenraum fallen, wo sie in derselben Weise einer neuen Behandlung unterworfen werden, bis zu dem Augenblicke, wo sie fein genug sind, um die Mittelpunktslinie zu überschreiten und unter der Wirkung ihres Eigengewichtes herauszufallen. Die

Zerkleinerungsmöglichkeit ist also eine Funktion des Reibungskoeffizienten

$$f = \operatorname{tg} \varphi$$

des zu zerkleinernden Brechgutes auf der Oberfläche der Walzen.

Eine Prüfung des Schemas der Abb. 40 zeigt, daß, um die notwendige Einzugskraft zu erhalten, man

$$\varphi > \alpha$$

(nach unten gerichtete Resultante) machen muß.

Ersetzt man die Winkel durch ihren Kosinus:

$$\frac{1}{\sqrt{1+f^2}} < \frac{R + \frac{d'}{2}}{R + r},$$

daraus leiten wir ab:

$$R > \frac{r - \frac{d'}{2} \sqrt{1+f^2}}{\sqrt{1+f^2} - 1}.$$

Ersetzt man  $d' = 2mr$ , beweist man, daß

$$\frac{R}{r} > \frac{1 - m \sqrt{1+f^2}}{\sqrt{1+f^2} - 1}$$

ist, oder

$$\frac{R}{r} > \frac{1}{\sqrt{1+f^2} - 1} - \frac{m \cdot \sqrt{1+f^2}}{\sqrt{1+f^2} - 1}.$$

Für einen mittleren Wert von

$$f = 0,277 \quad (\varphi = 15^\circ 30')$$

findet man

$$\frac{R}{r} > 28,6 - 29,6 m.$$

Wenn man nun

$$m = \frac{1}{4}$$

setzt, das heißt, wenn man eine theoretische Zerkleinerung bis auf ein Viertel ausführen will

$$\begin{aligned} \frac{R}{r} &> 28,6 - 7,4, \\ R &< 21,2 r. \end{aligned}$$

Wenn man deshalb in Stücken von 25 mm aufgeben will, muß der kleinste Durchmesser der Walzen werden:

$$D = 21,2 \cdot 25 = 530 \text{ mm}$$

für eine Durchlaßöffnung zwischen den Walzen von

$$25 : 4 = 6,25 \text{ mm.}$$

## II. Verschiedene Bauarten ausgeführter Maschinen.

Im Verlauf der Auseinandersetzung haben wir den Zwischenraum zwischen den Walzen als gleichbleibend angenommen, das heißt die Wellen der Walzen als feststehend. In Wirklichkeit ist diese Anordnung sehr wenig gebräuchlich, bis auf die Maschinen, welche in der keramischen Industrie zum Walzen von Tonerde dienen oder auch gewisse Maschinen zum Durchkneten von Mischungen. In diesem Falle muß das Aufgeben der Rohmasse sehr gleichmäßig stattfinden. In der Tat riskiert man, wenn zufällig ein unbrechbarer, metallischer oder anderer Fremdkörper hineinfällt, den Bruch wichtiger Maschinenteile. Es ist wohl selbstverständlich, daß bei sorgfältig ausgeführten Maschinen Bruchsicherungen vorgesehen werden. Wenn diese Vorrichtungen wirksam sein sollen, so muß man sie im Falle einer starken Beanspruchung häufig ersetzen.

Aber die meisten Walzwerke, die auf den Markt gebracht werden, besitzen eine veränderliche Walzeinstellung.

Die eine Walze steht fest und die andere ist beweglich. Diese halb-feste Bauart ist diejenige, welche am häufigsten angewendet wird.

Oder, wenn sich die beiden Walzen in gleichgerichteter oder entgegengesetzter Richtung bewegen können, hat man die ausgeglichene Bauart.

Andererseits bewegen sich die Walzen entweder in Gleitbahnen parallel zur Ebene der Wellen, das ist die Bauart mit Parallelführung, oder aber sie bewegen sich um einen festen, oben oder unten angebrachten Zapfen, dann hat man die Bauart mit Schwinghebel.

Endlich wird der Antrieb durch zwei Riemen betätigt, einen offenen und einen gekreuzten, die über zwei, auf der Welle einer jeden Walze aufgekeilten Riemenscheiben sich abrollen. Bauart mit Riemenantrieb.

Oder aber man treibt nur eine Walze an, welche dann selbst ihre Bewegung auf die zweite Walze durch zwei, mit gleicher oder verschiedener Zähnezahl versehene Kuppelräder überträgt. Bauart mit Zahnradantrieb.

Wir werden alle diese verschiedenen Bauarten, verschiedenfach kombiniert in den Maschinen, die wir beschreiben werden, wiederfinden.

### A. Walzwerke mit schwingender Walze.

Die eine Walze ist fest gelagert, die andere wird von einem Schwinghebel getragen, der um eine, auf dem Rahmen der Maschine gelagerte Welle schwingt (Abb. 41). Zwei starke Zugstangen sind an dem Schwinghebel befestigt, die zwischen ihrem Drehpunkt und den Lagern der schwingenden Walze angebracht sind. Kompressionsfedern, die auf

die Zugstangen wirken, halten die beiden Walzen bis auf eine gewisse Entfernung genähert zusammen. Dieses Zusammenziehen ist parallel gerichtet und wirkt dem gefederten Widerstand des Schwinghebels entgegen. Der Antrieb wird durch eine, als Schwungrad ausgebildete Riemenscheibe, die auf der Welle der feststehenden Walze aufgekeilt ist, bewirkt und ferner durch eine einfache Riemenscheibe, die auf der schwingenden Walze befestigt ist. Ein von dem feststehenden Wellenende angetriebener Stoßschuhspeiser gibt das Brechgut auf.

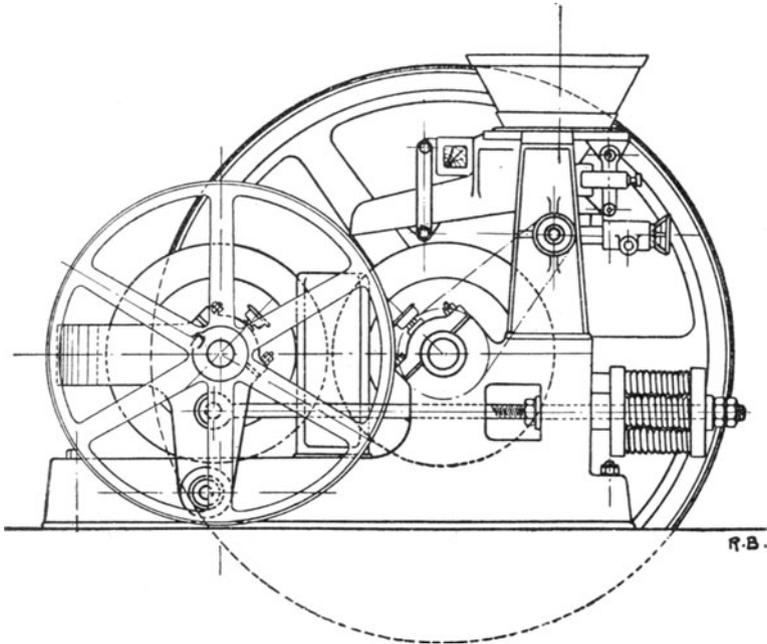


Abb. 41. Walzwerk mit Schwinghebel.

Der Zerkleinerungsvorgang ist nun um so wirksamer, je mehr sich die Federn der Dehnungsgrenze nähern. Man kann die Zugkraft der Federn sich beliebig verändern lassen mit Hilfe der Einstellungsmuttern und Gegenmutter. Die kleinste Durchgangsöffnung zwischen den Walzen ist also einstellbar. Im Falle des Eintritts eines nicht brechbaren Fremdkörpers, zum Beispiel eines Hammers, gehen die Walzen auseinander. Nach dem Austreten des Fremdkörpers werden sie heftig durch die Federn zurückgerissen und erhalten einen Rückstoß, der gefährlich werden kann. Um diesen Übelstand zu beseitigen, haben einige Fabrikanten ihre Walzwerke mit einem Puffer versehen, der zwischen den Befestigungspunkten, der Zugstangen und den Rückzugsfedern eingeschaltet ist.

Diese von verschiedenen französischen Fabrikanten (Dalbouze,

Brachet et Cie, Fabrik Bergeaud, de Mâcon; Morel in Domène; Leflaive in Saint-Etienne usw.) hergestellten Maschinensorten sind in den Erzaufbereitungsanlagen sehr verbreitet.

Eine Abart dieser oben beschriebenen Maschine ist in Abb. 41 dargestellt. Bei dieser ist der Bügel, der die schwingende Walze trägt, in Form einer nach unten schwingenden Gabel ausgebildet und der Angriffspunkt der Zugstangen liegt oberhalb der Walzenlager. Für die gleiche Verschiebung der Walzenwelle hat man einen viel längeren Spannungs-

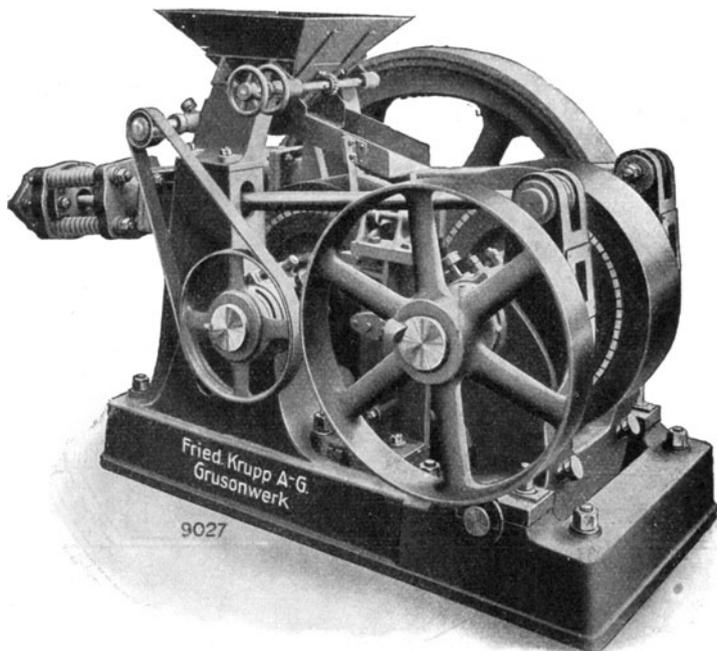


Abb. 42. Walzwerk mit schwingender Walze.

weg für die Rückzugsfedern. Diese Maschine ist auch sehr beweglich, ist aber auch mehr den Erschütterungen ausgesetzt als die vorher beschriebenen. Übrigens muß der Maschinenrahmen überhöht gebaut werden, um einen Stützpunkt für die Federhülsen zu bekommen. Mit dieser Bauart, ebenso wie mit der vorhergehenden, vermeidet man die schwer gegen Staub zu schützenden Gleitflächen. Außerdem neigt das Gewicht der beweglichen Walze dazu, sich an die feststehende Walze anzulehnen und vermindert so die erforderliche Federkraft, um eine gegebene Entfernung einzuhalten.

Ferner ist das Auseinandernehmen der Maschine sehr leicht. Es genügt, die Federn loszumachen und die schwingende Walze umzulegen. Diese Maschine wird von mehreren deutschen Fabrikanten hergestellt.

Die Zahlentafel 11. bezieht sich auf Walzwerke dieser Bauart.

Bei dem freihängenden Walzwerke „Sanna Bernard“ wird jede Walze von zwei seitlichen Zugstangen getragen, die an zwei feststehenden Achsen aufgehängt sind. Diese beiden Wellen werden an den Seitenwänden des Maschinenrahmens befestigt. Die Walzen legen sich durch ihr eigenes Gewicht gegeneinander. Diese Wirkung wird noch durch die Zugkraft der Rückzugfedern, Bauart „Belleville“, vervollständigt, welche auf eine mit Gewinde versehene Zugstange wirken, sowie durch die Riemenspannung, die in geeigneter Weise angeordnet

Zahlentafel 11. Walzwerke mit schwingender Walze.

Modell Nr.	1	2	3	4	5	6
Walzen { Durchmesser . . . . . mm	320	400	550	700	800	950
{ Breite . . . . . „	260	260	260	280	300	320
Umdrehungen i. d. Min. . . . .	110	90	75	60	50	45
Schwung-Riemenscheibe { Durchmesser mm	1100	1300	1500	1800	2800	2400
ben der festen Walze { Breite . . . . . „	150	180	210	250	250	280
Riemenscheibe der { Durchmesser . . . . . „	600	700	850	1000	1000	1200
schwingenden Walze { Breite . . . . . „	110	140	180	200	200	220
Kraftverbrauch . . . . . HP	5	7	10	12	14	16
Leistung in einer Korngröße von ungefähr 6 bis 8 mm . . . . . t	2	3	5	7	8	10
Raumbedarf { Länge . . . . . mm	1850	2100	2600	3150	3150	3800
{ Breite . . . . . „	1400	1600	1800	2100	2300	2400
{ Höhe . . . . . „	950	1150	1350	1600	1600	1850
Gewicht { der ganzen Maschine . . . . . kg	2000	3300	4700	8000	9000	12500
{ eines Walzenpaares . . . . . „	475	700	850	950	1000	1250
{ eines Paares Walzenmäntel zum Auswechseln . . . . . kg	270	300	450	600	850	1025

werden muß, wenn man eine gute Wirkung erzielen will. Eine Stützvorrichtung sorgt für die Einstellung der kleinsten Entfernung zwischen den Walzen und verhindert, daß beim Leerlauf eine Walze gegen die andere rollen kann.

Der Antrieb wird durch zwei gleiche, als Schwungräder ausgebildete Riemenscheiben besorgt. Bei dieser Maschine sind alle Reaktionen ausgeglichen. Alle Erschütterungen sind ausgeschlossen und jedes Fundament ist überflüssig. Es genügt, den Maschinenrahmen auf irgendeinem Holzboden aufzustellen. Die gleichbleibende parallele Einstellung der Walzen wird durch die Art der Aufhängung gesichert.

Diese Maschine wird von der Firma Gebr. Pfeiffer in 4 Größen ausgeführt nach der nachstehenden Zahlentafel 12. Diese Walzwerke dienen besonders zum Feinmahlen von feuchtem Ton. Um eine möglichst große Feinheit des Mahlgutes zu erzielen, müssen die Walzen so eng wie möglich zusammengestellt werden. Dadurch entsteht eine große Reibung auf den Walzenoberflächen und infolgedessen auch großer Verschleiß, der sich in der Bildung von Rillen äußert. Sobald aber Rillen

in der Oberfläche der Walzen entstehen, wird auch die Mahlung des Tones gröber und müssen dann zur Beseitigung der schädlichen Rillen und zur Erzielung einer gleichbleibenden Mahlfeinheit die Walzen abgeschliffen werden. Zu diesem Zwecke muß jedesmal die Maschine aus-

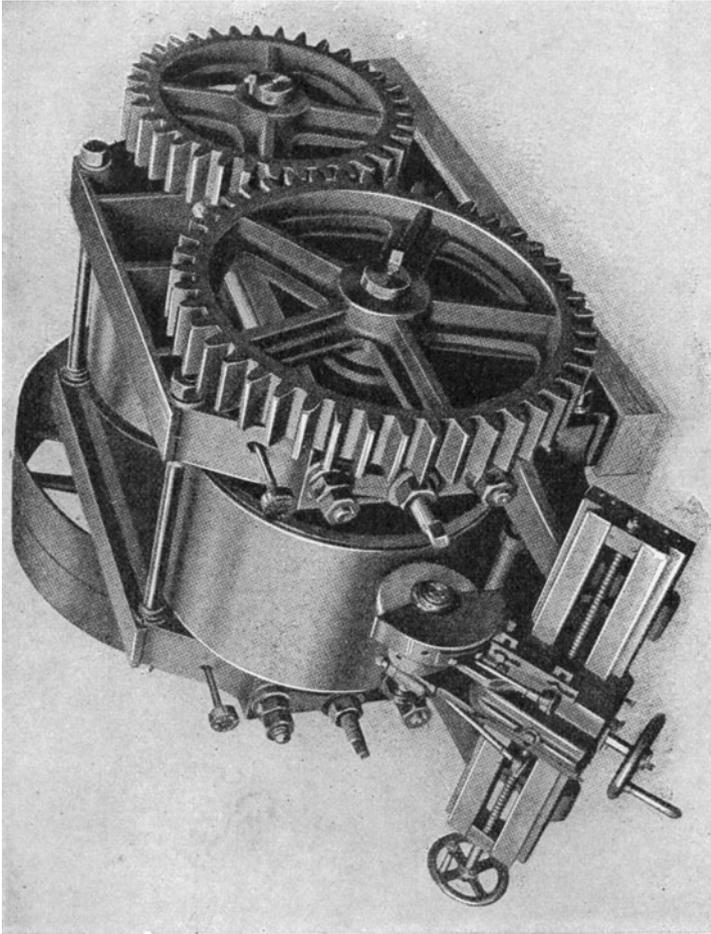


Abb. 43. Walzwerk mit Zahradantrieb (Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern).

einandergenommen werden. Um diese Betriebsstörungen zu vermeiden, hat die Firma Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern einen auswechselbaren Schleifapparat an den Maschinenrahmen angebaut, um während des Betriebes und ohne die Maschine auseinandernehmen zu müssen, die Walzen abschleifen zu können (Abb. 43).

Ähnliche Maschinen baut auch die Firma G. Pinette in Chalon-sur-

Saône in 3 Größen mit entsprechenden Walzenabmessungen von  $450 \times 250$ ;  $650 \times 300$  und  $900 \times 350$  mm.

Zahlentafel 12. Feinwalzwerke mit Abschleifvorrichtung (Gebr. Pfeiffer).

Modell-Nr.	1	2	3	4
Walzen { Durchmesser . . . . mm	500	650	800	1000
{ Breite . . . . . mm	450	500	500	550
Kraftbedarf . . . . . HP	6	8	10	14
Gewicht . . . . . kg	2200	3400	4200	5400

### B. Walzwerke mit Parallelführung.

Bei dieser Bauart dreht sich die eine der Walzen in dem feststehenden Lager und die andere in den in parallelen Gleitschienen laufenden beweglichen Lagern. Diese beweglichen Lager können zwischen einer oberen und einer unteren Gleitschiene gelagert sein oder aber freitragend auf einem Schlitten und unteren Gleitbahn. Die beweglichen Lager sind mit einer oder mehreren Zugschraubenbolzen, die durch den Rahmen der feststehenden Lager gehen und durch Federn zusammengespannt werden, verbunden. Stellschrauben bestimmen den kleinsten Abstand der Walzen voneinander.

Der Antrieb findet durch Riemenscheiben von gleichem Durchmesser statt, die auf beiden Seiten der Maschinen auf jede Walze aufgekeilt sind oder auch durch Zahnräder.

In diesem Falle wird die Bewegung auf die erste Walze mit Hilfe eines Antriebrades und Zahnades übertragen. Die erste Walze nimmt die

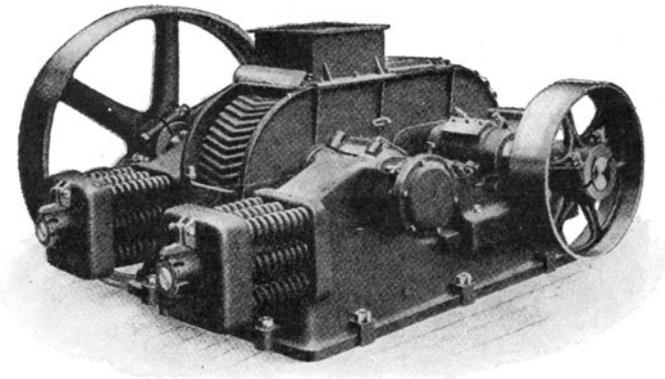


Abb. 44. Walzwerk Worthington.

zweite mittels zweier Kuppelräder mit verlängerten und verstärkten Zähnen (Abb. 44) mit, die ein Ineinandergreifen immer noch zulassen, selbst wenn die Walzen leicht auseinandergehen. Die angetriebene Walze

dreht sich in den feststehenden Lagern und die andere in den auf den wagrechten Gleitflächen liegenden Lagern. Die letzteren werden in ihrer normalen Lage durch starke Federn festgehalten, die sich auf zwei starke, durch den Maschinenrahmen hindurchgehende Zugstangen stützen.

Nach diesem Grundsatz sind die meisten der großen, neuzeitigen amerikanischen Walzwerke gebaut, wie Bauart Buchanan, Colorado, Traylor, Worthington usw.

Zum Beispiel zeigen wir in Abb. 44 und 45 die Walzwerke von Worthington „Superior“ und „Garfield“, die vollendete und besonders stark gebaute Maschinen sind.

Die Zahlentafel 13 gibt die erforderlichen Angaben über die Walzwerke „Superior“ normaler Ausführung an.

Zahlentafel 13. Walzwerke „Superior“ von Worthington.

Maschinengröße von	24 Zoll	30 Zoll	36 Zoll	42 Zoll	48 Zoll	54 Zoll	54 Zoll
Walzen { Durchmesser . . mm	600	750	900	1060	1200	1370	1370
{ Breite . . . . . „	350	350	400	400	460	500	600
Größte Stückgröße für die Auf- gabe, wenn							
Walzenmäntel { glatt. . . mm	25	32	37	45	50	57	57
{ geriffelt . . „	50	57	70	83	95	110	110
Druck auf den Zentimeter Wal- zenbreite in . . . . . kg	800	1200	1425	1750	2000	2900	2400
Gewicht der Maschine . . . „	5200	8000	11000	17500	27000	43000	44500
Lager { Bohrung . . . . . mm	146	184	200	265	300	330	330
{ Schalenlänge . . . „	330	400	460	530	600	760	760
Großer Riemen- { Durchm. . . „	1500	1800	2130	2450	2750	2750	2750
scheiben- { Breite . . . „	215	270	270	350	370	430	430
Kleiner Riemen- { Durchm. . . „	760	900	1060	1200	1370	1370	1370
scheiben- { Breite . . . „	165	280	270	270	270	330	330

Das Walzwerk Garfield ist in den nachstehenden Abb. 45 und 46 dargestellt.

Der Stahlgußmaschinenrahmen hat kastenförmigen Querschnitt aus einem Stück für die kleinen Maschinen und aus zwei, solid durch Schrauben verbundenen Stücken für die großen Ausführungen. Er trägt mit ihm zusammengewogene feste Lager und Gleitflächen für die beweglichen Lager, auf welchen Verschleißplatten befestigt sind. Am äußersten Teile des Maschinenrahmens, auf der Seite, wo die feststehenden Lager angebracht sind, sind Sitzflächen vorgesehen, gegen welche sich die Federn stützen.

Die vier Lager sind auf Zapfen gelagert, um eine übermäßige Beanspruchung des Maschinenrahmens zu vermeiden, im Falle, daß die beiden Walzen als Folge einer unregelmäßigen Speisung oder dem Durchgang eines unzerbrechlichen Fremdkörpers sich augenblicklich nicht in paralleler Lage befinden.

Die Lager sind aus einem Stück hergestellt und an den Zapfen aus-

gebohrt. Das eine Ende trägt einen Flansch, auf dem die Staubschutzplatte aufgepaßt ist, während das andere mit einem Schraubengewinde

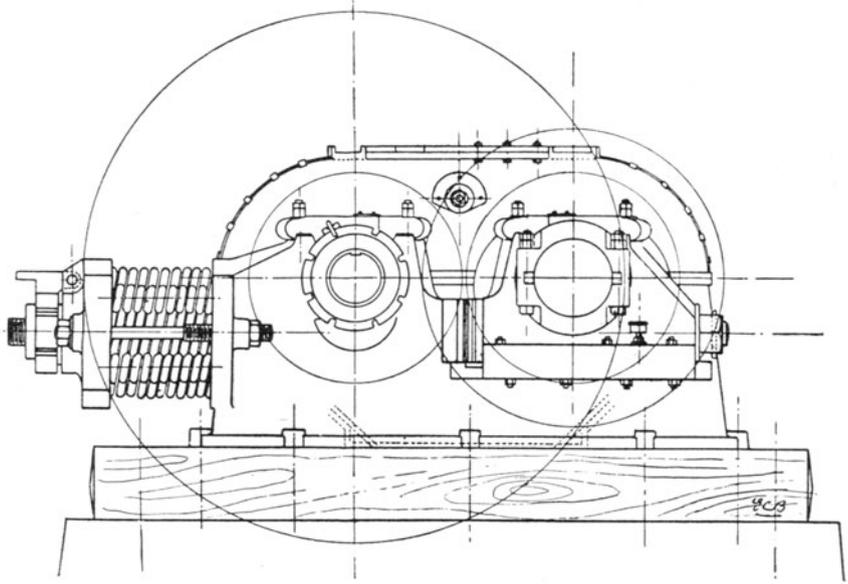
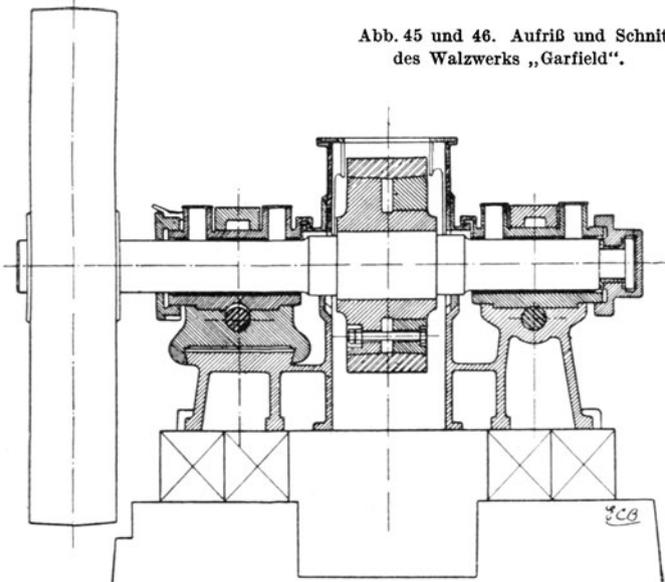


Abb. 45 und 46. Aufriß und Schnitt  
des Walzwerks „Garfield“.



versehen ist, um je nach dem vorliegenden Fall die Einstellbüchse oder einen Staubschutzdeckel aufzunehmen.

Die beiden Wellen, die feststehende oder die bewegliche, sind gegenseitig auswechselbar.

Am Ende der Welle, das demjenigen gegenüberliegt, an welchem die Antriebs Scheibe aufgekeilt ist, befindet sich eine Ringnut, in welche man einen zweiteiligen bronzenen Stützring legt. Dieser zweiteilige Ring ist von einer ebenfalls zweiteiligen Gußbüchse eingeschlossen, die an das Wellenlagerende angeschraubt wird.

Indem man nun diese Büchse mehr oder weniger anzieht, kann man die Seitenstellung der Walze regulieren. Sie ist mit Öl so gefüllt, daß eine vollkommene Schmierung des Stützringes gesichert ist.

Der Kern der Walzen besteht aus zwei Teilen, von denen der eine eine lange Nabe besitzt und auf der Welle aufgekeilt ist, während sich der andere über die Nabe schiebt und durch Schrauben mit dem ersteren verbunden wird. Dadurch wird der innen doppelkonisch ausgedrehte Walzenmantel gleichzeitig sehr dauerhaft befestigt.

Die glatten Walzenmäntel sind aus Chrom- oder Manganstahl hergestellt; die geriffelten dagegen aus Hartguß und in mehreren Stücken auf dem Kern befestigt, so daß es in diesem Falle den Eindruck eines einzigen Stückes macht. Diese Walzenmäntel sind dicker als diejenigen, die gewöhnlich bei den anderen Walzenmühlen verwendet werden. Man kann aber auch Walzen verwenden, die im Durchmesser etwas größer sind als die normalen für die Maschine vorgesehenen. So kann ein Walzwerk von 42 Zoll (1060 mm) auch Walzen von 43% Zoll (1100 mm) erhalten. Das gestattet eine längere Benutzungsdauer bis zum vollständigen Verschleiß der Walzenmäntel.

Die Zugschrauben sind starke Stahlbolzen, die an beiden Enden mit Gewinde versehen sind. Das eine Ende erhält eine Mutter mit Splint, die sich gegen das bewegliche Lager legt, das andere Ende trägt eine Mutter mit Einschnitten und wird über der Federbüchse zusammengeschraubt.

Die außerordentlich starken Spannfedern werden zwischen eine, im Maschinenrahmen vorhandene Aussparung und eine Stahlgußplatte gelegt und über der letzteren wird die Zugschraube angezogen. Ausgleichplatten von verschiedener Dicke werden zwischen das feste und bewegliche Lager gelegt, um den lichten Durchgang zwischen den Walzen festzulegen. Diese Ausgleichplatten sind so eingerichtet, daß man sie während des vollen Ganges der Maschine auswechseln kann, ohne die Spannung der Federn zu verändern.

Die Antriebs Scheiben sind aus Gußeisen oder aus Walzstahl hergestellt. Hauptsächlich bei den großen Maschinen hat man den Vorteil, als Schwungräder ausgebildete Riemenscheiben zu verwenden, die den Gang der Zerkleinerung regulieren und den Erschütterungen, sowie den Verstopfungen vorbeugen.

Die „Garfield“-Walzwerke werden in einer großen Zahl von Abmessungen ausgeführt und zwar von 900 bis 1800 mm Walzendurchmesser. Der mittlere Zerkleinerungsdruck ist 2500 kg auf den Zentimeter der Walzenbreite. Wir haben es also mit einer außerordentlich stark beanspruchten Maschine zu tun. Walzwerke dieser Bauart können also ganz bedeutende Ausmaße erreichen.

Ebenso besteht ein solches Walzwerk mit Walzen von 1800 mm Durchmesser auf 750 mm Breite, dessen Raumbedarf 4500 mm Länge, 4800 mm Breite und 2350 mm Höhe beträgt. Diese Maschine mit glatten Walzen ausgerüstet, kann Stücke bis 75 mm Größe aufnehmen. Mit einem Zerkleinerungsverhältnis 1:4 arbeitend, leistet die Maschine in diesem Falle bis 144 t in der Stunde bei einem Kraftverbrauch von 58 bis 145 HP je nach Härte des Rohstoffes schwankend. Die angenommene Geschwindigkeit ist 50 Umdrehungen in der Minute. Dieselbe Maschine mit 25 mm großen Stücken gespeist, kann 72 t in der Stunde leisten in einer Körnung von weniger als 6 mm mit einem Kraftbedarf, der von 30 bis 72 HP wechselt. Die günstigste Umdrehungsgeschwindigkeit ist in diesem Falle 72 Umdrehungen in der Minute. Mit Riffelwalzen versehen, kann dieses Walzwerk Stücke von 145 mm aufnehmen und auf 36 mm Korngröße zurückführen bei einer Leistung von 255 t in der Stunde. Bei einer Geschwindigkeit von 45 Umdrehungen entsteht ein Kraftverbrauch von 100 bis 255 HP. Dieselbe Maschine leistet bei 12 mm Korngröße 125 t in der Stunde. Bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen von 65 Umdrehungen in der Minute werden 50 bis 125 HP Kraft verbraucht.

Im allgemeinen betrachtet, wechselt der Kraftbedarf bei den vervollkommenen Walzwerken von großer Leistung von 0,4 bis 1 HP für die Tonnen-Stunde bei einem Zerkleinerungsverhältnis von 1:4.

Einer der Hauptübelstände bei den Walzwerken ist der, daß infolge der Verstopfung mit ausnahmsweise harten Stücken, die Walzen die Neigung haben, Rillen zu bilden. Es höhlen sich die Rillen mehr und mehr aus, die den Übelstand besitzen, größere Stücke als gewünscht durchzulassen und dabei die Walzenmäntel vorzeitig zu verschleifen. Um diesen Übelstand zu beseitigen, dreht man die Walzenmäntel, wenn sie aus weichem Eisen hergestellt sind, von Zeit zu Zeit um. Im anderen Falle hat man eine Abschleifvorrichtung mit Schmirgelscheibe vorgesehen, welche die Walzen im vollen Gange abschleift (Abb. 43).

Man hat in einem anderen Gedankengang darüber nachgedacht, die Zuführung des Rohstoffstromes so gleichmäßig wie möglich zu gestalten, aber doch so, daß vorzugsweise das Materialband an den Seiten dicker ist als in der Mitte. (Die Geschwindigkeit des bewegten Materials wird aber an den Seiten durch die Reibung an den Wandungen abgeschwächt.)

Bei gewissen modernen deutschen und amerikanischen Walzwerken ist eine andere Lösung dieses Problems gefunden worden durch Hinzufügen einer Vorrichtung, welche die Walzen parallel zur Wellenachse verschiebt. Diese ganz schwache Verschiebung genügt jedoch, um die Bildung von Rillen zu vermeiden. Wird sie nur zeitweise gebraucht, so ist eine von Hand betriebene Vorrichtung ausreichend (Walzwerk Buchanan, Colorado usw.); wird sie aber dauernd verwendet, wählt man eine mechanisch betriebene Anordnung. Dieser Vorrichtung begegnet man bei den Walzwerken „Bulldog“ von Traylor, des schon zur gegebenen Zeit genannten Fabrikanten von Backen- und Rundbrechern. Aber auch in Deutschland werden von einer ganzen Reihe von Firmen besonders für die Tonnaßmahlung solche Maschinen hergestellt.

Das außerordentlich stark gebaute „Bulldog“-Walzwerk ähnelt in Hinsicht auf die allgemeine Bauweise sehr dem „Garfield“-Walzwerk, das wir schon beschrieben haben und das in denselben verschiedenen Größen ausgeführt wird. Aber es weist doch mehrere ganz eigenartige Anordnungen auf:

1. Die zur Spannung der Federn dienenden Muttern sind am Umfang wie ein Schneckenrad ausgebildet. Eine durchgehende Welle, welche zwei Schnecken trägt, die mit den Schneckenrädern im Eingriff stehen, dreht sich in auf dem Oberteil der Federbüchse angebrachten Lagern. Die mit Vierkant versehenen Wellenenden können mit einer Kurbel bewegt werden, die dazu dient, die Spannung der beiden Federbüchsen absolut regelmäßig und gleichzeitig einzustellen.

2. Die Schlitten der beweglichen Lager werden auf ihrer Gleitbahn durch eine Kuppelstange, einem Kniehebel, ein Spanngestänge und eine Feder festgehalten. Diese dienen dazu, um die unter dem Zerkleinerungsdruck entstehenden Erschütterungen des beweglichen Lagers zu verhindern.

3. Endlich liegt die Haupteigentümlichkeit in der Anordnung der beweglichen Walze. Die Walzenwelle, welche sich in dem festen Lager bewegt, ist nach der einen Seite verlängert und trägt eine Schnecke ohne Ende mit einem einfachen oder doppelten Gewinde und ist durch einen Stift befestigt. Diese Schnecke überträgt ihre Bewegung auf ein Schneckenrad, das auf einer kleinen Zwischenwelle sitzt. Diese Welle bewegt wieder mittels einer einfachen oder doppelten Schneckenübersetzung eine Exzenterwelle oder ein Sperrwerk, d. h. mit einer ganz wesentlichen Geschwindigkeitsverminderung. Der genannte Exzenter dreht sich in einem an das Stützlager angegossenen Zapfenlager. In dem Stützlager läuft das Ende der Walzenhauptwelle. Alle diese Maschinenteile sind in ein dichtes, mit Öl gefülltes Gehäuse eingeschlossen, das an der Seite des Maschinenrahmens angebracht ist.

Auf diese Weise erhält die Walze eine hin- und hergehende Bewegung parallel zu ihrer Längsachse. Diese Bewegung ist vollständig selbsttätig und an den Gang der Maschine gebunden. Die günstigsten Erfolge sind dann erzielt worden, wenn man der verschiebbaren Walze einen Lauf von 60% des größten Ausmaßes der zu zerkleinernden Steinstücke gab und sie in der Stunde zwei vollständige Hin- und Hergänge ausführen ließ.

Man kann die Grenzen des Walzenlaufes durch Ändern der Exzenterunterlagen und den Ausschlag des Laufes regulieren durch Einsetzen eines anderen Exzenters mit passenden Abmessungen. Das kann in einigen Augenblicken ausgeführt werden.

Dank der eben beschriebenen Vorrichtung kann man wirksam die Bildung von Rillen auf den Walzenmänteln bekämpfen und kann sie selbst bei der Zerkleinerung der härtesten Rohstoffe in gutem Zustande erhalten.

Die „Traylor“-Walzwerke sind an vielen Stellen zum Feinbrechen aufgestellt worden und die praktische Grenzfineinheit, die man erreichen kann, ist 1 mm Korngröße (20 mesh). Das von den Walzwerken zu fordernde Brechverhältnis soll, wie wir es schon anderweit angegeben haben, nicht 1:4 überschreiten. Dennoch hat man mit Maschinen vollendeter Bauart, wie wir sie schon beschrieben haben, das enorme Brechverhältnis von 1:10 erreichen können, wenn die Korngröße des Aufgabegutes 12 bis 60 mm nicht überschritt. In diesem Falle hat man Leistungen gemessen, die bis 87½% des theoretischen Bandes herankamen. (Siehe Abschnitt VI dieses Kapitels.)

Zum Feinbrechen (Sieb 20 bis 30) verwendet man mit Vorteil Schnellläufer-Walzwerke. Bei diesen Maschinen erreicht die Tangentialgeschwindigkeit 600 bis 700 m in der Minute, während die für die Walzen im allgemeinen angenommenen Geschwindigkeiten von 100 bis 300 m gehen. Die Maschinenteile, wie Lager, Antriebe usw. müssen natürlich so berechnet werden, daß sie diesen Geschwindigkeiten widerstehen können.

In bezug auf die konstante Zerkleinerungsfläche sind die Abmessungen der Walzen sehr klein. So baut die Firma Fraser und Chalmers ein Walzwerk von 1400 mm Durchmesser und 200 mm Breite, das mit 150 Umdrehungen in der Minute läuft. Die in der Minute abgewickelte Zerkleinerungsfläche beträgt 132 m<sup>2</sup> und das Gesamtgewicht der Maschine 13500 kg.

Das Walzwerk Nr. 6 der Zahlentafel 11, das ungefähr das gleiche Gesamtgewicht hat, besitzt Walzen von 950 × 320 mm, die sich mit 45 Umdrehungen in der Minute bewegen, das stellt eine Tangentialgeschwindigkeit von 135 m in der Minute und eine Zerkleinerungsfläche von nur 43 m<sup>2</sup> dar.

Der Vorteil der Walzen mit großer Geschwindigkeit für Feinzerkleinerung der harten Rohstoffe scheint damit erwiesen zu sein.

Die Bauausführung solcher Maschinen soll besonders sorgfältig sein; die Lager außen mit langen und gut gegen Staub geschützten Tragflächen versehen und die sich drehenden Teile vollkommen ausgeglichen

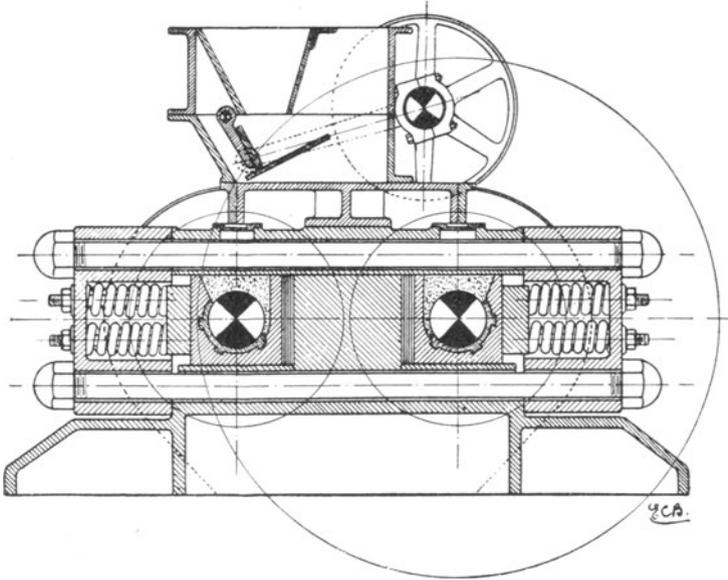


Abb. 47. Walzwerk mit ausgeglichenen Walzen von Sturtevant.

sein. Mannigfache Vorrichtungen sichern die Elastizität des Antriebes. Eine Blechhaube schließt die Walzen dicht ab. Die Zahnräder sind gut geschützt.

Die Firma Fraeser und Chalmers in London baut Schnellläuferwalzwerke in zwei Abmessungen: 1100 mm × 125 und 1400 mm × 200, die sich mit 200 bzw. 150 Umdrehungen in der Minute bewegen und 7800 bzw. 13500 kg wiegen.

### C. Walzwerk Sturtevant mit ausgeglichenen Walzen.

Bei dieser in Abb. 47 im Schnitt abgebildeten Maschine sind am Ende eines jeden der vier Lager Federn angebracht, die einer jeden Walze eine gleichzeitig gleiche und entgegengesetzte Verschiebung gestatten. Desgleichen wirken die Federn wie bei den vorhergehenden Maschinen nur als Sicherheit. Sie sind stark genug, um dem für härtere Steine und Erze notwendigen Zerkleinerungsdruck zu widerstehen und doch elastisch genug, um Brüche zu vermeiden, die beim zufälligen Hineinkommen von metallischen Fremdkörpern vorkommen können.

Die Federn werden durch zwei Paare schwerer Zugstangen, die auf jeder Seite der Maschine angebracht sind, festgehalten. Dadurch wird die gegenseitige Lage der Walzen und der Seitenteile des Rahmens genau bestimmt.

Die Lager haben lange, mit Antifriktionsmetall ausgekleidete Lauf­flächen, die vollkommen gegen Staub geschützt sind.

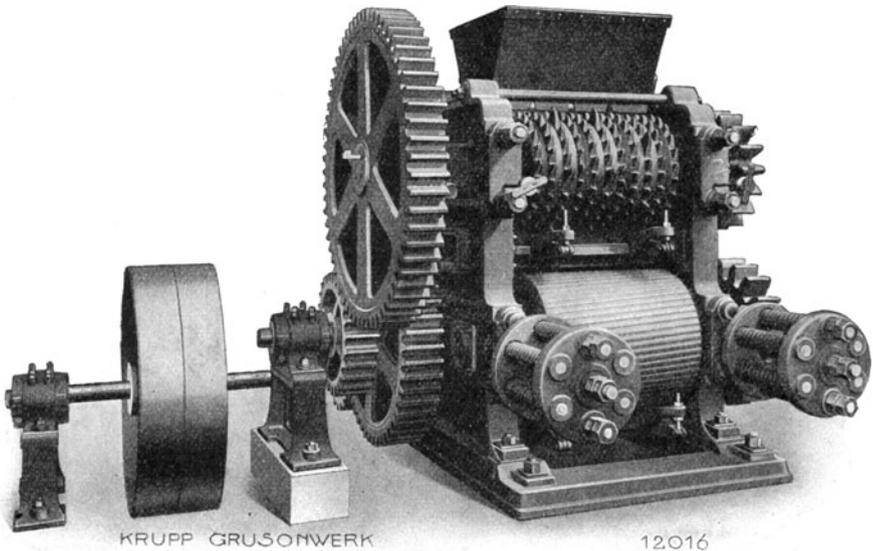


Abb. 48. Doppelwalzwerk.

Die Walzen bestehen aus Stahlguß- oder Manganstahlmängeln, die auf Expansionskerne aufgezogen werden, indem sie auf den doppel­konischen Tragflächen der Welle und der Walzenmängel zusammen­gezogen werden.

Die ausgeglichenen Walzwerke Sturtevant werden in 8 Größen aus­geführt von  $200 \times 125$  bis  $815 \times 405$  mm. Die erste Größe stellt ein Laboratoriumswalzwerk dar.

#### D. Walzwerke mit mehreren Walzenpaaren.

Wenn man mit derselben Maschine eine feinere Zerkleinerung er­zielen will als diejenige, welche mit einem einfachen Walzwerk, dessen Zerkleinerungsverhältnis von 1:4 bis höchstens 1:6 geht, erzielt werden kann, so verwendet man Walzwerke mit mehreren übereinanderliegen­den Walzenpaaren (Abb. 48).

Der Maschinenrahmen aus zwei Gußplatten trägt zwei übereinander­liegende Walzen in feststehenden Lagern und die beiden anderen, in

den Gleitbahnen verschiebbaren Lagern. Die Verspannung wird durch Federn, die sich auf ein Gleitlager stützen und mit dem Maschinenrahmen durch Schrauben verbunden sind, erzielt. Der Antrieb der beiden Walzenpaare ist gemeinsam, wie aus der Abb. 48 ersichtlich oder aber jedes Walzenpaar wird einzeln angetrieben. Die Bewegungsübertragung geschieht durch Zahnräder. Das obere Walzwerk arbeitet als Vorbrecher und das untere als Feinbrecher.

Eine Walzenmühle mit drei übereinanderstehenden, gezahnten Walzwerken von 1000 mm Durchmesser kann Stücke halbharter Rohstoffe von 600 mm Stückgröße aufnehmen, wie: Kalkstein, Ton, Kreide, Asphalt usw., und diese bis auf Nußgröße zerkleinern bei einer Leistungsfähigkeit von 24 t in der Stunde und einem Kraftverbrauch von 40 HP.

### III. Konstruktionsteile.

Die Walzen sind gezahnt, geriffelt oder glatt.

Brechwalzen mit Spitzen und Schneiden werden zum Brechen von Koks, Steinkohle, Steinsalz usw. verwendet. Die Spitzen und Schneiden sind so angeordnet, daß die Spitzen der einen Walze sich den Schneiden der anderen Walze gegenüber befinden. Diese Einrichtung besorgt das Zerquetschen der Rohstoffe, ohne Grieße zu bilden.

Brechwalzen mit hakenförmigen Zähnen dienen zum Zerreißen verschiedener Rohstoffe mittlerer Härte, wie z. B.: Ölkuchen, Asphalt usw.

Walzen mit starken Schneidezähnen sind empfehlenswert zum Verarbeiten von halbharten, feuchten und klebrigen Rohstoffen, wie Mergel, Rohkreide und hauptsächlich Ton. Die Länge und die Zwischenräume zwischen den Zähnen hängt von der natürlichen Beschaffenheit der zu verarbeitenden Rohstoffe ab.

Walzen mit feiner Verzahnung ergeben ein Gemisch von Grieß und Mehl. Sie sind zu empfehlen für die Zerkleinerung von Kreide, Gips, Asphalt, Steinsalz, Zucker, ebenso zum Vorbrechen von Knochen, Ölkuchen usw.

Riffelwalzen können mit ihren schrägen Riffeln Stücke mit wesentlich größeren Abmessungen erfassen. Auch sie erzeugen ein Gemisch von Grieß und Mehl und sind für halbharte Rohstoffe zu empfehlen, wie Kalk, Ton, feuerfeste Erden, chemische Erzeugnisse usw.

Glatte Brechwalzen sind vorzuschlagen für harte Steinarten, wie zum Beispiel: Marmor, Granit, Basalt, Kalkstein, Zementklinker, Spate, Erze, Schlacken usw.

Brechwalzen mit rauher Oberfläche in Sand gegossen sind empfehlenswert für die Verarbeitung von öligen Körnern, Leinsamen, Raps, Rübsamen, Kopra usw.

Die gezahnten Walzen werden häufig als auswechselbare Scheiben ausgebildet und eine neben der anderen auf eine Vierkantwelle aufgesteckt. Sie sind einzeln auswechselbar, wenn etwa ein Zahn abbricht.

Sie können auch einfach aus Ringen, die gegenseitig in Ringnuten über einer zylindrischen Nabe eingreifen, hergestellt werden, oder auch durch Segmente, die auf einer vielseitigen Trommel, wie Abb. 54 zeigt, aufgeschraubt sind. Auf dieser Abbildung, die einen Kohlenbrecher von Jeffrey Mfg. Co darstellt, sieht man gleichzeitig eine eigenartig bewegbare Sicherheits-Brechplattenvorrichtung mit Spannschraube. Diese Spannschraube kann auch leicht durch einen Hebel mit Gegengewicht ersetzt werden, wie man ohne weiteres aus der Abbildung ersehen kann.

Die glatten oder mit Riffeln versehenen Walzen werden aus einem Stück gegossen, wenn es sich um die Zerkleinerung von weichen Rohstoffen handelt, aber sehr oft werden sie aus einem Gußkernstück ausgeführt, das fest auf die Welle aufgekeilt ist. Auf dieses Kernstück wird ein Ring oder Mantel aus härterem Eisen aufgezogen, der nach Verschleiß auswechselbar ist.

Bei den veralteten Bauarten wurde dieser Mantel mittels Holzkeilen befestigt, die in der Feuchtigkeit aufquellen und ein sehr starkes Verspannen verursachen. Aber diese Befestigungsweise ist nicht empfehlenswert, denn einesteils ist das Auseinandernehmen schwierig und andernfalls ist die Zentrierung niemals genau. Mit so befestigten Walzen kann man kaum gleichmäßig feinbrechen, selbst wenn sie sehr nahe zusammengestellt sind.

Von den Konstrukteuren sind verschiedene Vorrichtungen ausgedacht worden. Die einen verwenden doppelte, konisch gedrehte Scheiben, die auf der Welle verkeilt sind. Schraubenbolzen vereinigen die beiden Scheiben und ziehen sie gegenseitig zusammen. Sie klemmen sich so gegen das Innere des Walzenmantels, der ebenfalls an seinen beiden Flanschen konisch ausgedreht ist.

Bei den Sturtevant-Walzwerken sind die beiden Scheiben verschiebbar und die Welle ist gleichmäßig doppelkonisch ausgebildet, so daß das Zusammenziehen sich gleichzeitig auf der Welle und am Walzenmantel vollzieht.

Andere Maschinen besitzen ein einziges, schwach konisches Kernstück, über welches der Mantel von entsprechender konischer Ausdrehung sich anpaßt. In Keilnuten gelegte Hakenschrauben besorgen das Zusammenziehen. Bei allen diesen Anordnungen ist das Zusammenbauen und Auseinandernehmen leicht und zu gleicher Zeit ist die Verbindung außerordentlich fest. Die glatten Mäntel zum Brechen von sehr harten Rohstoffen werden aus Manganstahl, Spezialgußstahl oder Hartguß hergestellt.

Die Walzenmäntel haben die Neigung sich auszuarbeiten und Rillen oder Grate an den Außenseiten zu bilden. Das kann oft selbst bei der größten Vorsicht nicht vermieden werden.

Überhaupt bei den Walzwerken von großer Breite vermindert sich die Leistungsfähigkeit sehr rasch, wenn die Oberflächen nicht ganz gerade gehalten werden. Man ist gezwungen — und es handelt sich um eine sehr sorgfältige Arbeit — die Walzen von Zeit zu Zeit abzdrehen oder abzuschleifen. Aber dieser Vorgang stellt eine ganz beträchtliche Arbeit dar; denn man muß die Riemen abwerfen, die Maschinen auseinandernehmen und die Walzen auf eine Drehbank oder Schleifbank bringen. Wenn außerdem die Walzen aus einem außerordentlich harten Stahl hergestellt sind, erfordern sie eine sehr starke Drehbank und Werkzeuge aus besonderem Stahl. Der Wiedereinbau und das Einstellen der abgerichteten Walzen ist auch sehr beschwerlich. Man versteht dann das Interesse, eine Abschleifvorrichtung, wie sie Abb. 43 zeigt, anzubringen.

Diese Vorrichtung kann leicht an die eine oder die andere Walze während der Arbeit herangebracht werden und man kann die Oberfläche der Walzen ohne Anhalten der Maschine um so leichter gerade schleifen, wenn die Walzwerke bei der Zerkleinerung von besonders harten Rohstoffen auf nassem Wege arbeiten.

Die meisten Walzwerke sind deshalb mit besonderen Tragflächen versehen, um solche Schleifvorrichtungen anbringen zu können.

#### IV. Bemerkungen zum Aufstellen der Walzwerke.

Die gewöhnlichen Walzwerke, besonders die mit schwingender Walze, sind Erschütterungen ausgesetzt und müssen deshalb auf einem sehr kräftigen Fundament stehen. Wie für die Backenbrecher soll das Fundament aus gutem, langsam bindendem Zementbeton hergestellt werden. Die Maschine soll mit Hilfe von Ankerschrauben befestigt werden und vorzugsweise auf Hartholzbohlen, die ein elastisches Polster bilden, ruhen.

Die ausgeglichenen Walzwerke haben kein Fundament nötig, sondern werden unmittelbar auf dem Boden, auf welchem sie stehen, befestigt.

Der Zahnradantrieb ist leicht aufzustellen, dagegen macht er Geräusche und ruft Erschütterungen hervor. Der Antrieb durch Doppelriemen nimmt weniger Platz ein, ist viel einfacher und vollständig geräuschlos. Er ist sehr bequem, wenn man die Walzengeschwindigkeiten verändern will und allein praktisch für die Schnellläufer-Walzwerke.

Die Beschickung soll so sehr als möglich mechanisch eingerichtet werden. Die zahlreichen Bauarten der selbsttätigen Aufgabevorrichtungen passen sich vollständig den örtlichen Verhältnissen an. Wir werden darüber noch im zwölften Kapitel sprechen.

## V. Verwendung der Walzwerke.

Die Walzwerke werden zu den verschiedenartigsten Zwecken verwendet, von der Zerkleinerung der mehr oder weniger harten Erze bis zur Vermahlung von Körnerfrüchten oder Zerkleinerung von öligen oder zuckerhaltigen Vegetabilien.

Um nicht über den Rahmen des Inhalts dieses Buches hinauszugehen, werden wir uns nur an die Behandlung der Mineralien halten und werden der Reihe nach mehrere typische Fälle betrachten, je nach Größe und physikalischer Beschaffenheit der zu zerkleinernden Rohstoffe.

### A. Verwendung als Vorbrecher für harte Rohstoffe.

In einigen in Wirklichkeit sehr seltenen Fällen ist das Walzwerk zum Brechen von mittelhartem Felsgestein zur Herstellung von Schotter oder andere Gebrauchszwecke angewendet worden. Der Riesensteinbrecher von Edison gehört zu dieser Maschinengruppe.

Wir haben gesehen, daß die größte Abmessung der, dem Walzwerk zu übergebenden Stücke eine Funktion des Walzendurchmessers ist. Die Anwendung der am Anfang dieses Kapitels angegebenen Formel würde zu phantastischen Ausmessungen führen, sobald es sich um die Frage handelt, Felsstücke von 250 oder 500 mm Seitenlänge, so wie sie aus dem Bruch kommen, zu verarbeiten. Die Anwendung von geriffelten Walzen gestattet offenbar den Durchmesser zu vermindern, aber dieser reicht bei weitem nicht an die Achtung gebietenden Verhältnisse heran.

So besitzt der als Vorbrecher in den Brüchen von The Tomkins Cove Stone Co. (Staat New York) verwendete Edison-Walzenbrecher Walzen von 1800 mm Durchmesser und 2100 mm Länge. Jede wiegt 48000 kg und der Spalt zwischen den Walzen ist 175 mm breit. Unter solchen Umständen kann seine Leistung 2000 t in der Stunde betragen!

Dieser Maschine folgen zwei Feinbrecher derselben Bauart, die kaskadenartig darunter aufgestellt sind. Sie sind mit Walzen von 1200 mm Durchmesser ausgerüstet und haben eine Spaltweite von 100 und 25 mm. Die in Frage stehende Anlage wurde 1911 aufgestellt. Sie ergab befriedigende Leistungen; aber es wurde keine größere Anzahl solcher Maschinen hergestellt.

Im Bereiche dieser Leistungen scheint der Platz endgültig den Backen- oder Rundbrechern gesichert zu sein.

Ähnliche Walzwerke sind auch in Deutschland in Kalkbrüchen für die Großindustrie einestheils zur Ersparung von Arbeitern aufgestellt worden, andernteils um für mehrere Betriebe zugleich (chemische Fabrik, Kalköfen und Zementfabrik) zur Weiterverarbeitung geeignet vorbereitete Rohstoffe unmittelbar im Bruch zu gewinnen.

Der gesprengte Kalkstein wird mittels mechanischer Schaufel in Förderwagen geschüttet und dann in den Einwurftrichter des Brechwalzwerkes befördert. Ein Aufgaberost sondert das Feine für die Zementfabrik aus und die großen Stücke bis 1000 mm Größe fallen in das Brechwalzwerk, das bis auf 200 bis 300 mm Korngröße bricht. Das Brechgut wird durch einen Sortierzylinder in Rohstoffe für die chemische Fabrik oder für die Kalköfen getrennt und durch Seilbahn an die Verbruchsstellen gebracht. Der anfallende Splitt geht in die Zementfabrik.

Die Walzen dieser Brecher bestehen aus einzelnen, kräftigen, mit großen Greifzähnen und kleineren Schneidezähnen versehenen Stahl-

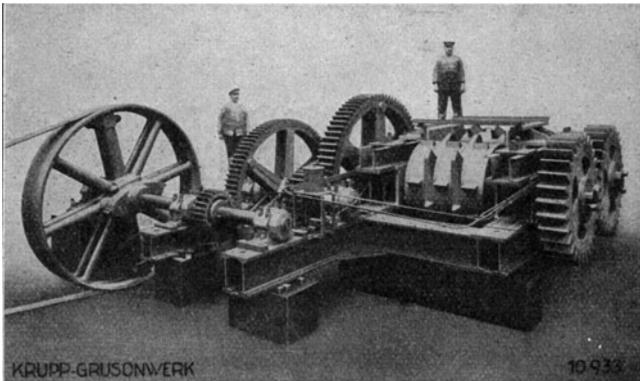


Abb. 49. Großbrechwalzwerk mit doppeltem Vorgelege (Friedrich Krupp-Grusonwerk A.-G. Magdeburg).

scheiben, die abwechselnd nebeneinander auf die, an dieser Stelle vierkantige, Welle aufgesteckt und durch Schraubenbolzen zusammengehalten werden. Die Greifzähne der einen Walze arbeiten gegen die Schneidezähne der anderen Walze. Die Ausbildung der Walzenoberfläche sorgt für ein sicheres Hineinziehen und kräftiges Zerkleinern der Steinbrocken. Der Antrieb erfolgt durch ein starkes, doppeltes Zahnradvorgelege und durch eine als Schwungrad ausgebildete, mit einer Bruchsicherung versehene Riemenscheibe. Der Maschinenrahmen ist aus starkem Profileisen zusammengebaut und trägt schwere, mehrfach gefederte Puffer zur Milderung der oft auftretenden heftigen Stöße. Die Lagerschmierung wird durch eine Ölpumpe vermittelt, die für einen dauernden Ölumlaufl sorgt.

Die Firma Friedrich Krupp Grusonwerk A. G., Magdeburg, baut ein solches Großbrechwalzwerk (Abb. 49) von 1600 mm Walzendurchmesser und 1200 mm Breite. Dieses leistet 120 m<sup>3</sup> Brechgut von etwa 200 mm Stückgröße in der Stunde bei einem Kraftbedarf von 70 bis 80 HP. Diese Maschine wiegt etwa 70000 kg.

## B. Verwendung der Walzwerke zum Vermahlen von Grieben aus harten und halbharten Rohstoffen.

Das, nach den am Anfang dieses Kapitels beschriebenen Mustermaschinen gebaute Walzwerk wird laufend zum Zerkleinern von schon mit Hilfe eines anderen Brechers auf verschiedene Korngrößen von 25 bis 100 mm im Mittel vorgebrochenen Rohstoffen gebraucht.

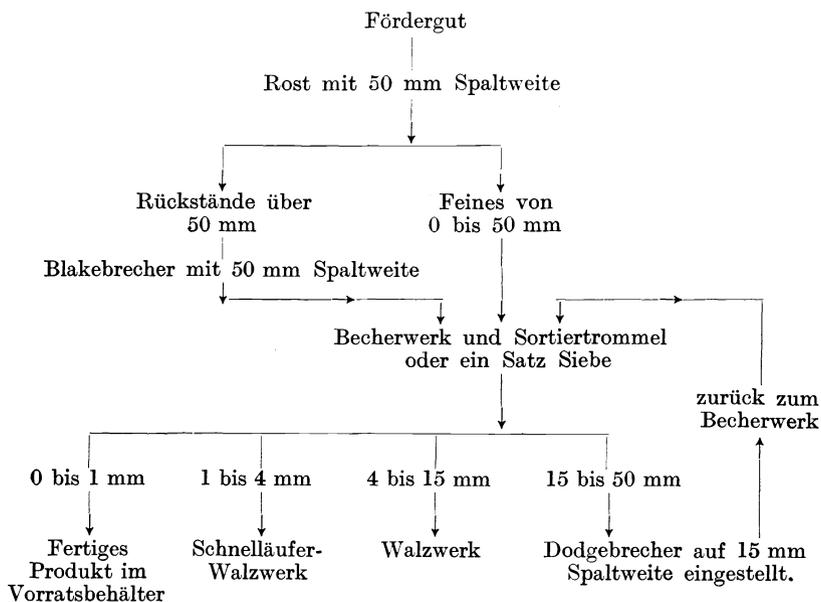
Zu diesem Zwecke verwendet, zerkleinert das Walzwerk in einem oder mehreren Durchgängen (jede Zerkleinerung im Mittelverhältnis 1:4 durchgeführt) auf eine Korngröße von 5 bis 10 mm.

Es findet Verwendung:

in Steinbrüchen, welche Kies, Grieb und Steinsand herstellen, in Zementfabriken zum Zerkleinern von hartem Kalkstein und hauptsächlich in den Erzwäschen, wo ihre Verwendung gängig ist.

Im letzten Fall hat sie den Zweck, die von Hand vorsortierten Gemenge zu möglichst gleichmäßigen Körnern zu zerkleinern, die zum Trennen auf der Setzmaschine bestimmt sind.

Zum Beispiel geben wir ein Aufstellungsschema, das in diesem Sinne (nach Ratel) aufgestellt wurde.



Man bemerkt, daß jede Maschine kein feineres Brechgut erhält als sie selbst erzeugen muß und daß ein Erzeugnis von gegebener Korngröße nur einmal dieselbe Maschine durchläuft. Das Sieb erhält in der Zeiteinheit eine viel größere Menge Sichtgut, als die Gesamtleistung

der Anlage ausmacht. Diese Tatsache muß infolgedessen berücksichtigt werden.

Zum Vergleichen der Walzwerke mit anderen Brecherarten fassen wir zwei Fälle ins Auge.

Die größten der modernen amerikanischen Maschinen stehen im Wettbewerb mit besonderen Rundbrechern und Tellerbrechern, die wir in den vorhergehenden Kapiteln kennengelernt haben. Nehmen wir zum Beispiel ein Walzwerk mit geriffelten Walzen von 900 mm Durchmesser und 400 mm Breite an. Diese Maschine kann Stücke bis 70 mm Größe aufnehmen und sie bis auf 20 mm und weniger zerkleinern bei einer Leistung von im Mittel 30 t in der Stunde und mit einem veränderlichen Kraftverbrauch von 15 bis 30 HP. Das Gewicht der Maschine beträgt ungefähr 10 bis 12000 kg.

Ein Kennedy-Rundbrecher Nr. 25 oder gar ein Tellerbrecher von 36 Zoll wird die gleiche Arbeit mit einem beinahe gleichen Kraftaufwand leisten können. Dagegen ist das Gewicht dieser beiden letzten Maschinen bedeutend niedriger, als das des Walzwerkes. Und wie verhalten sich die Preise zueinander? Wir wollen es gar nicht wissen.

Ein anderer Gesichtspunkt, der in Rechnung zu ziehen ist, sind die auswechselbaren, arbeitenden Maschinenteile, die ausgewechselt werden müssen, sobald sie einen gewissen Grad des Verschleißes erreicht haben. Sie sind viel schwerer für die Walzenmühle als für den Rund- oder Tellerbrecher. Der Unterschied der Ausgaben wird doch ein sehr beträchtlicher sein und ebenso die Rückwirkung auf den Betrag der Geschäftsunkosten.

Trotzdem wird das Walzwerk von großen Abmessungen noch dauernd als Nachbrecher verwendet und zahlreiche Fabrikanten, französische wie fremde, bauen immer mehr verbesserte Maschinen.

Walzwerke von kleineren Abmessungen, die als Granulatoren bei der Herstellung von Sand und in Erzwäschen Verwendung finden, haben einen scharfen Mitbewerber in den Kugelmühlen, die wir später besprechen werden. Die Vorzüge des Walzwerkes werden wieder ausgeglichen durch die geringe Zerkleinerungsfähigkeit, die in der Nähe des Verhältnisses 1:4 liegt. Um von einer Korngröße von 50 mm auf 1 mm zu kommen, muß man nicht weniger als drei Walzwerke hintereinander aufstellen, während eine Kugelmühle in wirtschaftlich günstiger Weise die gewünschte Zerkleinerung erzeugt. Besondere Umstände können zur Verwendung eines Walzwerkes führen, im allgemeinen aber ist sie keine neuzeitliche Maschine mehr.

Wenn es sich jedoch um eine kleine Leistung bis etwa 3000 kg in der Stunde handelt, rechtfertigt seine Einfachheit und Betriebssicherheit, ebenso sein niedriger Preis und die Vielfältigkeit der von den Fabrikanten gebauten Maschinensorten vollauf seine Verwendung.

### C. Verwendung der Walzwerke für die Feinzerkleinerung.

Eine in Deutschland unter dem Namen Brechwalzwerk gebaute Maschine wird bisweilen bis heute noch zum Zerkleinern von Rohstoffen verwendet für Zement, Zementklinker, Kalkstein, Kohle, Schiefer, Schamotte, Hochofenschlacke, Salze, Soda, Schlacken, Phosphate usw. Die zu zerkleinernden Rohstoffe werden in faustgroßen Stücken dem Walzwerk übergeben und verlassen die Maschine in der Form von Grießen mit Mehl vermischt. Durch eine besondere Einstellvorrichtung können die Walzen schnell parallel zueinander festgestellt und mit einer gewünschten Spaltweite während des Betriebes eingestellt werden, so daß man ein mehr oder weniger feines oder grobes Erzeugnis erhält.

Bei der Zementherstellung wird diese Maschine vorteilhaft als Vorbrecher zwischen Kollergang und Feinrohmühle eingeschaltet.

Sie besteht aus zwei Arbeitswalzen von 400 mm Durchmesser und 1000 mm Länge. Zwei Zubringwalzen, die eine groß mit langsamem Gang und die andere klein mit schnellem Gang, führen die Rohstoffe in einem ganz gleichmäßigen Schleier zu. Die Arbeitswalzen werden aus Kokillenguß hergestellt, gedreht und geschliffen, so daß sie genau parallel gegenüber gelagert werden können. Sie sind mit den Zubringwalzen in einen gemeinschaftlichen Maschinenrahmen eingebaut. Die eine der Arbeitswalzen dreht sich in feststehenden und die andere in einstellbaren Lagern. Die gefederten Puffer wirken auf die einstellbaren Lager und drücken die bewegliche Walze gegen die feststehende, indem sie auf diese Weise den zur Zerkleinerung erforderlichen Druck ausüben.

Stahlschaber halten die Walzen glatt und rein. Die Einführung der Rohstoffe wird durch einen Schieber geregelt. Im Falle einer Störung können die Walzen augenblicklich angehalten werden, so daß die Zuführung der Rohstoffe unterbrochen wird. Ferner können durch einen Hebel die Arbeitswalzen plötzlich voneinander entfernt werden. Bringt man den Hebel in seine Anfangsstellung zurück, so befinden sich die Walzen wieder genau in ihrer ursprünglichen Entfernung. Der Antrieb der feststehenden Walzenwelle erfolgt durch Fest- und Losscheibe, während die bewegliche Walze durch die feststehende mit Hilfe von starken Kuppelrädern angetrieben wird.

Die Zubringwalzen sind durch Zahnräder gekuppelt und werden von der beweglichen Arbeitswalze durch Fest- und Losscheibe angetrieben. Die feststehende Walze läuft mit höherer Geschwindigkeit als die bewegliche. Das zu zerkleinernde Brechgut wird deshalb mehr zerquetscht als gemahlen.

Es ist empfehlenswert, die Maschinen mit einem Blechmantel einzuhüllen, um jedes Entweichen von Staub zu verhindern und um eine Entstaubungsvorrichtung anschließen zu können.

Die Abb. 50 stellt eine solche Maschine dar. Die besonderen Angaben und die Leistung sind folgende :

Walzendurchmesser . . . . .	400 mm
Walzenlänge . . . . .	1000 „
Umdrehungen der Riemenscheibe i. d. Min. . . . .	220 „
Maße der Riemenscheibe . . . . .	1100 × 225 „
Betriebskraft . . . . .	ungefähr 12 HP
Gewicht der Maschine . . . . .	4200 kg
Gewicht eines Walzenpaares mit Wellen . . . . .	1750 „

Stündliche Leistungen in:

Kalkstein und Ton von 5 mm Korngröße auf feinen Grieß mit Mehl vermischt zerkleinert . . . . .	etwa kg	3700
Steinkohle von 10 mm Korngröße auf feinen Grieß mit Mehl ver- mischt . . . . .	„ „	2400
Drehofenklinker zerkleinert von 12 auf 3 mm . . . . .	„ „	4000
„ „ „ 3 mm Korn auf feinen Grieß mit Mehl vermischt . . . . .	„ „	2400

#### D. Verwendung der Walzwerke in der keramischen Industrie.

Die Verarbeitung der unreinen Erden zur Herstellung von keramischen Erzeugnissen umfaßt im allgemeinen drei Arbeitsvorgänge :

a) Vermahlung der harten, verschiedenartigen Beimengungen, wie Trümmer von Kalkstein, Quarz, Kalk usw., die zerquetscht und unter die Masse gleichmäßig verteilt werden müssen. Zu gleicher Zeit Zerteilung der Masse oder Zerstörung des natürlichen Gefüges ; um Wasser in die dichten und wasserundurchlässigen Schichten hineinzukneten ;

b) Hineinbringen von Wasser und Mischen zu einer vollständig gleichartigen Masse ;

c) Hervorbringen eines bildfähigen Gefüges, das heißt ein Arbeitsvorgang, der darin besteht, dem Ton die Steifigkeit zu geben, um die Form, welche ihm die Formmaschinen geben, zu behalten.

Für den ersten Arbeitsvorgang verwendet man, je nach der Eigenart des Tones, verschiedene Zerkleinerungsmaschinen, deren Bauart von den Walzwerken abgeleitet ist. Unter diesen Sonderausführungen nennen wir die folgenden :

1. Den Schollenschneider. Dieser besteht aus einer oder zwei Walzen mit sehr langen Stahlzähnen, die sich im Innern eines trogartigen Kastens drehen. Dem Zahnumfang entsprechen die Roststäbe, die in der Wandung des Kastens verstellbar befestigt sind. Der Ton wird zwischen dem feststehenden Rost und den sich drehenden Zähnen zerstückelt. Diese Maschine eignet sich sehr gut für harte und steinige Tone. Sie kann Schollen von 400 mm Länge aufnehmen und sie in Stücke von 20 bis 30 mm bei täglich 20 bis 30 m<sup>3</sup> Leistung und einem Kraftbedarf von 2 bis 3 HP zerkleinern. Das Gewicht ist 1250 kg.

2. Brechwalzwerk. Bei dieser in Deutschland gebauten Maschine werden die Walzen aus mehreren nebeneinander liegenden Scheiben zusammengesetzt, die einen wellenförmigen Querschnitt haben. An den erhöhten Teilen der Walze sind Zerreibzähne angeordnet, welche während der Umdrehung sich in Nuten legen, die in den entsprechenden Vertiefungen der gegenüberliegenden Walze angebracht sind.

Die beiden Walzen sind natürlich von gleichem Durchmesser und drehen sich mit der gleichen Umfangsgeschwindigkeit. Die von den

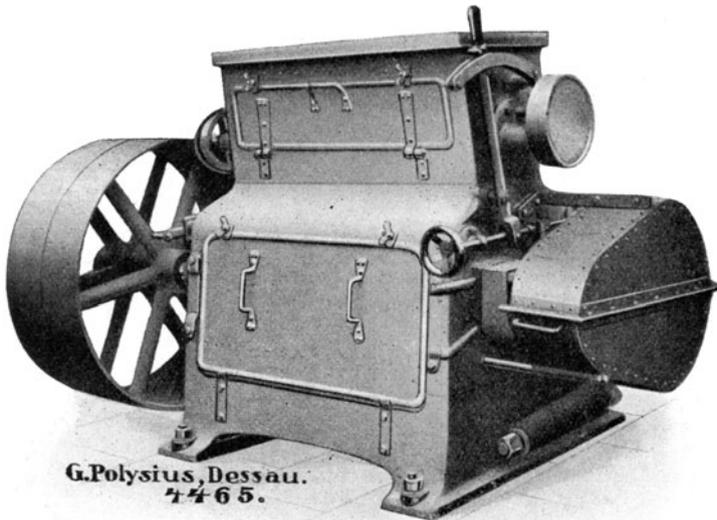


Abb. 50. Walzenmühle von Polysius.

Zähnen erfaßten Schollen werden zwischen die Walzen hineingezogen. Sie werden nachdrücklich gewalzt und in jeder Richtung unter der Wirkung der Differenzgeschwindigkeit der auf der Walze vorhandenen Wellenlinien zerrissen.

3. Desagregator. Zwei Walzen von verschiedenem Durchmesser werden jede für sich angetrieben. Die kleine mit Stahlzähnen versehen, dreht sich mit 600 bis 900 Umdrehungen in der Minute. Die größere aus Hartguß soll 30 bis 50 Umdrehungen machen. Auf Grund dieser Umdrehungsverschiedenheit wird der Ton je nach seiner natürlichen Beschaffenheit und seinem Feuchtigkeitsgrad in feine Grieße aufgelöst oder in Streifen von verschiedener Dicke zerschnitten, je nach der Spaltweite der Walzen, welche beliebig eingestellt werden kann. Eine Maschine dieser Bauart leistet stündlich  $6 \text{ m}^3$  und hat ein Gewicht von 1300 kg.

Walzwerke mit glatten Walzen zur Bearbeitung von Ton erhalten zylindrische oder konische Walzen.

Die ersteren sind normaler Bauart und mit Zahnrädern von verschiedenem Durchmesser versehen. Gewöhnlich ist die Umfangsgeschwindigkeit der einen Walze etwa Zweidrittel der anderen. Die Bauart dieser Maschinen kann augenscheinlich weniger stark sein, als wenn es sich um die Zerkleinerung von sehr hartem Gestein handelt.

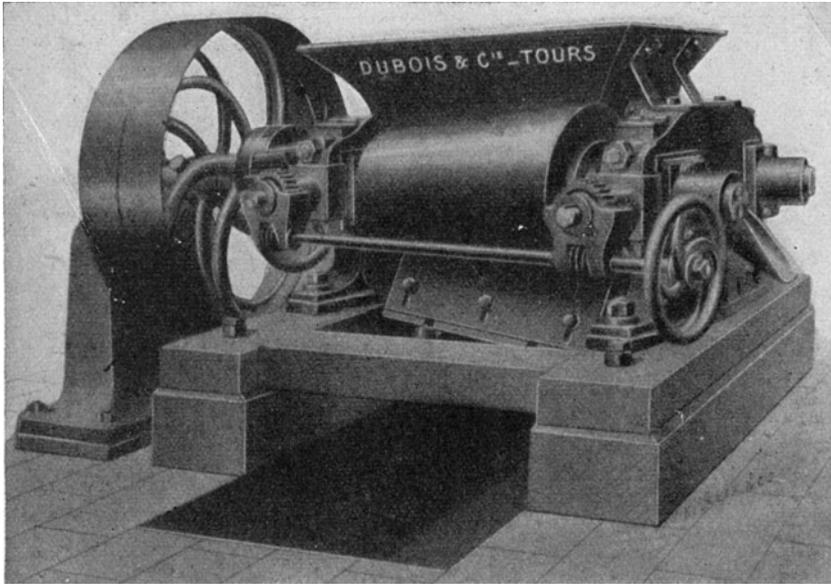


Abb. 51. Steinaussonderungswalzwerk mit konischen Walzen.

Ein anderes Verfahren, um zu verschiedenen Geschwindigkeiten zu kommen, besteht in der Anwendung von konischen Walzen, die so eingebaut sind, daß der größte Durchmesser der einen Walze sich neben dem kleinsten der anderen befindet. Aber diese Bauart macht das Abschleifen der Walze bei eintretendem Verschleiß sehr schwierig und andererseits treten axiale Stöße und Verschiebungen auf, die die Spaltweite der Walzen vergrößern können, wenn man nicht Abhilfe schafft beim Verschleiß der scharfen Ecken am Ende der Walzen.

Wenn man die konischen Walzen so anordnet, daß die großen Durchmesser nebeneinander liegen und ebenfalls die kleinen, so bilden die Walzenwellen einen Winkel zwischen sich und man erhält ein Steinaussonderungswalzwerk, das in Abb. 51 dargestellt ist. Die Umfangsgeschwindigkeit ist am größten bei den großen Walzendurchmessern

und Kieselsteine oder nichtzerbrechbare Stücke (Fremdkörper), welche im Ton enthalten sind, rollen und laufen an der Oberfläche der Walzen entlang bis zum Aufenthaltspunkt der größten Geschwindigkeit und fallen von da in eine seitlich angebrachte Rinne. Auch diese Maschine ist mit einer Parallelzustellung mittels Schneckenrädern und Schraube ohne Ende, wie schon beschrieben, versehen.

Die Walzen für Vorbrecher (0 bis 5 mm Spaltweite) bleiben roh ; dagegen werden Walzen zum Feinbrechen (0,5 bis 1 mm Spaltweite) im allgemeinen gedreht oder geschliffen. In allen Fällen aber reinigen Schaberzeuge, die fest gegen die Walzen gedrückt werden, die Oberfläche und verhindern das Verschmutzen.

Eine sehr interessante Anordnung ist die des Zerreibwalzwerkes mit 4 Walzen der Société „Le Matériel pour céramique et agglomérés“ (Abb. 52).

Die oberen Walzen *A* und *A'* haben 360 mm Durchmesser und machen 700 Umdrehungen in der Minute. Die unteren Walzen dagegen haben 200 mm Durchmesser und drehen sich mit 350 Umdrehungen. Der zwischen die beiden oberen Walzen eingeführte Ton geht dann zwischen den gleichen Walzen hindurch. Die Differenz-

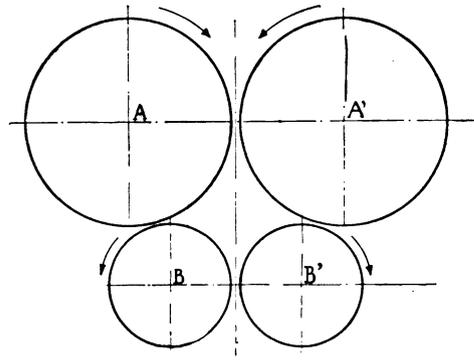


Abb. 52. Schema des Zerreibwalzwerkes mit 4 Walzen.

geschwindigkeit, die bei der zweiten Zerkleinerung in Wirkung tritt, bringt ein Zerreißen hervor, das den Ton in Staub überführt, obgleich die Spaltweite der Walzen 1,5 mm beträgt. Die Leistung ist  $7 \text{ m}^3$  in der Stunde mit einem Kraftverbrauch von 18 HP.

Wir bringen hier eine Maschine in Erinnerung, die mit den Walzwerken nichts gemein hat als die äußerliche Form. Das ist das Mischkollerwalzwerk von Paul Baur, Brugg (Aargau) (Abb. 53). Die Oberfläche des Walzenrahmens ist mit perforierten Blechen belegt, deren Schlitzgröße nach der gewünschten Feinheit des zu mahlenden Tones schwankt. Die Schlitzweite erweitert sich nach innen konisch, um ein Verstopfen zu verhindern. Die Walzen drehen sich in geringem Abstand voneinander. Der Ton befindet sich zwischen den beiden Walzen eingepreßt und wird gezwungen, durch die Schlitzweite der Oberfläche hindurchzugehen. Wenn ein kleines Stück nun nicht strangförmig durch die Schlitzweite durchgedrückt werden kann, gehen die Walzen, indem sie gleichzeitig durch Federn zusammengedrückt werden, auseinander und das

nicht zerkleinerte Stück fällt durch sein eigenes Gewicht heraus. Die im Innern der Walzen arbeitenden, aber am Maschinenrahmen befestigten Schaber schaffen den durch die Schlitze gedrückten Ton seitwärts heraus: Diese Maschine, die man nicht unmittelbar als Walzwerk ansprechen kann, dient zur feinen Verarbeitung von feuchtem Ton.

Diese Walzwerke werden in zwei Größen mit Walzendurchmessern von 1000 und 1500 mm und einer Breite von etwa 550 mm ausgeführt. Bei einer stündlichen Leistung von etwa 2500 Backsteinen D. N. F. des Walzwerks von 1000 mm Durchmesser werden je nach Beschaffenheit des Rohtones etwa 10 bis 15 HP Betriebskraft gebraucht.

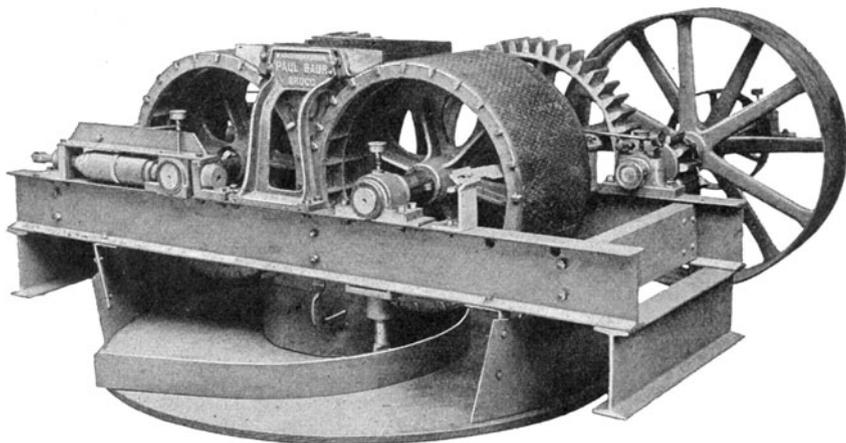


Abb. 53. Mischkollerwalzwerk von Paul Baur, Brugg (Aargau).

Wir haben nun gesehen, daß nach dem Anfeuchten und Mischen des Tones das Erzeugen eines bildsamen Gefüges notwendig war. Das zeigt sich beim Bearbeiten mit einem senkrecht stehenden Tonschneider, über dem oft ein Glattwalzwerk aufgestellt wird, welches das Kneten der Masse bereits einleitet. Endlich werden oft glatte oder mit Schraubenriffeln versehene Walzen unmittelbar über den Strangpressen angebracht, welche den Dienst als Speisevorrichtung oder Nachfüller versehen.

### **E. Verwendung der Walzwerke zum Zerkleinern zerreibbarer Rohstoffe.**

Die Walzwerke finden auch viel Verwendung für die Zerkleinerung von zerreibbaren oder leicht spaltenden Rohstoffen, wie: Kohle, Koks, Gips, Kalk, Steinsalz, Asphalt usw.

In diesem Falle werden die Brecher mit Walzen mit Spitzen und Schneiden oder Zähnen von je nach der gewünschten Feinheit veränderlicher Größe versehen.

Wenn man eine besondere Feinheit erzeugen muß, verwendet man Walzwerke mit mehreren Walzenpaaren übereinander. Ein Walzenpaar kann gezähnte, das andere geriffelte oder aber das eine gezähnte und das andere glatte Oberflächen haben usw.

Wenn es sich darum handelt, Koks oder Kohle mit einem Minimum an Staub zu zerkleinern, sollen möglichst spitze Zähne verwendet werden (Sternbrecher).

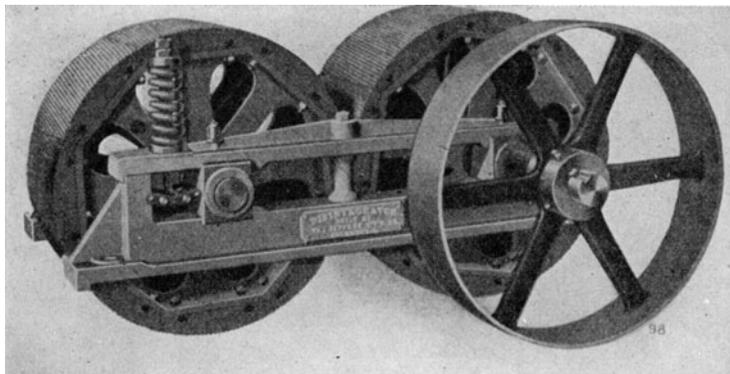


Abb. 54. Kohlenbrecher von Jeffrey.

Zum Brechen von Kohle, sowie sie aus der Grube in die Kohlenbrechanlagen oder von den Lagerplätzen kommt, sind Walzwerke mit zwei Paar gezähnten Walzen allgemein im Gebrauch.

Zum Beispiel kann ein Walzwerk mit 4 Walzen von  $600 \times 600$  mm, die 7500 kg wiegen, Kohlenstücke bis 350 mm Größe aufnehmen. Es bricht diese auf eine Korngröße von 25 bis 75 mm im Maximum mit einer entsprechenden Leistung von 15 bis 120 t in der Stunde, je nach Feinheit und Härte der Kohle. Kraftverbrauch 25 bis 35 HP.

Abb. 54 zeigt einen Kohlenbrecher Jeffrey, mit geriffelten Platten, die besonders für feine Granulation bestimmt sind.

## VI. Betrachtungen über die Leistung der Walzwerke.

Die theoretischen und experimentellen Untersuchungen, die als Gegenstand die Zerkleinerung mittels Walzen haben, sind jederzeit sehr häufig gewesen. Viele Schriftsteller haben darüber ausführliche Berechnungen in verschiedenen Werken und Veröffentlichungen niedergelegt. Wir bringen nachstehend die praktischsten der Schlußfolgerungen :

### A. Wahl des Brechers für eine zu brechende, gegebene Korngröße.

Nach den sehr umfangreichen Erfahrungen von Sir Argall sind Kurven aufgestellt worden, die als Grundlage einen Angriffswinkel von höchstens  $31^\circ$  und einen mittleren Druck zwischen den Walzen von 3,65 kg auf den Quadratmillimeter haben.

Diese Kurven können nach den folgenden Formeln von M. Duprat bestimmt werden.

$$d_{\max} = 0,046 D, \quad (1)$$

$$n = 35,4 D + \frac{65}{D} - 68,3. \quad (2)$$

$d$  und  $D$  sind die Korngrößen und die Walzendurchmesser in Metern.  
 $n$  ist die günstigste Umdrehungszahl in der Minute,

(1) kann man in folgender Weise schreiben :

$$D = 22 d \text{ (angenähert)} \quad (3)$$

(siehe Abschnitt I des vorliegenden Kapitels).

Um Brechgut von 25 mm zu brechen, braucht man nicht den kleinsten Walzendurchmesser von 550 mm zu nehmen.

Die Umdrehungszahl, welche der günstigsten Leistung entspricht, ist für diesen Wert  $D$

$$n = 70 \text{ Minuten/Umdrehungen.}$$

### B. Theoretische Leistungsfähigkeit.

Die theoretische Leistungsfähigkeit ist gleich dem „ruban“, das heißt gleich dem Inhalt eines Bandstreifens, der durch die Spaltweite der Walzen und die Umfangsgeschwindigkeit erzeugt wird.

Wenn  $D$  der Durchmesser der Walze ist,  $N$  die Umdrehungszahl in der Minute,  $L$  die Walzenbreite,  $e$  die Spaltweite, das heißt das größte Ausmaß des gebrochenen Gutes, dann wird die theoretische Leistung :

$$T = \pi D \cdot N \cdot 60 \cdot L \cdot e. \quad (4)$$

$T$  drückt ein Volumen aus. Wenn wir also Walzen von 900 mm Durchmesser und 400 mm Breite, die 40 Umdrehungen in der Minute bei einer Spaltweite von 10 mm machen, verwenden, dann ist die theoretische Leistung :

$$T = 3,14 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 60 \cdot 0,4 \cdot 0,01 = \text{etwa } 27 \text{ m}^3.$$

### C. Leistungskoeffizient.

Es liegt klar auf der Hand, daß die auf diese Weise ermittelte Leistungsfähigkeit keineswegs der wirklichen des Walzwerkes entspricht, wenn nicht in ganz besonderen Ausnahmefällen, wie beim

Walzen von Ton, für welche sich die wirkliche der theoretischen Leistung nähert. Für die Zerkleinerung von Gestein ist die wirkliche Leistung  $R$  gleich der theoretischen Leistung  $T$  multipliziert mit einem gewissen Koeffizienten  $c$  oder dem Leistungskoeffizienten. Argall hat festgestellt, daß der Leistungskoeffizient umgekehrt proportional ist zum Umfang der ausgeführten Zerkleinerung.

Wenn  $d$  der Anfangsdurchmesser und  $d'$  der Durchmesser nach dem Zerkleinerungsvorgang ist, dann ist der Leistungskoeffizient durch die empirische Formel gegeben :

$$C = \frac{125,3 d - 100(d - d')}{167 d} \tag{5}$$

Die angenäherte Formel von M. Duprat

$$C = 0,6 \frac{d'}{d} + 0,15 \tag{6}$$

führt dann zu fast gleichen Ergebnissen.

Die Kurventafel Abb. 55 gestattet  $c$  unmittelbar als Funktion einer bestimmten Zerkleinerung zu finden. Also nehmen wir bei der Aufgabe eine Stückgröße

von 50 mm an (abzulesen auf dem linken Maßstab) und setzen wir voraus, daß man eine

Korngröße von 25 mm erreichen will (abgelesen auf dem unteren Maßstab). Nehmen wir nun den Schnittpunkt der Wagrechten, die durch 50 geht, mit der Senkrechten durch 25 und folgen der nächstliegenden schrägen Linie dieses Schnittpunktes

nach oben bis zum Zusammentreffen mit dem oberen Maßstab an der Stelle, die mit 50 bezeichnet ist, so bedeutet dies, daß die ausgeführte Zerkleinerung 50% des Anfangsmaßes ist. Vom Punkt 50 aus gehen wir nun senkrecht herab bis zu schrägen Linie  $AB$ , dann folgen wir der Wagrechten durch diesen Schnittpunkt bis zur Berührung mit dem

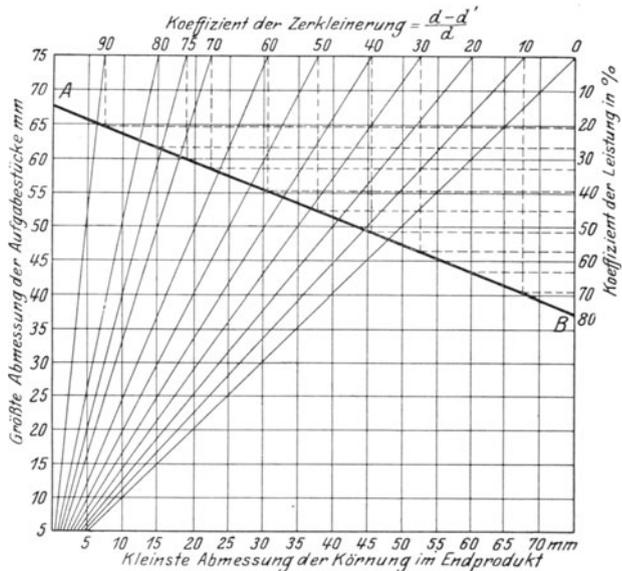


Abb. 55. Diagramm des Leistungskoeffizienten.

rechten Maßstab bis zu dem Punkte, der mit 45% bezeichnet ist. Also 45% ist der Leistungskoeffizient in dem Fall der Zerkleinerung von 1 zu 2. In der gleichen Weise finden wir, daß bei einem Zerkleinerungsverhältnis von 1 zu 4 (oder 75%) ein Leistungskoeffizient von 0,30 entspricht. Je mehr also das geforderte Zerkleinerungsverhältnis sich vergrößert, um so mehr vermindert sich der Leistungskoeffizient. Infolgedessen hat man ein Interesse daran, keine zu weitgehende Zerkleinerung von der gleichen Maschine zu verlangen. In der Praxis hält man an dem Zerkleinerungsverhältnis 1:4 fest, das als Grenze für diese Art Walzwerke angesehen werden kann. Der entsprechende Leistungskoeffizient ist dann 0,30.

#### D. Bestimmung der Konstanten eines Walzwerks für eine gegebene Arbeit.

Die nebenstehende Zahlentafel 14 ist für verschiedene Zahlenwerte nach den vorhergehenden Formeln und Diagrammen von Argall aufgestellt, die eine rasche Bestimmung der Leistung eines Walzwerkes gestatten.

Es ist für einen Berührungswinkel von  $31^\circ$  ein spezifischer Druck zwischen den Walzen von 3,65 kg für den Quadratmillimeter und ein theoretisches Zerkleinerungsverhältnis von 1:4 berechnet worden. Die erste senkrechte Spalte gibt die Korngröße des Aufgabegutes an. Dahinter ist die Größe des gebrochenen Gutes angegeben. Die dritte Spalte gibt die Tangentialgeschwindigkeit an, welche der günstigsten Leistung entspricht. Darauf sind die Umdrehungszahlen in der Minute angegeben, die einer jeden dieser Tangentialgeschwindigkeiten für verschiedene Walzendurchmesser entsprechen. Um das Suchen nach dem kleinsten Durchmesser nach der Formel (1) zu vermeiden, haben wir die Umdrehungszahlen nicht eingeschrieben, welche den ganz kleinen Walzen für eine gegebene Korngröße entsprechen.

Der letzte Teil der Zahlentafel gibt die Stundenleistung in Tonnen an, entsprechend den verschiedenen Walzenbreiten.

Die Zahlentafel löst folgende Aufgabe :

Man hat stündlich 12 t von 30 mm Stückgröße auf 7,5 mm Größe zu zerkleinern. Was für ein Walzwerk muß man verwenden ?

Die dritte Spalte gibt uns auf der wagrechten Linie, welche 30 mm in der ersten Reihe entspricht, eine Tangentialgeschwindigkeit von 168 m in der Minute an. Auf derselben wagrechten Linie sehen wir, daß diese Geschwindigkeit in verschiedener Weise verwirklicht werden kann:

Mit Hilfe der Walzen von 650 mm Durchmesser mit	82 Umdrehungen in der Min.
„ „ „ „ „ 800 „ „ „ 66 „ „ „	
„ „ „ „ „ 900 „ „ „ 60 „ „ „	
„ „ „ „ „ usw. „ „ „ usw. „ „ „	

Man wird eine dieser Maschinenarten wählen, indem man sich von den Angaben des Preisbuches der Fabrikanten, an den man sich wenden will, leiten läßt.

Zur Bestimmung der Walzenbreite genügt es, die wagrechte Linie bis zum letzten Teil der Zahlentafel und zum Zusammentreffen mit der gewünschten stündlichen Leistung oder derjenigen, welcher sie sich am meisten nähert, zu verfolgen. Am Kopfe der senkrechten Spalte, welche die Zahl enthält, ist die Breite der entsprechenden Walze angegeben. Also in unserem Falle werden wir die Walzen von 300 mm Breite wählen, welche geeignet sind, um 13800 kg in der Stunde zu zerkleinern.

Wenn wir zum Beispiel ein Schwinghebel-

Blanc-Eckardt, Technologie.

Zahlentafel 14. Bestimmung der Walzenmaße, Geschwindigkeiten und Leistungsfähigkeiten für ein gegebenes Zerkleinerungsverhältnis.

Durchmesser bei der Aufgabe	Durchmesser beim Austritt	Zerkleinerungsverhältnis 1 : 4	Die günstigste Tangentialgeschwindigkeit in m/Min.	Umdrehungszahl in der Minute, entsprechend der zugehörigen Walzendurchmesser										Leistung in Tonnen in der Stunde für die Breite von						
				250	330	400	500	650	800	900	1000	1100	100	250	300	400	500	600	700	750
				250	330	400	500	650	800	900	1000	1100	100	250	300	400	500	600	700	750
2,5	0,625	330	420	320	260	210	160	130	115	105	95	0,8	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,0	
5	1,125	285	360	285	225	180	140	110	100	90	80	1,4	3,5	4,2	5,6	7,0	8,4	9,8	10,5	
7,5	1,875	250	315	240	200	160	120	100	90	80	75	1,8	4,5	5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	13,5	
10	2,5	225	300	230	190	150	115	95	85	75	70	2,2	5,5	6,6	8,8	11,0	13,2	15,4	16,5	
12,5	3,125	205	215	180	145	110	90	80	70	65	60	2,6	6,5	7,8	10,4	13,0	15,6	18,2	19,5	
15	3,750	215	170	135	105	85	75	68	62	58	55	3,0	7,5	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	22,5	
17,5	4,375	205	162	130	100	80	72	65	60	56	53	3,2	8,0	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	24	
20	5,000	192	—	—	120	94	76	68	60	55	53	3,6	9,0	10,8	14,4	18,0	21,6	25,2	27	
22,5	5,625	185	—	—	118	90	74	65	59	53	51	3,8	9,5	11,4	15,2	19,0	22,8	26,6	28,5	
25	6,250	178	—	—	87	70	63	55	51	48	46	4,2	10,5	12,6	16,8	21,0	25,2	29,4	31,5	
30	7,5	168	—	—	82	66	60	54	48	46	44	4,6	11,5	13,8	18,4	23,0	27,6	32,2	34,5	
35	8,75	157	—	—	—	62	55	50	45	45	43	5,0	12,5	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	37,5	
40	10,0	148	—	—	—	—	52	47	43	43	41	5,5	13,7	16,5	22,0	27,5	33,0	38,5	41,2	
45	11,25	142	—	—	—	—	—	—	—	45	40	5,8	14,5	17,4	23,2	29,0	34,8	40,6	43,5	
50	12,5	134	—	—	—	—	—	—	—	—	38	6,2	15,5	18,6	24,8	31,0	37,2	43,4	46,5	

Walzwerk zu verwenden wünschten nach Abb. 42 und Zahlentafel 11, dann müssen wir die Maschine Nr. 5 mit  $800 \times 300$  mm-Walzen wählen und mit einer Geschwindigkeit von 66 Umdrehungen in der Minute laufen lassen. Das ist eine etwas höhere Geschwindigkeit als die im Preisbuch angegebene.

### E. Bestimmung des Kraftverbrauches.

a) Leergang. Die empirische Formel von Argall lautet: Man zähle die Zahlen zusammen, die in Zoll den Durchmesser und die Breite der Walzen angeben und nehme davon den zehnten Teil, dann erhält man annähernd die Zahl der für den Leergang verbrauchten HP. Also

$$P = \frac{D + L}{10}.$$

Wenn aber  $D$  und  $L$  in Metern ausgedrückt wird, so erhalten wir ungefähr:

$$P = (D + L) \cdot 4.$$

Also ein Walzwerk von 800 mm Durchmesser und 400 mm Breite beansprucht für den Leergang:

$$P = (0,8 + 0,4) \cdot 4 = 4,8 \text{ HP.}$$

Diese Formel drückt offenbar nur einen mittleren Wert aus, denn der Kraftverbrauch ist eine Funktion der Lagerreibung, die selbst in den weitesten Grenzen sich verändert, je nach der Vollkommenheit des angewendeten Schmiersystems und dem Druck auf die berührte Lagerfläche.

b) Im Betrieb.

$\alpha$ ) In bezug auf die Zapfenreibung bedient man sich der Kent-Formel:

$$\text{HP} = \frac{fwdn}{126,05}.$$

HP ist die Bewegungsarbeit in Pferdestärken,  
 $f$  der Reibungskoeffizient der Zapfen in den Lagerschalen,  
 $w$  ist die Resultante der Lagerdrücke, welche aus der Zusammensetzung folgender Drücke erzeugt wird:

Gewicht der Walzen, Antriebswelle und Antriebsriemenscheibe,  
 Riemenzug,

Zugkraft der Federn,

$d$  ist der Zapfendurchmesser,

$n$  ist die Umdrehungszahl in der Minute.

$\beta$ ) In bezug auf die geleistete Zerkleinerungsarbeit nach der von Argall angegebenen Berechnungsart.

Wenn  $d$  die Anfangsabmessung und  $d'$  die größte Abmessung der Körnung nach der Zerkleinerung ist, dann ist die Mittelabmessung des der Zerkleinerung unterworfenen Kornes.

$$\Delta = \frac{d + d'}{2}.$$

Nach Argall wird die Zerkleinerungsarbeit eines Kornes  $\Delta$  durch die Formel dargestellt :

$$t = \Delta^2 \cdot P \cdot 0,0015 + 2 \Delta^2 \cdot P \cdot 0,0015$$

oder zusammengefaßt

$$t = 0,0045 \Delta^2 P.$$

In dieser Formel bedeutet

$t$  = Fußfund,

$\Delta$  = Zoll,

$P$  = mittlerer Druck zwischen den Walzen in Pfunden auf den Quadrat Zoll.

Die Formel ist aufgestellt für  $P = 5000$  Pfund auf den Quadrat Zoll, das ist ungefähr 3,65 kg auf den Quadratmillimeter.

Für diesen Wert, in metrische Einheiten umgewandelt, erhalten wir :

$$t \text{ kgm} = 0,00486 \cdot \Delta^2,$$

$\Delta$  in Millimeter ausgedrückt.

Wenn  $L$  die Breite ist, welche wir einer in Aussicht genommenen Walze geben wollen, und  $V$  die Tangentialgeschwindigkeit, die der Aufgabestückgröße entspricht, dann ist die Brechfläche in der Minute :

$$S = L \cdot V.$$

Dann wird die Anzahl der Stücke von der Abmessung  $\Delta$ , die man brechen kann, sein :

$$\frac{L \cdot V \cdot 10^6}{\Delta^2}.$$

Darin ist  $L$  und  $V$  in Meter,  $\Delta$  in Millimeter und die dafür verbrauchte Kraft

$$T = \frac{L \cdot V}{\Delta^2} \cdot 10^6 \cdot t.$$

oder in HP und der Wert für  $t$  eingesetzt :

$$T = \frac{L \cdot V \cdot 0,00486 \cdot 10^6}{60 \cdot 75} = L \cdot V \cdot 1,08.$$

Also, wenn man die Angaben der Zahlentafel 14 anwendet, dann ist die Bewegungsarbeit durch die Formel bestimmt :

$$T = L \cdot V \cdot 1,08.$$

Beispiel: Wir haben die Zerkleinerung der Stückgröße von 30 mm auf 7,5 mm bei einer Stundenleistung von 12 t vorgesehen.

Wir müssen Walzen von 800 mm Durchmesser und 300 mm Breite annehmen, die in der Minute 66 Umdrehungen machen. Die Tangentialgeschwindigkeit beträgt 168 m in der Minute. Nach der vorstehenden Formel wird die Bewegungsarbeit:

$$T = 168 \cdot 0,3 \cdot 1,08 = 55 \text{ HP} .$$

Diese Arbeit entspricht der theoretischen Leistung des Walzwerkes. Um die wirkliche Arbeit zu erhalten, müssen wir dieses Ergebnis offenbar noch mit dem Leistungskoeffizienten multiplizieren

$$T = L \cdot V \cdot 1,08 \cdot c .$$

Also in unserem Fall

$$T = 55 \cdot 0,3 = 16,5 \text{ HP} .$$

Diese Rechnung hat nur Gültigkeit, wenn man sich auf den Standpunkt der Voraussetzungen zu den Versuchen von Argall stellt, seien es die durch die Formeln oder die Kurven gegebenen Durchmesser oder Geschwindigkeiten sowie in den mittleren Druck zwischen den Walzen von 3,65 kg auf den Quadratmillimeter.

Wenn man geriffelte Walzen von gleichem Durchmesser verwendet, können dieselben viel größere Stücke erfassen, als wenn sie glatt sind. Dafür kann man auch bei der gleichen Leistung eine größere Feinheit der Zerkleinerung verlangen. Wir geben nachstehend ein Diagramm für die Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit und Kraftverbrauch für die geriffelten Walzwerke von „Worthington“ (Abb. 56).

Dieses Diagramm löst zwei Aufgaben:

1. Man hat ein Walzwerk von gegebenen Abmessungen. Welche Leistung kann man in einer gegebenen Korngröße erzielen?
2. Man hat eine gewisse Menge Rohstoffe stündlich von der Korngröße ( $a$ ) auf die Korngröße ( $b$ ) zu zerkleinern. Welche Maschinengröße ist erforderlich?

Erste Lösung: Wir haben ein geriffeltes Walzwerk von 48 Zoll mal 16 Zoll ( $1200 \times 400$  mm), das wir mit einer Walzenspaltweite von  $\frac{1}{2}$  Zoll (12,5 mm) arbeiten lassen wollen. Wir lesen diese Abmessung in der zweiten, wagrechten Spalte am Kopfe des Diagramms. Die Abmessung unmittelbar darüber abgelesen ergibt 2 Zoll (50 mm). Das ist das Maß für das größte Stück, welches in das Walzwerk eingeführt werden darf. Folgen wir nun der Senkrechten, indem wir die beiden Zahlen im Auge behalten, bis zu ihrem Zusammentreffen mit der schrägen Linie, die mit *Zyl. 1200* bezeichnet ist. Wir verfolgen von diesem Schnittpunkt aus die Wagrechte nach links, welche uns auf die Zahl

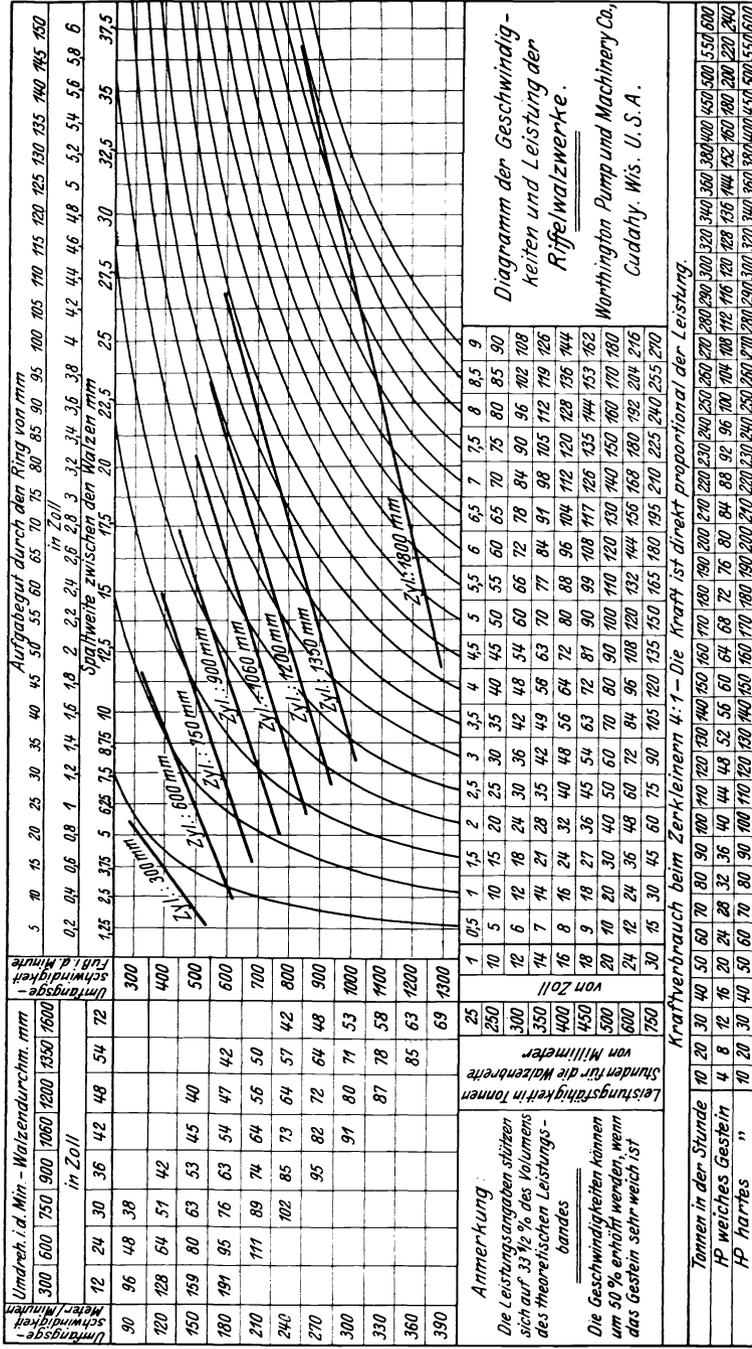


Abb. 56. Diagramm für geriffelte Walzen.

800 führt, die die anzunehmende Tangentialgeschwindigkeit in Fuß ist. Folgen wir nun der wagrechten Spalte der linken Zahlentafelseite, die am Anfang 800 hat, bis zum Zusammentreffen mit der senkrechten Spalte, die am Kopf den Durchmesser der gewünschten Walze = 48 Zoll trägt. Am Schnittpunkt ist die Zahl 64 verzeichnet, welche die Umdrehungszahl angibt, die das Walzwerk laufen muß.

Kehren wir nun zu unserem Schnittpunkt der Senkrechten 2 Zoll mit der Schrägen *Zyl. 1200* zurück und verfolgen die Parabel, die durch diesen Schnittpunkt geht, bis zum unteren Teil der Zahlentafel. Im Schnittpunkt der senkrechten Spalte, die am Fuße der Parabel liegt und der wagrechten Spalte, welche am Kopf die Breite der Walze trägt : 16 Zoll und es findet sich die Leistung in t/Stunden — in unserem Fall etwa 44 — angegeben.

Endlich schwankt der notwendige Kraftverbrauch zwischen 17,6 bis 44 HP (unterer Teil der Zahlentafel) je nach Härte des zerkleinerten Rohstoffes.

Zweite Lösung: Wir haben 100 t in der Stunde von 4 Zoll (100 mm) Stückgröße auf 1 Zoll (25 mm) zu zerkleinern. Die Senkrechte, die durch beide Zahlen geht, schneidet nur die rechte der Walze von 54 Zoll (1,350 mm) und von 72 Zoll (1,800 mm). Zwischen diesen beiden Zahlen müssen wir nun wählen.

Erster Fall: Walzen von 54 Zoll. Das Diagramm zeigt uns, daß sie sich mit einer Umfangsgeschwindigkeit von ungefähr 650 Fuß/Minuten drehen sollen, das ist eine Winkelgeschwindigkeit von 46 Umdrehungen in der Minute.

Um eine Leistung von 100 t in der Stunde zu erreichen, muß man eine Zylinderbreite von 24 Zoll oder 600 mm annehmen (unterer Teil der Zahlentafel).

Zweiter Fall: Walzen von 72 Zoll. Das Diagramm zeigt uns, daß sie sich mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 1,050 Fuß/Minuten drehen sollen; das ist eine Winkelgeschwindigkeit von ungefähr 55 Umdrehungen in der Minute.

Um eine Leistung von 100 t/Stunden zu erzielen, würde eine Breite der Walzen von 14 Zoll genügen. Aber die Maschinen in dem Preisbuche zeigen, daß man praktisch keine Maschinen mit Walzen von 72 Zoll Durchmesser und 20 Zoll unterer Breite baut. Aber trotz der besonderen Gründe, die für die Aufnahme dieser Maschinengröße sprachen, halten wir uns an das Walzwerk von 54 Zoll Durchmesser und 24 Zoll Breite.

Im Falle, wo die Größe der Leistung uns zu zwei gleichen ausführbaren Lösungen führt, haben wir den Vorteil, diejenige anzunehmen, welche den größten Walzendurchmesser zuläßt, wodurch eine sehr kräftige Bauart, ruhiger Gang und beste Wirkung derselben gegeben ist.

## Fünftes Kapitel.

**Kollergänge.****I. Allgemeines.**

Diese Maschinen, die allgemein unter dem Namen „chilenische Mühlen“ oder „meuletons“ bekannt sind, bestehen aus einem oder mehreren Mahlsteinen (Läufern), welche durch eine senkrechte Welle (Königsbaum) fortgezogen werden und über eine runde Mahlbahn rollen. Das auf diese Mahlbahn verteilte Mahlgut wird durch die Wirkung des Gewichts der Läufer zermalmt.

Bisher hat diese Arbeitsweise hauptsächlich für die Tonaufbereitung in den Töpfereien, Ziegeleien usw. sowie in den Ländern mit rückständiger Industrie gedient. Dort begegnet man noch Ausführungen, bei denen die Läufer und die Mahlbahn aus Stein hergestellt sind und von Hand oder mittels Göpelwerk angetrieben werden.

Heute bauen die Fabrikanten mehr oder weniger vollendete Maschinen, die wir im Verlauf dieses Kapitels einer Durchsicht unterziehen wollen.

Im voraus geben wir einen analytischen Überblick über die Wirkungsweise der Kollergänge.

Es wird ein Läufer von Gewicht  $Q$  um eine senkrechte Welle gezogen. Sein Schwerpunktmittelpunkt liegt in einer Mittelentfernung von dieser Welle  $= r$  und macht  $n$  Umdrehungen in der Minute auf der Mahlbahn. Der in der Sekunde durchlaufene Mittelweg ist dann

$$v_m = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60}.$$

Der Läufer hat eine gewisse Breite ( $a$ ), bezogen auf seine Mittelebene. Er durchläuft also seinen Weg in Gestalt eines kreisförmigen Ringes, der durch zwei Kreise von in Wechselbeziehung zueinander stehenden Halbmessern begrenzt wird:

$$r + \frac{a}{2} \quad \text{und} \quad r - \frac{a}{2}.$$

Die Verschiebungsgeschwindigkeit in bezug auf die Mahlbahn wird zum Beispiel für die Innenkante des Läufers nun sein:

$$v_i = \frac{2\pi n}{60} \left( r - \frac{a}{2} \right)$$

und diejenige der Außenkante

$$v_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \left( r + \frac{a}{2} \right).$$

Nun aber ist der Läufer gezwungen, nach dem Mittel dieser beiden Geschwindigkeiten zu rollen. Es wird nun auf den beiden Kanten ein Gleiten entstehen, das gleich ist :

$$v_e - v_m = v_m - v_i = \pi \cdot n \cdot a$$

Das Gleiten, das im Mittelpunkt gleich Null ist, verläuft ab- und zunehmend zwischen den beiden Kanten, wo es den Wert  $na$  annimmt.

Wir können das mittlere Gleiten annehmen zu

$$g = \frac{\pi na}{2}.$$

Dieses Gleiten trägt zur Zerkleinerung bei ; denn es unterzieht die Rohstoffteile einem Reib- und Auflösevorgang. Für gewisse Rohstoffe ist dies von ganz besonderer Wichtigkeit.

Vom mechanischen Standpunkt aus betrachtet, nimmt diese Gleitfähigkeit einen großen Anteil am Kraftverbrauch.

Der Reibungs- oder Gleitkoeffizient der Gußläufer auf dem Rohstoff wechselt von 0,30 bis 0,45, je nachdem er trocken oder feucht ist. Unter denselben Bedingungen wechselt die rollende Reibung von 0,01 bis 0,03, das heißt, sie erreicht nur etwa 5 bis 10% der vorher genannten.

Desgleichen beansprucht die mechanische Leistung der Transmission, des Spurzapfens, der Königswelle und der konischen Zahnradübertragung nur einen ganz kleinen Teil, so daß wir mit einem zu 50% geschätzten Wert auf Rechnung des Gleitvorganges uns in mittleren Verhältnissen bewegen.

Wenn wir mit  $F$  die Tangentialkraft bezeichnen, die im Schwerpunktmittelpunkt des Läufers angreift, und  $f$  den Reibungskoeffizienten beim Gleiten, dann erhalten wir

$$F \cdot 2r\pi n = f \cdot Q \frac{\pi na}{2},$$

woraus sich ergibt

$$F = \frac{f \cdot a \cdot Q}{4r}.$$

Wenn nun der Kollergang  $N$  Läufer besitzt, so wird die erforderliche Kraft, um ihn in Bewegung zu setzen, sein :

$$\text{HP} = \frac{F \cdot v_m \cdot N}{75}$$

oder

$$\text{HP} = \frac{n \cdot f \cdot a \cdot Q \cdot N \cdot \pi}{9,000}$$

Beispiel:

$$f = 0,35 \text{ (trockener Ton),}$$

$$a = 0,40,$$

$$Q = 3500 \text{ kg,}$$

$$n = 16 \text{ Umdrehungen}$$

$$N = 2.$$

Wir erhalten 5,5 HP.

Wenn wir mehrere mechanische Reibungen in Rechnung ziehen, kann man die Formel in praktischer Form so schreiben

$$\text{HP} = \pi \cdot f \cdot a \frac{QnN}{6000}.$$

Das ergibt dann 8 HP für die zahlenmäßige Anwendung.

## II. Verschiedene Antriebsarten.

### A. Kollergang mit feststehender Mahlbahn

(Abb. 57 u. 58).

Die Mahlbahn bildet in Form einer Schüssel mit dem Maschinenrahmen zusammen ein Ganzes. Die senkrecht stehende Welle (Königsbaum) wird durch ein konisches Zahnradgetriebe angetrieben und zieht die Läufer mittels Kurbelwellen herum. Diese bei den meisten Kollergängen verwendete Anordnung gestattet der Kurbelwelle des Läufers, sich beim Überrollen eines harten Körpers zu heben und dabei doch in wagrechter, paralleler Lage zum Mahlteller zu bleiben. Ein einstellbares Schaberzeug dreht sich im Zwischenraum zwischen den Läufern und lockert den Rohstoff auf dem von ihnen zurückgelegten Wege auf. Der Rohstoff wird mit der Schaufel aufgegeben oder auch durch einen in der Mitte befestigten Aufgabetrichter, der am unteren Ende einen gebogenen Auslauf hat. Dieser dreht sich mit den Läufern und schüttet beständig Rohstoff zum Mahlen auf den Mahlweg unmittelbar vor dem Überlaufen durch die Läufer.

Die Bewegung erfolgt durch einen unteren oder oberen Antrieb. Im ersteren Falle, besonders wenn es sich um eine leichte Maschine handelt, hat man den Vorteil, den Mahlteller auf einen Gußrahmen zu montieren, wie es in der Abb. 57 dargestellt ist. Bei allen Kollergängen mit großer Kraftbeanspruchung wird der obere Antrieb durch einen Gußbock getragen oder auch an dem Deckenbalken befestigt.

Die Achsen der Läufer sind freitragend in bezug auf ihre Befestigung an der Antriebswelle angebracht. Jedoch bei sehr schweren Maschinen können sie an der Außenseite durch eine Schleppkurbel, die sich in einem starken Rahmen bewegt, von der Antriebswelle getragen werden und sich gleichzeitig mit ihr drehen. Auf diese Weise wird das Freitragen beseitigt und der Antrieb viel widerstandsfähiger.

Die nachstehende Zahlentafel 15 bringt die Hauptangaben über die Kollergänge mit feststehender Mahlbahn und oberen Antrieb, die von der Firma G. Polysius in Dessau gebaut werden.

## B. Kollergang mit umlaufender Mahlbahn

(Abb. 59).

Bei dieser Bauart wird die Mahlbahn durch konische Zahnräder angetrieben und dreht sich um die senkrecht stehende Hauptwelle. Die Läufer sind freilaufend an einer Achse, die von zwei Lagern getragen

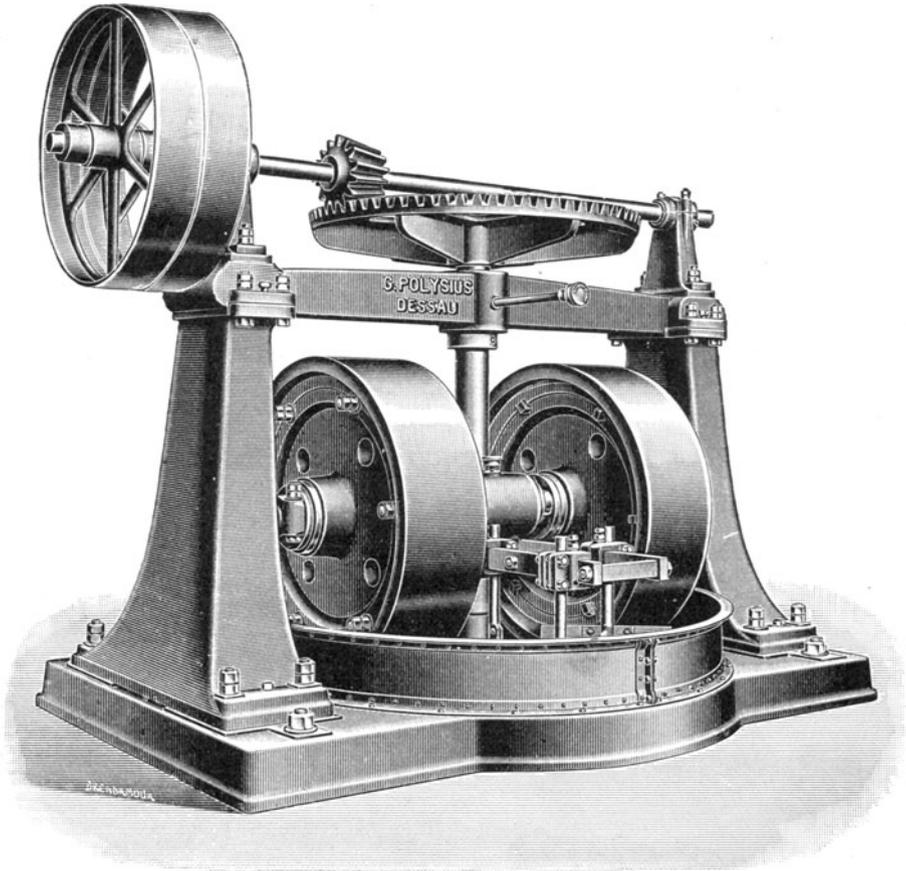


Abb. 57. Kollergang mit feststehendem Mahlteller.

wird, und können sich senkrecht in Gleitlagern, welche in dem Maschinenrahmen liegen, auf und ab bewegen. Sie drehen sich um diese Achse und reißen dabei die auf der Mahlbahn liegenden Rohstoffe mit.

Starke Aufhänger halten die Läufer einige Millimeter über der Mahlbahn in der Schwebe, so daß sie während des Leerlaufes nicht mitgenommen werden oder verschleifen können.

Zahlentafel 15. Kollergänge mit oberem Antrieb (G. Polylins in Dessau.)

Modell Nr.		1	2	3	4	5	6	7
Läufer	{ Durchmesser . . . . .	600	800	1000	1250	1500	1800	2000
	{ Breite . . . . .	200	300	300	350	400	450	500
Umdrehungen i. d. M.	{ des Königsbaums . . . . .	350	700	1200	2000	3500	5000	6500
	{ der Riemenscheibe . . . . .	35	30	25	20	16	14	12
Riemenscheiben	{ Durchmesser . . . . .	140	120	100	100	96	84	72
	{ Breite . . . . .	550	700	850	1000	1200	1400	1600
Raumbedarf	{ Länge . . . . .	100	125	150	175	200	225	250
	{ Breite . . . . .	1500	2000	2500	3000	3600	4300	5000
Kraftbedarf bei Trockenmahlung.	{ Höhe . . . . .	1250	1500	2000	2500	3000	3500	4000
	{ HP . . . . .	1500	1900	2400	2900	3400	4000	4600
Leistung i. d. Std.	{ des Fertigguts bis Nußgröße . . . . .	1	2	4	6	8	10	12
	{ „ „ zu Mehl und Grieß . . . . .	100	330	700	1500	2500	3600	5100
Kraftbedarf bei grubenfeuchten Ton	{ F. i. d. Std. . . . .	50	150	250	500	800	1200	1800
	{ Anzahl der Backsteine D. N. . . . .	2	4	7	10	13	16	20
Gewicht der Maschine	{ eines Hartgüßlöfferrings . . . . .	400	700	1100	1600	2100	2700	3300
	{ Satzes Hartgüßbodenplatten . . . . .	1770	4500	7500	11000	15500	21500	30000
Verankerung	{ eines Hartgüßlöfferrings . . . . .	120	150	200	265	300	350	450
	{ Satzes Hartgüßbodenplatten . . . . .	140	300	600	1100	1500	1900	2400
Stahlgußroste	{ eines Hartgüßlöfferrings . . . . .	120	200	300	560	950	1400	1900
	{ Satzes Hartgüßbodenplatten . . . . .	90	150	225	420	710	1050	1500
Ausrückers	{ eines Hartgüßlöfferrings . . . . .	55	75	75	115	115	165	165
	{ Satzes Hartgüßbodenplatten . . . . .	55	75	75	115	115	165	165

Die Aufgabe kann von irgendeiner Stelle des Umfanges des Mahltellers aus stattfinden. Ein Sammelteiler, der unter dem Mahlteller

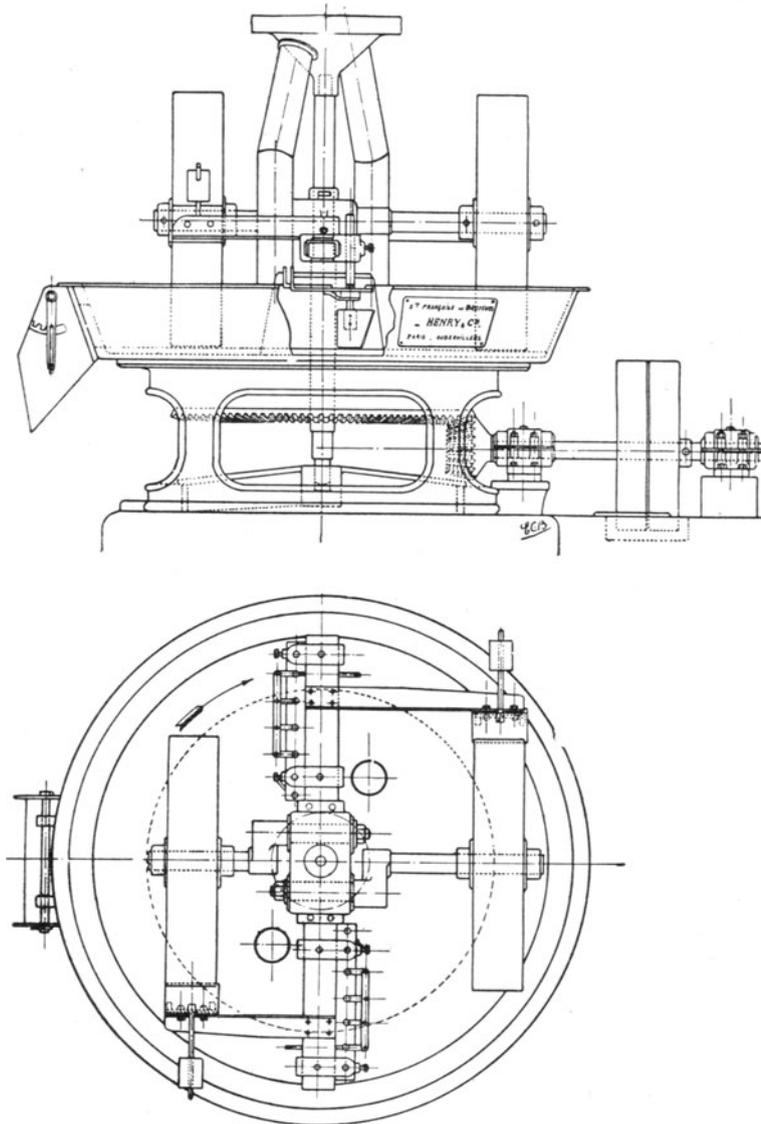


Abb. 58. Kollergang mit feststehender Mahlbahn auf Gußständer.

liegt, und sich mit ihm dreht, räumt das Mahlgut mit Hilfe eines oder mehrerer einstellbarer Schaber an einer gewünschten Stelle seitwärts heraus.

Wir geben in Abb. 60 eine Ansicht und einen Schnitt eines neuen Mischkollerganges. Bauart M. D. A. (Hersteller A. Popineau) wieder, dessen Mahlteller eine feststehende Seitenwand und eine drehbare Bodenplatte besitzt.

Er besteht aus :

1. Einer ringförmigen, am Maschinenrahmen befestigten Seitenwand. Diese ist von einer mit *b* bezeichneten Öffnung durchbrochen,

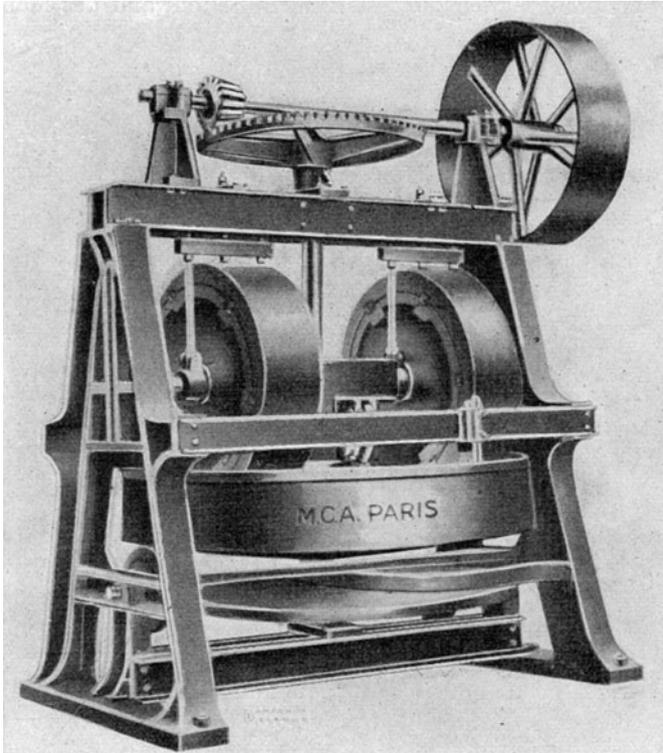


Abb. 59. Kollergang mit drehbarer Mahlbahn.

durch die die Entleerung des Mahlgutes stattfindet. Die Öffnung schließt sich mit Hilfe einer an senkrechten Scharnieren aufgehängten und sich nach innen öffnenden Tür;

2. einer ringförmigen Rinne *c*, die an dem unteren Teil der feststehenden Seitenwand befestigt ist;

3. einer drehbaren Bodenplatte *e*, die von einem konischen Zahnradantrieb *g* und *f* bewegt und auf einem Stützzapfen *j* von einstell-

barer Höhe ruht. Zwei Schabermesser *i*, die am Rande des sich drehenden Mahltellers befestigt sind, bewegen sich im Innern der Rinne *c*. Dabei nehmen sie die etwa darin liegenden Rohstoffteile mit und werfen sie durch eine an irgendeiner Stelle der Rinne befindliche Öffnung heraus.

Ein Profileisenrahmen, der auch fahrbar gemacht werden kann, trägt einerseits das Stützlager, in welchem der Stützapfen des beweglichen Mahltellers läuft, andererseits die beiden Gußseitenteile *k*. Diese beiden Seitenteile halten die feststehende Seitenwand des Mahltellers,

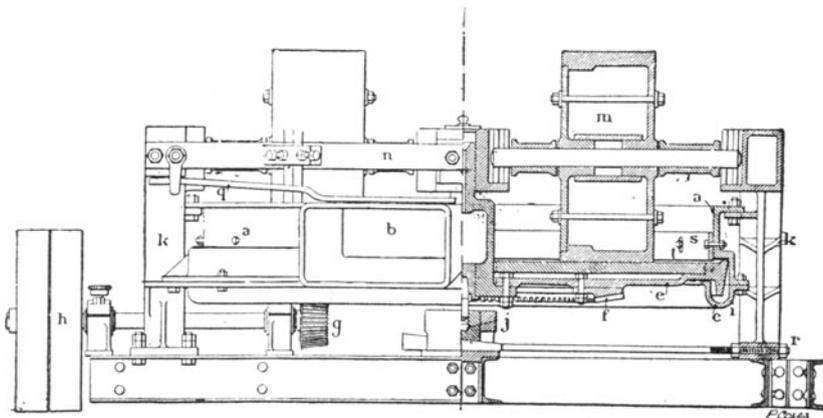


Abb. 60. Kollergang mit Mahlteller Bauart M. D. A.

ebenso die Lager der Läufer *m* und sind versteift durch Profileisen *n*. Wenn die Mahlung der Charge beendet ist, öffnet man mit Hilfe eines Hebels die Tür, die die Öffnung in der feststehenden Seitenwand verschließt. Diese Tür nimmt dann eine schräge Stellung nach dem Innern des Mahltellers ein und unter der Drehwirkung des sich drehenden Mahltellers entleert sie mit einigen Umdrehungen selbsttätig das Mahlgut.

Diese Maschine, die mit Läufern von großer Breite in bezug auf den Durchmesser versehen ist, dient hauptsächlich als Mischkoller zur Herstellung von Mörtel. Bei einem Durchmesser des Mahltellers von 1950 mm und einem Kraftverbrauch von 8 HP leistet sie täglich 30 bis 35 m<sup>3</sup> Mörtel.

Neben der großen Leistungsfähigkeit und dem geringen Gewicht der Maschine (5200 kg auf Profileisenrahmen) führt man als Vorteil der besonderen Anordnung des Mahltellers an :

1. Die Gefahr des Mitgerissenwerdens und Unfälle werden dadurch vermieden, daß die Seitenwand des Mahltellers sich nicht dreht.
2. Die Aufgabe und Entleerung an irgendeinem Punkte des Umfanges und am günstigsten Platz in bezug auf den Antrieb.

Das nachstellbare Stützlager gleicht den Verschleiß des Stützzapfens aus und hält das Antriebsrad und das Triebad im richtigen Verzahnungseingriff.

### C. Kollergang mit Differentialantrieb.

Bei dieser von der Zeitzer Eisengießerei und Maschinenbauanstalt in Köln-Ehrenfeld gebauten Maschine greift das konische Triebad der Riemenscheibenwelle oben und unten in zwei große konische Antriebsräder. Das obere konische Antriebsrad ist durch die Königswelle mit dem Mahlteller verbunden und das untere ist auf eine Hohlwelle, die sich um die Königswelle dreht, aufgekeilt.

Diese Hohlwelle trägt ein starkes Kreuzstück, um die Tragzapfen der Läuferkurbeln aufzunehmen.

Dadurch erhalten die Läufer und der Mahlteller eine gleichmäßige Drehbewegung, aber im entgegengesetzten Sinne. Daraus ergibt sich, daß die absoluten Drehgeschwindigkeiten zweimal schwächer sein können als üblich, wenn die relative Geschwindigkeit konstant bleibt, oder bei gleichen absoluten Geschwindigkeiten wird die Leistungsfähigkeit, wohlverstanden mit einem größeren Kraftverbrauch, vergrößert.

### III. Bauart der Läufer und Mahlteller.

Für Kollergänge mit geringem Gewicht, die zur Verarbeitung weicher Rohstoffe bestimmt sind, werden Läufer und Mahlteller aus Gußeisen hergestellt.

Schwere Läufer für harte Rohstoffe werden mit einem Hartgußring versehen. Dieser Ring wurde früher mit Holzkeilen befestigt oder auch mit Zement (1 Teil Zement und 2 Teile Sand) vergossen. Neuerdings verwendet man Stahl- oder Gußkeile, die seitwärts verschraubt und gesichert sind (Abb. 61). Der Mahlteller ist mit leicht auswechselbaren Hartgußplatten von 25 bis 35 mm Dicke ausgelegt.

Wenn es sich darum handelt, schlüpfrige Rohstoffe oder solche, die mit Eisenspuren nicht verunreinigt werden sollen, zu vermahlen, wie Emaille, Kaolin, Zichorie, Drogen, Kitt, Farbe usw., verwendet man Kollergänge mit Läufern und Mahlbahn aus Granit, Quarz, Sandstein oder Marmor.

### IV. Entleerung des Mahlgutes.

Die Kollergänge arbeiten mit unterbrochenem oder Dauerbetrieb.

Im ersten Fall ist eine Entleerungstür im Boden des Mahltellers angebracht und ein Ausräumerschaberzeug mit Gegengewicht sorgt

für eine vollständige Entleerung der fertig gemahlene Rohstoffe, wenn die Mahlung beendet ist.

Im zweiten Falle bestehen mehrere Entleerungsarten für das fertig gemahlene Gut, und zwar verschieden je nachdem es sich um trockene oder feuchte Rohstoffe handelt.

### A. Naßkollergänge.

Diese Kollergänge dienen hauptsächlich zum Verarbeiten von unreinem Ton in großen Schollen, sowie er aus der Grube kommt. Wenn eine solche Beschaffenheit der zu verarbeitenden Rohstoffe gegeben ist, muß man so sehr wie möglich Roste oder Zwischentransportmaschinen vermeiden, da feuchter Ton leicht anklebt.

#### 1. Unterbrochene Mahlbahn.

Ein Teil der Mahlbahn ist mit vollen Mahlplatten ausgelegt und der andere mit gelochten Platten. Diese nehmen ungefähr ein Drittel des Gesamtumfanges ein. Je nach dem zu verarbeitenden Rohstoff sind die Durchlochungen rund, oval, quadratisch oder schlitzförmig. Auf jeden Fall öffnen sie sich nach unten zu konisch. Die Ansichten hierüber sind sehr schwer zu unterscheiden und widersprechen sich oft. Jedoch muß man bemerken, daß sich die Lochungen durch den Verschleiß erweitern. Die besten Erfolge hat man mit Schlitzlochungen erzielt. Diese werden je nach Art des Rohstoffes und der gewünschten Feinheit in verschiedenen Schlitzweiten von  $3 \times 25$  bis  $12 \times 35$  mm ausgeführt.

Das Aufgabegut wird auf den vollen Mahlplatten durch die Läufer verarbeitet, dann mittels der Schaberzeuge auf die durchlochten Stellen befördert, durch welche der genügend bearbeitete Ton durch nochmaliges Überlaufen durch die Läufer durch die Schlitze hindurchgedrückt wird.

#### 2. Doppelte Mahlbahn.

Das Aufgabegut wird auf eine undurchbrochene äußere Mahlbahn, auf welcher nur ein Läufer rollt, aufgegeben. Dieser im allgemeinen sehr schwere Läufer mahlt nur den Ton und breitet ihn aus. Eine zweite Mahlbahn, die von der ersten aus gesehen nach innen zu liegt, ist auf ihrem ganzen Umfang durchbrochen und wird von einem Feinhahlläufer überlaufen, der näher an die Königswelle herangelegt ist als der vorhergehende Läufer. Er hat die Aufgabe, den schon vorgemahlene Ton gegen die Rostschlitze zu drücken. Die Rückstände werden durch eine geeignete Schabervorrichtung wieder unter den Läufer zurückbefördert.

Eine Abart dieser Bauart wurde vom Jacobiwerk, Meißen, unter dem Namen „Hercules“ ausgeführt. Hier ist die doppelte Mahlbahn beweglich angeordnet; die durchlochte Mahlbahn liegt außen und unter der glatten Mahlbahn. Vier Läufer, zwei auf jeder Mahlbahn, sind durch Kurbeln an dieselbe Königswelle angelenkt. Der Antrieb wird von unten bestätigt.

### 3. Mehrfacher Kollergang, Bauart Bühler.

Die Abb. 61 stellt einen doppelten Kollergang, Patent Bühler, auf Gußsäulen dar, der mit einer Schneckenpresse zusammengebaut ist. Diese Maschine besteht aus zwei oder mehreren Mahltellern, die übereinander angeordnet sind. Die Mahlbahnen dieser Mahlteller sind durchlocht. Die weiteren Schlitzeliegen in der oberen Mahlbahn und die engeren in der unteren.

Die aus einem Stück bestehende Königswelle geht durch beide Mahlteller hindurch und bewegt auf jedem Mahlteller ein bis zwei Läufer. Das konische Antriebsrad dieser Königswelle dient gleichzeitig als Sammelteller, der den fertig gemahlten Ton nach einer beliebigen Richtung hin mittels einer geeigneten Schabervorrichtung herauswirft oder auch in den Schüttrumf einer Schneckenpresse befördert.

Die näheren Angaben dieser mit einer Schneckenpresse zusammengebauten Maschine sind folgende:

Grundfläche . . . . .	3500 × 5000 mm
Gesamthöhe . . . . .	5700 „
Schüttbodenhöhe. . . . .	4250 „
Läuferabmessungen. . . . .	1700 u. 1300 „
Gesamtgewicht ungefähr . . . . .	21500 kg
Leistung täglich bis . . . . .	30000 Backsteine

Dieser mehrfache Kollergang besorgt eine vollständige und intensive Aufbereitung und Durchknetung irgendwelcher Tonsorten, seien sie hart, weich, fett oder mager oder mögen sie Wurzeln, Steine usw. enthalten.

Der besondere Vorteil dieses mehrfachen Kollerganges besteht darin, den Ton so zu verarbeiten, wie er unmittelbar aus der Grube kommt, also ohne Wintern, Schlämmen oder irgendeiner vorbereitenden Arbeit. Er vermahlt leicht und ohne irgendwelche Schwierigkeit Stücke bis zu einer gewissen Größe, zerstört das natürliche und der Mischung schädliche Gefüge des Tones und erzeugt einen vollständig plastischen Teig. Der Ton wird in den oberen Mahlteller durch Schaufel, Elevator oder auch Kippwagen, der in eine selbsttätige Aufgabevorrichtung ausgekippt wird, aufgegeben. Dieser sichert eine gleichmäßige, gleichbleibende und regulierbare Speisung des Kollers. Der Ton wird zunächst durch den schwersten Läufer im oberen Mahlteller vorzer-

kleinert. Dann wird er durch die Rostplatten mit geeigneten Schlitzen gedrückt und fällt in Gestalt von Streifen und Bändern auf den darunter liegenden Mahlteller. Diese Tonbänder werden darauf ihrerseits nochmals zerkleinert und durch feinere Schlitze gedrückt. Dieser Vorgang des Knetens selbst kann nach Bedürfnis wiederholt werden durch einen

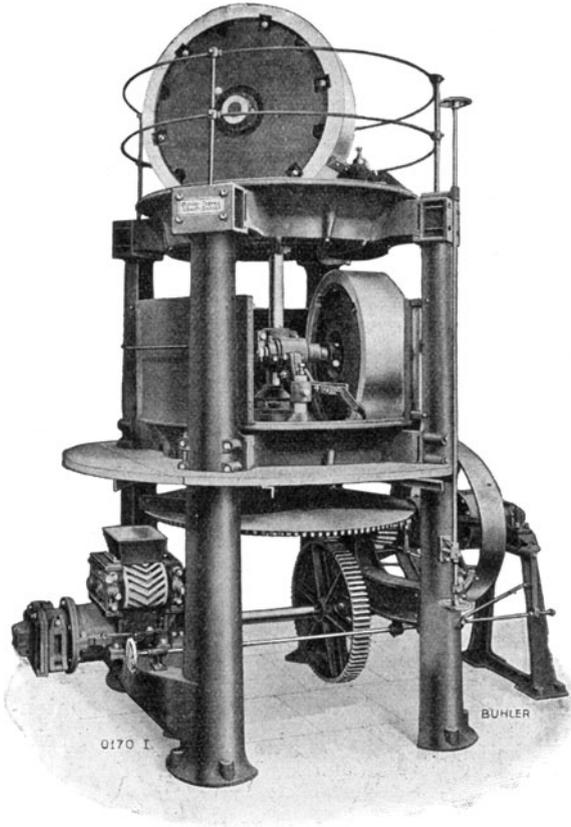


Abb. 61. Mehrfacher Mischkollergang, Patent Bühler.

dritten und vierten Mahlteller, die unmittelbar darunter aufgestellt werden. Der Ton geht durch den Rost des letzten Mahltellers, fällt auf den Sammel-teller und ist fertig zum Verformen.

Es können auch selbst den sehr fetten Tonsorten unmittelbar Magermittel beigegeben werden. Es ist nicht notwendig, diese Stoffe vorher zu zerkleinern, denn der mehrfache Kollergang zerbricht und pulverisiert ebenso leicht Ziegelbrocken wie andere Zuschläge, wie Sand, Schlacke usw. Die Rohstoffe werden so gemischt und vermahlen, daß sie ein absolut gleichartiges Erzeugnis hervorbringen. So wird an einer Stelle harter, steinartiger Mergelton unmittelbar aus dem Bruch durch einen vierfachen Kollergang geschickt und so plastisch gemacht, daß er ohne weiteres Sumpfen oder Mauken sofort zu Dachziegeln bester Sorte ausgeformt werden kann.

Wenn der Ton leicht zu verarbeiten ist, kann man in gewissen Fällen einen Kollergang mit nur einem Mahlteller mit einem oder zwei Läufern verwenden.

Die Leistung ist die gleiche wie bei einem Naßkollergang mit zwei Läufern, es ist eben nur die Güte der Aufbereitung durch das stufenweise Aufschließen des Tones von Mahlteller zu Mahlteller, in welcher man einen großen Unterschied findet.

#### 4. Volle Mahlbahn, Bauart Horn.

Es handelt sich hier um einen Kollergang mit feststehendem Mahlteller, der nach folgender mustergültigen Weise aufgestellt ist. Die Aufgabe erfolgt am Umfang. Die Läufer sind mit Hartgußringen ausgerüstet, die nach außen zu konisch sind, um den Eingang des Tones zu erleichtern.

Die Eigentümlichkeit dieser Maschine beruht auf einer besonderen, in Abb. 62 dargestellten Anordnung des Schaberzeuges.

Der zu vermahlende Ton wird am äußeren Rande (*a*) des Mahltellers aufgegeben, zuerst durch den Schaber (*I*) nach der Außenkante der mittleren Mahlbahn (*b*) des Läufers geschoben und der Mahltätigkeit des vorbrechenden Läufers (*I*) unterworfen. Das genügend vorzerkleinerte Mahlgut geht unter den Schaber (*5*), der in einer gewissen Höhe (10 bis 20 mm oder mehr) über dem Mahlteller eingestellt ist, und gelangt unter den feinbrechenden Läufer (*II*), sobald die großen Stücke durch den Schaber (*5*) an den äußeren Rand (*a*) des Mahltellers zurückgeworfen sind. Der Ton wird nach der ersten Bearbeitung durch den feinmahlenden Läufer (*II*) durch den Schaber (*2*), der auf Berührung mit dem Mahlteller eingestellt ist, auf den inneren Teil (*c*) der Mahlbahn gebracht und zum zweitenmal der Wirkung des vorbrechenden Läufers ausgesetzt. Endlich geht der Teil, welcher die gewünschte Feinheit hat, unter dem Schaber (*4*) hindurch, der auf nur einige Millimeter über dem Mahlteller eingestellt ist und wird ein zweites Mal durch den feinmahlenden Läufer (*II*) bearbeitet, während die Rückstände vom Schaber (*4*) auf die Mitte der ersten Mahlbahn zurückgeworfen werden. Nach dieser zweiten Bearbeitung durch den feinmahlenden Läufer (*II*) wird das nun fertig gemahlene Mahlgut durch den Schaber (*3*), der auf Berührung mit der Mahlbahn eingestellt ist, durch die in der Mitte liegende Austrittsöffnung entfernt.

Die Schaber (*3*), (*4*) und (*5*) umkreisen mit dem Feinmahläufer (*II*) die Austrittsöffnung so, daß das Brechgut nicht unmittelbar dorthin gelangen kann.

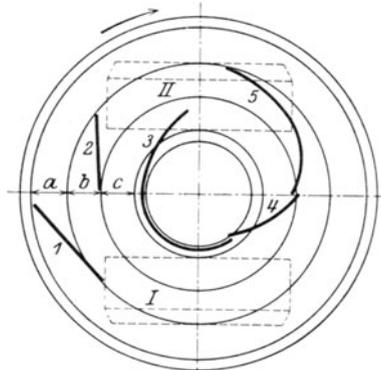


Abb. 62. Kollergang „Horn“; Anordnung der Schaber.

Dieser Koller wird ebenfalls am äußeren Rand beschickt und entleert sich durch die Mitte des feststehenden Mahltellers. Der einstellbare Schaber führt zuerst das Mahlgut nur unter einen der beiden Läufer und behält dieses Mahlgut so lange unter dem Bereich des zweiten Läufers, bis es die Endfeinheit erreicht hat. Der Grad der gewünschten Mahlfeinheit ist veränderlich je nach der Einstellung der Schaber.

Die Schaber (1), (2) und (3) sollen sich mit der Mahlbahn fest berühren; dagegen sind die Schaber (4) und (5) in der Höhe verstellbar je nach der gewünschten Korngröße.

Die Firma Fried. Krupp, Grusonwerk in Magdeburg-Buckau, baut diesen Kollergang „Horn“ in fünf Größen mit Läufern von 1200 mal 450 mm bis  $2000 \times 700$  mm. Dieser Kollergang „Horn“ kann ebensogut zum Zerkleinern auf trockenem oder nassem Wege dienen. Im ersteren Falle muß auf besondere Bestellung eine Staubschutzhaube aus Blech mitgeliefert werden.

Im zweiten Fall wird die Bewässerung durch einen an der Königswelle befestigten, ringförmigen Behälter betätigt, von welchem Rohre ausgehen, die das Mahlgut vor dem Überlaufen durch die Läufer mit Wasser besprengen.

## B. Trockenkollergänge.

### 1. Außenliegende, unabhängige Siebe.

Das Mahlgut wird nach dem Vermahlen über irgendein außerhalb der Maschine liegendes Sieb entleert. Der genügend feine Teil wird ausgeschieden und die Rückstände kehren selbsttätig in den Koller zurück.

Diese Anordnung erfordert Hilfsmaschinen zum Fördern des Mahlgutes, wie Brecherwerke, Förderschnecken usw. Sie wird deshalb sehr umfangreich.

### 2. Siebvorrichtung um den Mahlteller.

Um den Mahlteller herum werden Siebflächen angeordnet. Nach dem Vermahlen durch die Läufer schiebt ein Schaber das Mahlgut über diese Siebfläche. Die feinen Teile fallen auf einen unter der Mahlbahn liegenden, sich drehenden Teller und werden durch einen feststehenden Schaber an einem Punkt entleert. Die Rückstände werden über den Mahlteller durch einen zweiten Schaber zurückbefördert.

### 3. Konisches, in der Mitte liegendes Sieb und selbsttätiger Aufnehmer.

Bei dieser Maschine (Abb. 63) trägt die Königswelle den Läuferantrieb und gleichzeitig den Antrieb des Aufnehmers. Dieser besteht

aus einem Becherwerk, das denselben Weg zurücklegt wie die Läufer und seine Umdrehungsbewegung durch einen konischen Zahnradantrieb erhält, der mit einem ähnlichen, an der Hauptwelle befestigten, konischen Zahnrad in Eingriff steht. Das Mahlgut wird durch den Aufnehmer aufgesammelt und über das in der Mitte liegende, konische Sieb, welches

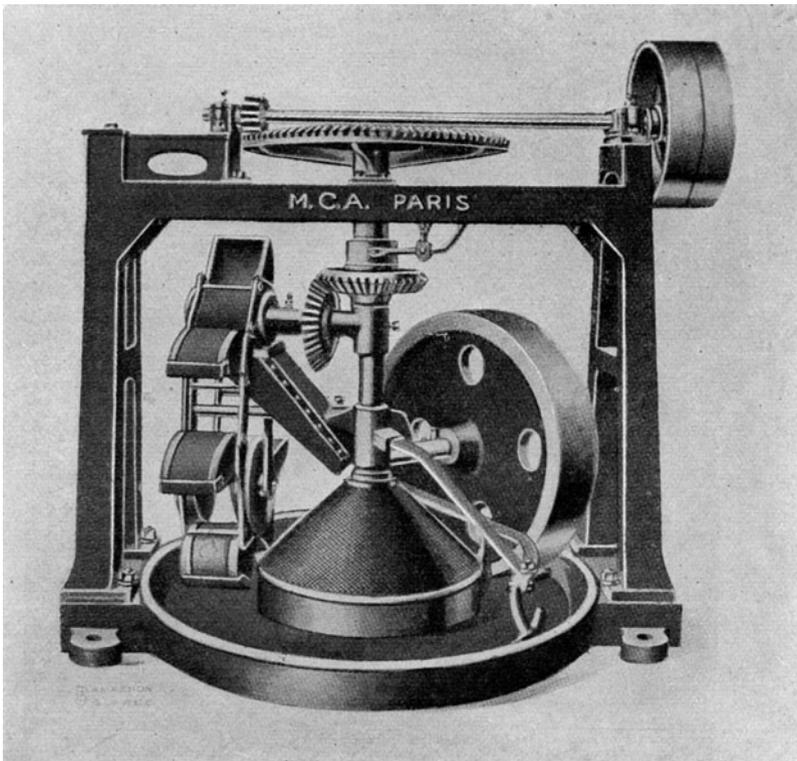


Abb. 63. Konisches, in der Mitte liegendes Sieb mit selbstätigem Aufnehmer.

mit einem der gewünschten Feinheit entsprechenden gelochten Blech versehen ist, ausgeschüttet und einer selbstätigen Schüttelwirkung unterworfen.

Die feinen Teilchen werden durch die Mitte abgeführt, während die Rückstände von selbst auf dem Mahlteller zurückfallen. Ein besonders angeordnetes Scharrwerk führt das Mahlgut auf die Laufbahn der Läufer zurück.

Wenn man Rohstoffe mahlt, die zum Zerkleinern nicht geeignete Fremdkörper enthalten, wie zum Beispiel Gußeisentrophen, Former-

stifte im gebrauchten Formsand, so wird der Kollergang mit einer tieferen Schüssel und einem zurücklegbaren Scharwerk versehen, mit dem man nach Beendigung der Mahlung durch eine, an der Seitenwand der Mahlschüssel angebrachte Tür die Fremdkörper entfernen kann.

Die Fabrik Dalbouze, Brachet und Cie. baut die Kollergänge mit selbsttätigem Aufnehmer in drei Größen, die einen, den Schüssel-durchmessern von 1600, 2100 und 2600 mm entsprechenden Läufer von 800, 1600 und 1800 mm Durchmesser haben und entsprechend je 400, 500 und 600 kg wiegen.

Diese Läufer sind ausgespart und mit einem Ring aus sehr hartem Stahl versehen, wenn es sich um das Mahlen von sehr harten Rohstoffen handelt. In diesem Falle beschwert man die Läufer, indem man sie mit Betonmauerwerk ausfüllt.

#### 4. Kollergänge ohne Rost oder Sieb (Bauart Horn).

Diese Maschine ist schon bei der Naßmahlung beschrieben worden. Sie empfiehlt sich sehr für die Vermahlung von trockenen Rohstoffen.

## V. Verwendung der Kollergänge.

### A. Kollergänge für trockene und feuchte Rohstoffe.

Die verschiedenen soeben von uns beschriebenen Kollergangsarten dienen zum Mahlen von allen trockenen und feuchten Rohstoffen von verschiedener Härte wie die Ausgangsstoffe zur Herstellung und Vermahlung von Ziegelsteinen, Farben, Glas, Ziegelbrocken, Formenbruch, Quarz, Spate, Granit, Porphyr, Steinkohle, Gips, Knochen usw.

Die Kollergänge können mit Stücken von verschiedener Größe in ihrer natürlichen Beschaffenheit und dem Läuferdurchmesser entsprechend beschickt werden, im Mittel in Faustgröße für hartes Gestein. Die Feinheit der Mahlung wechselt nach der Bauart der Maschine, die den bestimmten Anforderungen entspricht. Sie ist eine Funktion des Läufergewichts, der Zeitdauer des Zerkleinerungsvorganges und der Art der Sortiervorrichtungen: Siebe oder Roste.

Im allgemeinen stellt sich bei trockenen Rohstoffen das ausgetragene Erzeugnis in der Gestalt eines Gemisches von Mehl und Grießen dar. Mit dem Kollergang mit selbsttätigem Aufnehmer und konischem Mittelsieb kann man beim Verarbeiten von mittelharten Rohstoffen eine Feinheit von Sieb 120 (1980 Maschen auf den  $\text{cm}^2$ ) ausnahmsweise erreichen.

Der Kollergang ist eine Maschine, welche die kleinsten Leistungen hervorbringt. Jedoch wird er oft bei kleinen Anlagen bevorzugt, denn die massige Bauart sichert eine große Betriebssicherheit. Andererseits kann man gleichzeitig darauf rechnen, daß diese Mahlweise eine voll-

kommene Mischung des Mahlgutes hervorbringt, wie wir später sehen werden. Und das ist für gewisse Verwendungszwecke sehr vorteilhaft.

Schließlich arbeiten die Kollergänge durch Zerdrücken, er zerreißt nicht die kleinsten Teile, sondern flacht sie ab. Das ist auch sehr vorteilhaft zum Vermahlen von fettigen und plättchenförmigen Rohstoffen, wie Talkum, Graphit usw. Besonders in dem letzten Fall ist es von ganz besonderer Notwendigkeit, die Struktur in Plättchenform zu erhalten, welches den Hauptbestandteil des Verkaufswertes ausmacht. Der Kollergang (siehe Abschnitt D des vorliegenden Kapitels: Chilenische Mühlen) ist ganz bezeichnend für seine Arbeitsweise.

Wir werden nun noch einige besondere Anwendungen der Kollergänge nachprüfen.

### B. Differentialkollergänge für Ton.

Die Läufer unterziehen bei ihrem Umlauf das Mahlgut einer Zerdrückung. Aber andererseits ist auch die Verschiebungsgeschwindigkeit gleichbleibend auf der ganzen Abwicklung eines Läufers, anstatt an jedem Punkt proportional zu sein seiner Entfernung vom Mittelpunkt des Mahltellers. Auf diese Weise entstehen Gleitkräfte im umgekehrten Sinne auf den beiden Kanten der Läufer. Dieses Gleiten ruft eine Tangentialkraftäußerung oder ein Reiben auf dem Mahlgut hervor. Dieser so erzeugte Vorgang des Plattmachens, der um so größer wird, je größer das Gewicht der Läufer ist, ist sehr wichtig. Einestei ls erleichtert er die Mischung des Mahlgutes, andererseits ruft er bei der Verarbeitung des feuchten Tones eine Zerstörung des natürlichen Gefüges durch Drehen oder Auseinanderziehen hervor und erleichtert dadurch auch das Schlämmen mit Wasser. Ferner hat man für die Verarbeitung des Rohtones in der Ziegelei verschiedene Anordnungen von Differentialkollern hergestellt, um diese Bewegung des Zerstörens in Plättchenform weiter auszubauen. Wir wollen uns einige vor Augen führen.

a) Differentialkoller (Eisengießerei und Maschinenfabrik Concordia, Hameln a. W.). — Die Mahlbahn ist drehbar. Ein sehr schwerer Läufer von großem Durchmesser dient als Vorbrecher. Ein zweiter Läufer von kleinerem Durchmesser aber sehr breit (Walze), ruft den Vorgang des Zerreibens des durch den ersten Läufer schon zerdrückten Tones hervor. Seine Drehbewegung erhält er gemeinsam mit der des Vorbrechläufers. Seine Differentialgeschwindigkeit in bezug auf die Mahlbahn kann auch jede gewünschte Größe annehmen. Die Entleerung findet mit Hilfe von mehreren Schabern nach der Mitte zu statt.

b) Mischkollergang mit konischen Läufern (Rixdorfer Maschinenfabrik). — Die Läufer sind konisch und werden unmittelbar durch Zahnräder angetrieben. Der konisch ausgebildete Mahlteller dreht sich auf einer Kugellagerung. Die Wellen der Läufer sind an einem in der

Mitte befestigten Nabenstück angelenkt und an ihrem anderen Ende belastet. Die Läufer wirken an einem Hebelarm, wodurch ihr Adhäsionsgewicht wesentlich vergrößert wird. Auf diese Weise kann man die Maschine leichter ausführen.

Die Breite der Läufer ist gleich der der Mahlbahn, so daß kein Tonteilchen der Durcharbeitung entgehen kann. Die Differentialgeschwindigkeit wird durch die Tatsache der verschiedenartigen Umdrehungen der Läufer und des Mahltellers erzeugt sowie durch die konische Form der Läufer, die sich nicht genau auf dem Mahlteller abrollen können. Die schrägen Begrenzungslinien des Mahltellers und der Läufer sind sich nicht parallel, sondern sie entfernen sich gegen das obere Ende, so daß der in der Mitte aufgegebene Ton allmählich beim Herabgleiten bis zum Umfang des Mahltellers fein gemahlen wird. Außerdem werden die Läufer durch veränderlichen Abstand vom Mahlteller eingestellt, so daß der eine zum Vormahlen und der andere zum Feinmahlen dient.

c) Stufenkollergang, Patent Gielow. — Dieser Kollergang hat eine drehbare, mit Stufen  $a$  versehene Mahlscheibe (Schema Abb. 64), die mit der Königswelle fest verkeilt ist und mittels eines angegossenen konischen Zahnkranzes in Umdrehung gesetzt wird. Diese Scheibe dient als Mahlbahn für einen Satz Läufer von verschiedenen Durchmesser, welche sich lose um eine wagrechte Welle  $b$  drehen und durch ihre Berührung mit dem Mahlgut in eine drehende Bewegung versetzt werden. Die Läuferdurchmesser sind durch die Entfernung bestimmt, die zwischen dem Mahlteller und den Läufern freigelassen wird. Diese Entfernungen nehmen ab in dem Sinne, daß Läufer 1 den größten Abstand hat, 2, 3 und 4 einen abnehmend geringeren, während Läufer 5 und 6 auf der Mahlbahn Eisen auf Eisen laufen. Der Ton wird in der Mitte aufgegeben und verschiedene Schaber sorgen dafür, daß er fortschreitend der Bearbeitung durch die 6 Läufer ausgesetzt wird. Endlich wird er von dem äußersten Sammelring  $c$ , von welchem ein Abstreicher ihn abnimmt, abgestrichen. Die Entfernungen zwischen den Läufern wechseln von 30 bis 0 mm und befindet sich der Ton in zunehmender Zerkleinerung und Mischung, während er gleichzeitig durch eine Wasserleitung, welche auf den oberen Teil der Läufer ausschüttet, angefeuchtet wird. Dieser Kollergang eignet sich gut für die Bearbeitung von unreinen Tönen, die harte Kalkknollen, Kalksteine usw. enthalten, die er zermahlen und in die Masse gleichmäßig verteilen muß oder aber von Tönen, die aus dichten und zähen Teilen, welche kein Wasser aufnehmen, bestehen. Diese muß er aufschließen, um die Wasseraufnahme zu erleichtern.

Die Aufschließarbeit wird durch die Tatsache hervorgerufen, daß die fest miteinander verbundenen Läufer sich mit gleicher Geschwindig-

keit drehen, dagegen mit verschiedener gegenüber den Geschwindigkeiten des Mahltellers, die auf jeder Stufe wieder veränderlich sind.

Die Läufer bestehen aus einem stufenweise abgesetzten, gewöhnlichem Kern, mit passenden Mahlrings aus Hartguß.

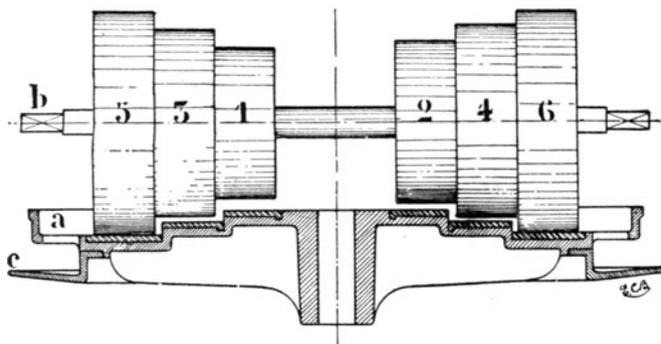


Abb. 64. Stufenkollergang, Bauart Gielow.

Die Stufen des sich drehenden Mahltellers sind mit leicht auswechselbaren, auf Kokille gegossenen Mahlplatten belegt. Er wird während seiner Umdrehung von vier Laufrädern getragen, welche auf Lagerböcken, die auf dem Fundamentrahmen befestigt sind, ruhen.

Die Fabrik Lobin und Druge in Aix-en-Provence baut mehrfache Kollergänge mit Stufenläufern in vier Größen, die in der nachstehenden Zahlentafel in ihren einzelnen Teilen aufgeführt sind.

Zahlentafel 16. Mehrfache Kollergänge, Patent Gielow.

Modell Nr.	1	2	3	4
Durchmesser der Läufer . . . mm	—	1000	10000	1200
„ „ „ . . . „	—	1040	1040	1240
„ „ „ . . . „	1018	1244	1244	14444
„ „ „ . . . „	1050	1250	1250	1450
„ „ „ . . . „	1260	1460	1460	1660
„ „ „ . . . „	1260	1460	1460	1660
Breite der Stufe . . . . . „	250	250	300	400
Gesamtgewicht . . . . . kg	2100	2900	3700	5300
Abmessungen der Riemenscheiben	1000 × 160	1200 × 180	1400 × 200	1600 × 220
Umdrehung in der Minute . . .	180	170	160	140
Raumbedarf { Länge . . . . . mm	4250	5200	6280	7350
{ Breite . . . . . „	2300	2300	3300	4050
{ Höhe . . . . . „	1900	2230	2570	2710
Erforderlicher Kraftverbrauch HP	10—15	15—18	18—25	25—30
Stündliche Leistung im Format 220 × 110 × 50 mm . . . . .	2000	3500	5000	8500
Gesamtgewicht der Eisenteile. kg	9000	14000	18000	26500

### C. Mischkollergänge für Formsand, Mörtel und Superphosphat.

Wir haben gesehen, daß die Kollergänge je nach ihrer Arbeitsweise zu gleicher Zeit als Mischer gebraucht werden können.

Es kommt manchmal vor, daß die Mischarbeit überwiegt und die Brecharbeit nur nebensächlich ist.

Das ist der Fall bei der Mörtelanfbereitung, Formsandzubereitung, der Herstellung von Superphosphaten aus Knochen. Man verwendet Kollergänge, die eine reibende Arbeit erzeugen, mit geriffelten Läufern von kleinem Durchmesser und großer Breite. Man ordnet einen oder zwei geriffelte Läufer an, je nachdem die Mischarbeit mehr oder weniger über die Zerkleinerungsarbeit vorherrschen soll. Diese Maschinen werden in Größen, die von 1500 bis 2200 mm des Mahltellers gehen, ausgeführt und ausgestattet mit Läufern von 450 bis 1000 mm Durchmesser und 175 bis 800 kg Gewicht.

Sie werden häufig mit Drehteller versehen, aber im allgemeinen ähnelt ihre Bauart den Kollergängen, welche wir schon vorher besprochen haben.

Bei der Herstellung von Superphosphat aus Knochen ist, wenn die Schnelligkeit des Arbeitsvorganges und die Leichtigkeit des Aufschließens des Superphosphates bekannt ist, die Verwendung der Mischkollergänge mit geriffelten Läufern sehr empfehlenswert. Die Mischung des Knochenmehles mit Schwefelsäure muß sehr schnell und innig durch die geriffelten Läufer und geeignete Scharrwerke vor sich gehen. Wenn der Arbeitsvorgang beendet ist, öffnet man die Tür des Mahltellers, läßt das die ganze Breite des Mahltellers bestreichende Entleerungsschaberzeug herunter, fegt mit einer oder zwei Umdrehungen das hergestellte Superphosphat heraus und macht die Mahlschüssel für einen neuen Mahlvorgang frei.

### D. Amalgamiermühlen oder Chilenische Mühlen zur Erzaufbereitung.

Diese Eigenschaft, zu gleicher Zeit eine wirksame Mischung durchzuführen, bewirkt, daß die Kollergänge in der Erzaufbereitung zum Amalgamieren der Golderze viel Verwendung finden. Bekannt unter dem Namen „Chilenische Mühle“ bestehen sie im allgemeinen aus drei Läufern, die sich in einer feststehenden Mahlschüssel drehen. Im Ural verwendet man Kollergänge von 4500 mm Laufbahndurchmesser mit drei Läufern von je 3500 kg Gewicht, die in der Minute acht Umdrehungen machen. Jede Maschine verarbeitet 15 bis 20 t goldhaltiges Gestein in 24 Stunden. Diese veralteten Maschinen sind in Goldbergwerken Amerikas und Südafrikas durch Rohrmühlen, die wir später

behandeln werden, ersetzt worden. Jedoch die englischen und amerikanischen Fabrikanten stellen immer noch Chilenische Mühlen, mit verschiedenen Verbesserungen versehen, auf, die in gewissen Fällen diese Maschinen mit den Rohrmühlen in Wettbewerb treten lassen können.

Die Chilenische Mühle hat ihre Verwendung um so mehr gerechtfertigt, als sie gleichzeitig einen Mischer darstellt, wie wir es oben bereits gesagt haben, und so für das Amalgamieren des Goldschlammes dienen kann.

Die Abb. 65 zeigt eine von Fraser und Chalmers in London gebaute Chilenische Mühle.

Die Läufer, drei an der Zahl, aus Gußeisen, mit langer, freitragender Nabe an der Innenseite, drehen sich um die Arme eines Nabenstücks oder „spider“ aus Stahlguß in Kugelform, welches an der Königswelle befestigt ist.

Dieses Kugelstück kann sich längs der Königswelle frei verschieben, ist aber durch drei um 120° versetzte Keile an deren Drehbewegung gebunden. Auf diese Weise sind die Läufer vollständig unabhängig und können alle Höhenlagen einnehmen, je nach der Stückgröße des Brechgutes oder der Abnutzung der einzelnen arbeitenden Teile.

Die Nabe der Läufer ist mit einer Bronzebüchse mit langer Tragfläche ausgerüstet und die Welle durch einen Arm des Nabenstücks gebildet, das den Läufern als Unterstützung bis über den Angriffspunkt ihres Gewichts hinaus dient.

Für eine 6 Fuß (1830 mm) Mühle hat der Drehzapfen 187 mm Durchmesser und 710 mm Länge.

Das Nabenstück, welches die Läufer trägt, wird durch Dorne, welche gleichzeitig mit einem Ringstück eine elastische Kupplung bilden, mitgenommen. Dieses Ringstück ist über dem Kugelstück auf die Königswelle aufgekeilt und bildet gleichzeitig einen Ringtrichter für die Mahlgutaufgabe. Das Mahlgut fällt durch drei Aufgaberohre unmittelbar vor die Läufer. Der obere Teil des Königsbaumes trägt einen Ölbehälter, der durch geeignete Rohrleitungen das Kugelstück und die Läuferzapfen schmiert. Die Schmierung des Spurlagers der Königswelle sowie des Lagers für die Antriebswelle wird durch besondere unabhängige Behälter besorgt.

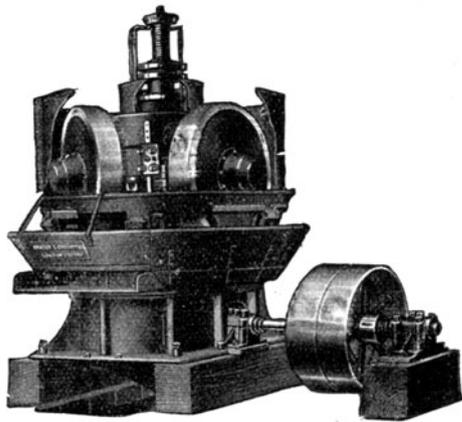


Abb. 65. Chilenische Mühle von Fraser und Chalmers, London.

Das Spurlager der senkrechten Königswelle ist besonders wichtig. Für die 6-Fuß-Mühle hat es 178 mm Bohrung und 915 mm Länge.

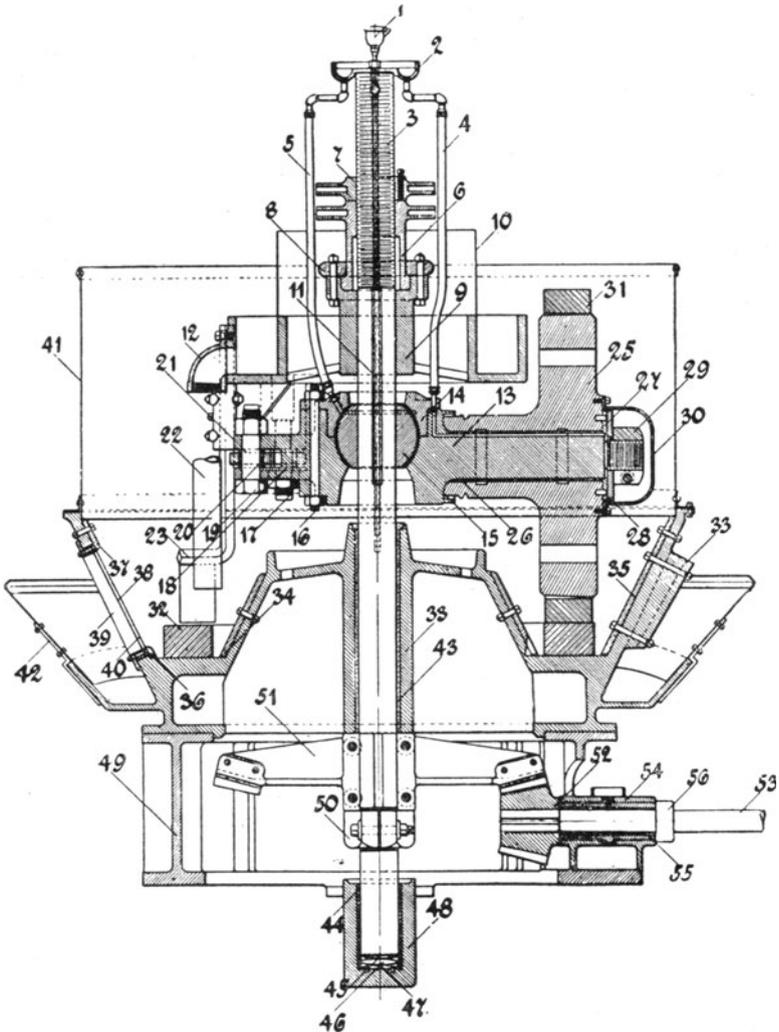


Abb. 66. Schnitt durch eine „Chilenische Mühle“.

Der Antrieb findet durch einen konischen Zahnradantrieb statt, der auf der wagrechten Welle aufgekeilt und in den Maschinenrahmen, der den Mahlteller trägt, eingeschlossen ist.

Die Läufer sind mit geschmiedeten Stahlringen ausgerüstet. Der Boden des Mahltellers wird durch einen Ring von gleichem Metall

gebildet. Die inneren und die äußeren Seitenwände des ringförmigen Mahltellers sind mit Verschleißplatten ausgelegt. Die äußere Wandseite ist von sechs Öffnungen durchbrochen, die mit auswechselbaren Sieben ausgesetzt sind. Eine zweite Schüssel aus Stahlblech umgibt die Siebe, sammelt das fertig gemahlene Mahlgut auf und hält das Verspritzte fest. Auf der Abb. 66 sind die Siebe weggenommen. Für die Aufbereitung von Golderzen werden Amalgamationsplatten im Innern der Mühle angebracht.

Die Fabrik von Fraser und Chalmers baut zwei Größen von diesen Chilenischen Mühlen. Die Zahlentafel 17 stellt die erforderlichen Angaben darüber zusammen und gibt die Leistungsfähigkeiten, die in den ausgeführten Anlagen erzielt wurden, an.

Zahlentafel 17. Chilenische Mühlen von Fraser und Chalmers.

Modell Nr.	1	2
Durchmesser des Mahltellers . . . . . Fuß	5	6
„ „ „ „ . . . . . mm	1524	1830
Gesamtgewicht der Mühle . . . . . kg	15875	27000
Gewicht des schwersten Teiles . . . . . „	1000	5400
Gewicht der bewegten Teile (Läufer u. Welle) „	6100	10500
Maße der Riemenscheiben . . . . . mm	1066 × 315	1220 × 315
Umdrehungen der Riemenscheiben . . . . i. d. Min.	140	140
Umdrehungen des Königsbaumes . . . . i. d. Min.	43	37
Leistungsfähigkeit in Tonnen/Std.:		
Aufgabegut von 20 mm, Mahlgut durch das Sieb Nr. 40 . . . . .	2 (1)	4 (1)
Aufgabegut von 6 mm, Mahlgut durch das Sieb Nr. 16	4,2	6,7
Aufgabegut von 6 mm, Mahlgut durch das Sieb Nr. 22	2,5	4,2

Eine andere, in Amerika sehr bekannte Bauart der Chilenischen Mühlen ist diejenige von der Lane Mill and Machinery Co, in Los Angeles (Kalifornien).

Die Mühle dieser Fabrik Lane wird in zwei Größen gebaut, 7 und 10 Fuß, d. h. 2100 und 300 mm Durchmesser des Mahlbahnkreises. Die Läufer haben ungefähr 1100 mm Durchmesser und einen Laufring aus Chromstahl. Es sind 4 an der Zahl für die 7-Fuß-Mühle und 6 Stück für die 10-Fuß-Mühle. Ein großer Blechringbehälter überdeckt die Läufer und dreht sich mit ihnen.

Dieser Behälter wird mit Erzstücken gefüllt, um das Arbeitsgewicht zu vergrößern. Der entsprechende Kraftverbrauch ist 12 bis 15 HP und 15 bis 20 HP.

Diese Mühlen arbeiten mit geringer Geschwindigkeit: 11 und 8 Umdrehungen in der Minute.

Wenn die Mühle naß arbeitet, braucht man keine Siebe, nur die genügend feinen Teilchen werden durch das Wasser fortgeschwemmt,

(1) Auf nassem Wege mit 200 % Wasserverbrauch bezogen auf das gemahlene Erz (Kupfererz).

das über den Rand der Schüssel fließt. Die größeren Teile bleiben in dem Mahlteller zurück, bis sie vollständig feingemahlen sind.

Mit der „Lane“-Mühle, die besonders zur Amalgamierung verwendet wird, hat man bis 90 und 95% freies Gold im Innern der Mühle wiedergewonnen, indem das Quecksilber durch eine ringförmige Rinne am Boden des Mahltellers abgeschieden wird. Die geringe Umfangsgeschwindigkeit gibt eine mäßige Bewegung des Schlammes und erleichtert die Abscheidung des Quecksilbers.

Die auf diese Weise erreichte Feinheit kann von 30 bis 100 mesh (140 bis 1550 Maschen auf den Quadratzentimeter) schwanken. Die erzielten Leistungen wechseln von 20 bis 30 t in 24 Stunden für die 7-Fuß-Mühle und 40 bis 50 t für die 10-Fuß-Mühle.

Der Hauptverschleiß tritt bei den Läuferingen und der Mahlbahn auf.

Für Erze von mittlerer Härte hat man einen Verschleiß von 290 g Stahl für die Tonne fertiges Mahlgut festgestellt. Die mittlere Lebensdauer eines Stahlringes ist bei Dauerbetrieb 6 Monate bis 1 Jahr. Die Antriebszahnäder halten etwa 10 Jahre, bis sie wieder erneuert werden müssen. Alle anderen Teile verschleifen nur ganz wenig.

## Sechstes Kapitel.

# Reibungsmühlen. (Glockenmühlen, Horizontal- und Vertikal- Mahlgänge).

Die bisher behandelten Maschinen verrichten ihre Zerkleinerungsarbeit durch Zusammendrücken und Zersplittern.

Die Maschinen, die wir im Laufe dieses Kapitels besprechen wollen, arbeiten mittels einer vereinigten Arbeitsweise der Reibung und des Zerreißen der Rohstoffteilchen.

Wir haben hier übrigens reichlich willkürlich zwei durch Aussehen und Verwendungszweck sehr verschiedenartige Maschinenklassen vereinigt, obgleich die erste Klasse (Glockenmühlen und Exzelsiormühlen) Granulatoren sind, während die Horizontal- und Vertikalmühlen zur Vermahlung bis zur Staubfeinheit bestimmt sind.

## I. Glockenmühlen.

Die Glockenmühlen dienen zur Vermahlung von trockenen Rohstoffen von weichem Gefüge; für die keine unbedingt gleichmäßige Vermahlung gefordert wird, zum Beispiel:

Alaun, trockener Ton, Schwerspat, Bauxit, Teerrückstände, Ziegelsteine, Kohle, Kreide, Chamotte, Austernschalen, Graphit, Gips, Flußspat, Schwefel, Talkum, Fullererde usw.

Die zu mahrenden Rohstoffe können je nach Größe der Maschine in Faust- bis Kopfgröße aufgegeben werden, im Mittel ein Viertel des Brechkegeldurchmessers. Das feinste Erzeugnis besteht in Körnern bis Erbsengröße vermischt mit Grieß und Mehl.

Die Vermahlung vollzieht sich unter der Wirkung eines geriffelten Hartgußkonusses, Mahlkegel genannt, der sich in einem geriffelten Ring dreht, das Mahlgehäuse genannt wird.

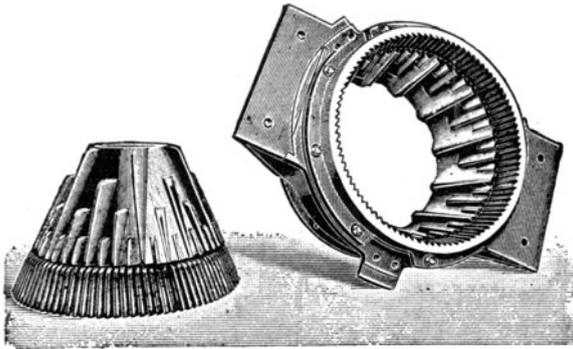


Abb. 67. Mahlkegel und Mahlgehäuse.

Die konischen Riffeln haben am oberen Teil des Mahlkegels und des Mahlgehäuses sehr große Teilung und werden immer feiner nach dem Austritt zu, je nach Maßgabe der Feinheit des zu mahrenden Rohstoffes.

Deshalb ist auch der untere Teil mehr dem Verschleiß unterworfen und man macht deshalb diese Maschienteile aus zwei Teilen, die austauschbar sind (Abb. 67). Die Feinheit des Mahlgutes ist durch ein Handrad einstellbar, das den Mahlkegel mehr oder weniger dem Mahlgehäuse nähert. Zusammengefaßt ist der Grundgedanke dieser Maschinen derselbe wie bei Kaffeemühlen.

Der Antrieb erfolgt entweder von oben oder von unten mittels konischer Zahnräder. Die nachstehende Zahlentafel 18 bezieht sich auf die Glockenmühlengrößen, die Humboldt in Köln-Kalk baut.

**Glockenmühlen mit Granitmahlkegel.** Zum Mahlen von Rohstoffen, die auch nicht eine Spur von Eisen enthalten dürfen, wie Zucker, antiseptische Erzeugnisse usw., gibt es auch Mühlen mit Mahlkegeln aus Granit. Der obere Teil des Mahlkegels besteht dann aus Bronze, ebenso das Mahlgehäuse; dagegen der eigentliche untere mahlende Teil desselben aus Granit. Diese Maschinen werden in der Regel auf Holz-

gerüst geliefert und können, um jeden Staub zu vermeiden, mit einer vollständigen Holzumhüllung umgeben werden.

Die kleinen Glockenmühlen, die mit einem Aufgabetrichter für veränderliche Leistungsfähigkeit versehen sind, werden zum Vermahlen von Wasserfarben, Öl oder Essenzen verwendet.

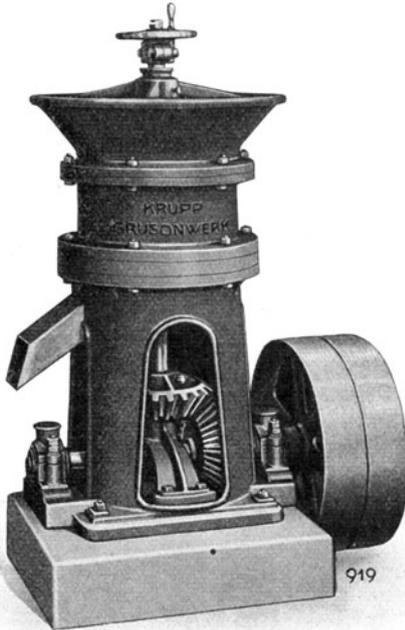


Abb. 68. Glockenmühle mit Gußgehäuse.

**Feinmühle Sturtevant mit aufklappbarem Mahlgehäuse.** Die Glockenmühlen besitzen mehrere Nachteile, besonders wenn es sich um große Mühlen handelt. Sie sind wenig handlich und das Auseinandernehmen, das beim Auswechseln der abgenutzten Teile oder beim Entfernen von zufällig zwischen die arbeitenden Teile gefallen metallischen Fremdkörpern notwendig wird, ist in den meisten Fällen sehr kostspielig.

Die Glockenmühlen Sturtevant mit aufklappbarem Mahlgehäuse (Abb. 69) verbessern diesen Übelstand. Der Maschinenrahmen ist durch Scharniere in zwei Hälften aufklappbar, wie die Türen eines Geldschrankes. Ein einziger

Zahlentafel 18. Glockenmühlen (Humboldt, Köln-Kalk).

Modell Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Antrieb	Unterer			Oberer				
Durchmesser des Mahlkegels								
mm	250	370	600	640	850	1000	1250	1500
Riemen- { Durchmesser . . . . .	450	600	800	600	1000	1200	1400	1500
schei- { Breite . . . . .	100	120	120	120	140	150	160	260
ben { Umdreh. i. d. Min.	250	250	200	200	200	200	200	100
Kraftverbrauch . . . . . HP	1-2	2-3	3-4	4-5	6-8	8-10	10-14	16-20
Stündliche Leistung unge-								
fähr . . . . . kg	800	2000	3000	3500	5000	6500	8000	12000
Gewicht der Maschine . . .	850	1700	3000	2000	2600	3400	4500	8500
Raumbedarf { Länge . . . mm	1100	1500	1700	1700	2000	2000	2200	2600
{ Breite . . . . .	1000	1200	1350	1350	1500	1600	1800	2000
{ Höhe . . . . .	1400	1800	2000	2000	2400	2700	3000	3500

Mann kann die größte Maschine öffnen. Diese Anordnung gestattet jeden Teil einer bequemen Besichtigung zu unterwerfen und nicht mahlbare Stücke, wie Eisenstücke, Schlüssel, Schrauben rasch zu entfernen, welche oft die großen Maschinen verderben.

Die Rohstoffe werden in einen oben gelegenen Trichter, der sehr denen der Rundbrecher ähnelt, eingeworfen und zuerst vorgebrochen durch die Tätigkeit eines Brechkegels von unregelmäßiger Form, der auf einer vierkantigen Hauptwelle sitzt. Die Mahlung wird beendet zwischen einem Mahlkegel und Mahlgehäuse, die ähnlich geriffelt sind wie die schon früher beschriebenen. Das Mahlgut fällt auf eine mit der Hauptwelle umlaufenden Scheibe und ein Schaber entfernt es durch den Auslauf. Die Feinheit des Mahlgutes ist einstellbar durch ein Handrad, das durch ein Gewinde und einen Hebel die den Mahlkegel tragende Hauptwelle senkt oder hebt (Aufhefvorrichtung). Sie ist verstellbar um 3 mm bei den kleinen, um 6 mm bei den mittleren und um 19 mm bei den großen Ausführungen.

Die Leistung schwankt von 500 bis 12000 kg in der Stunde je nach Größe der Maschine und der natürlichen Beschaffenheit des Rohstoffes.

Der entsprechende Kraftverbrauch ist 3 bis 20 HP.

Diese Glockenmühlen eignen sich besonders zum Vorschroten für große Leistung von Rohstoffen, bevor sie feiner gemahlen werden, sei es durch Kugelmühlen oder durch Kollergänge.

Die Zerkleinerungswirkung durch diese Maschinen ist sehr bedeutend zum Beispiel werden der Mühle Nr. 0 Stücke von 60 bis 80 mm Größe aufgegeben und diese zerkleinern sie auf die Feinheit von 3 mm bei einem einzigen Durchgang.

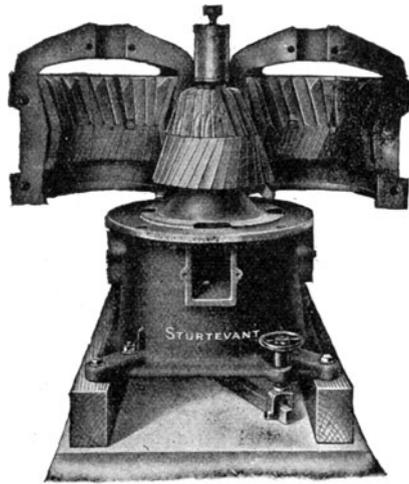


Abb. 69. Glockenmühle Sturtevant mit aufgeklapptem Mahlgehäuse.

## II. Exzelsiormühlen.

Die Exzelsiormühlen dienen zum Schroten von Getreide und zum Mahlen von allen weichen und halbharten Rohstoffen wie: Farbholz, Gerbstoffe, Kork, Kohle, Salz, Ton, Zucker usw. Die Feinmehlmenge, die in dem Mahlgut enthalten ist, ändert sich mit der Bauart der Mahl-

ringe. Indessen ist es nicht zu vermeiden, daß eine gewisse Menge mehr oder weniger grober Grieße entsteht.

Die arbeitenden Teile der Exzelsiormühle bestehen aus zwei senkrechtstehenden Hartgußringscheiben, wie Abb. 70 zeigt.

Der eine Mahlring ist an das Mahlgehäuse angeschraubt, während der andere, an einer wagrechten Welle befestigt, beweglich ist. Jede Seite der Mahlringe ist mit Zähnen von dreieckigem Querschnitt besetzt, von denen zwei nebeneinanderliegende, eine gleichartige, dreieckige Nute bilden. Die Zähne des einen Mahlrings greifen in die Nuten des anderen und die durch die Mitte zwischen die beiden Mahlringe aufgegebenen Rohstoffe werden durch die scharfen Kanten der Zähne

im Verlauf des Weges nach dem Umfang der Ringe zerschnitten.

Wenn die Zähne von der einen Seite abgearbeitet sind, läßt man durch Kreuzen der Riemen die Maschine in umgekehrter Richtung laufen. Die scharf gebliebenen Kanten der Zähne schneiden noch, während die abgenutzten durch den natürlichen Verschleiß der

Vorderfläche einen Grad nach hinten bilden. Wenn das aber nicht genügt, läßt man

etwas Sand und Wasser in die Mühle laufen, das beendet das Schleifen in einigen Minuten. Wenn endlich die Zähne auf der einen Fläche vollständig abgearbeitet sind, kehrt man die Mahlringe um, da sie ja auf beiden Seiten mit Zähnen versehen sind.

Den Feinheitsgrad des Mahlgutes ändert man, indem man die Entfernung der Mahlringe durch ein kleines, leicht zugängliches Handrad, selbst während des Ganges der Mühle, verstellt. Zum Mahlen von Roggen, Gerste, Weizen, Hafer, Mais, Bohnen und allen trockenen Körnern für die Landwirtschaft versieht man die Exzelsiormühlen mit besonderen Mahlringen, die nach innen mit schräg angeordneten Schneiden ausgerüstet sind, die dazu bestimmt sind, das Mahlgut vorzuberechen, bevor es der Wirkung der dreikantigen, nach dem Umfang zu stehenden Zähne überlassen wird.

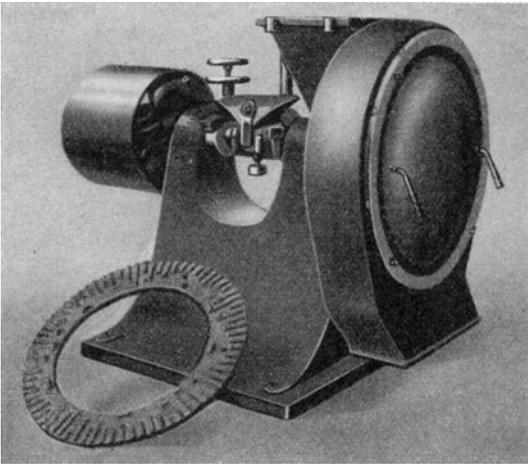


Abb. 70. Exzelsiormühle und Mahlring.

Um nun die Leistungsfähigkeit zu erhöhen, kann man zwei Mahlringpaare in derselben Maschine anbringen. Man erhält dann eine Exzelsiormühle mit doppelter Leistungsfähigkeit.

Auf alle Fälle müssen die Exzelsiormühlen durch einen Trichter mit selbsttätiger Aufgabevorrichtung gespeist werden.

### III. Mühlen mit wagrechten Mahlsteinen.

**Beschreibung und Funktion.** Bei diesen Mühlen vollzieht sich der Mahlvorgang zwischen zwei Mahlsteinen aus hartem Gestein. Sie sind

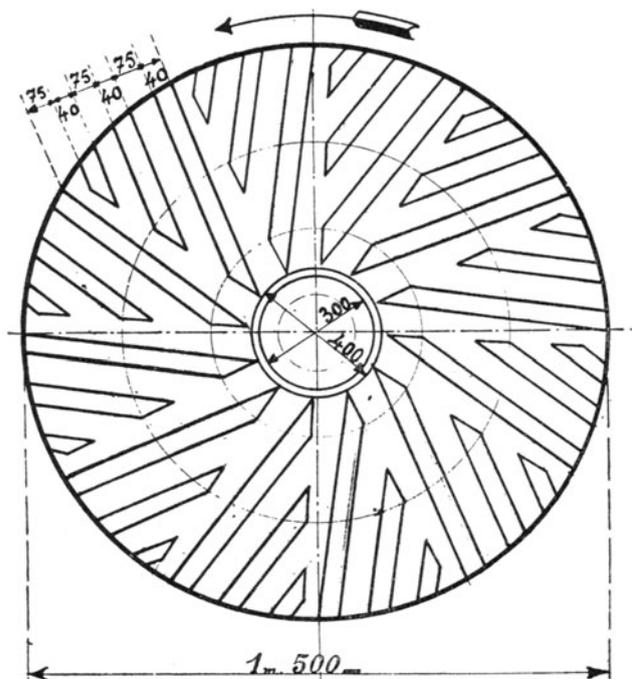


Abb. 71. Aufriß der Hauschläge eines Mahlsteines.

flach einer über dem anderen angeordnet, von denen der eine sich dreht (der Drehende oder Läufer), während der andere fest stehen bleibt (der Ruhende oder Bodenstein).

Die Mahlsteine werden aus Quarzsteinen oder aus Mühlenkalksteinen hergestellt, deren beste Sorten von La Ferté-sous-Jouarre (Seine et Marne) bezogen werden. Jeder Stein ist aus einzelnen Stücken zusammengesetzt, mit Gips vergossen und mit Eisenbändern umgeben.

Mitunter sind die Mahlsteine auch aus gewachsenem Schmirgelstein hergestellt. Sie werden auch aus Schmirgelbruchstücken so gleich-

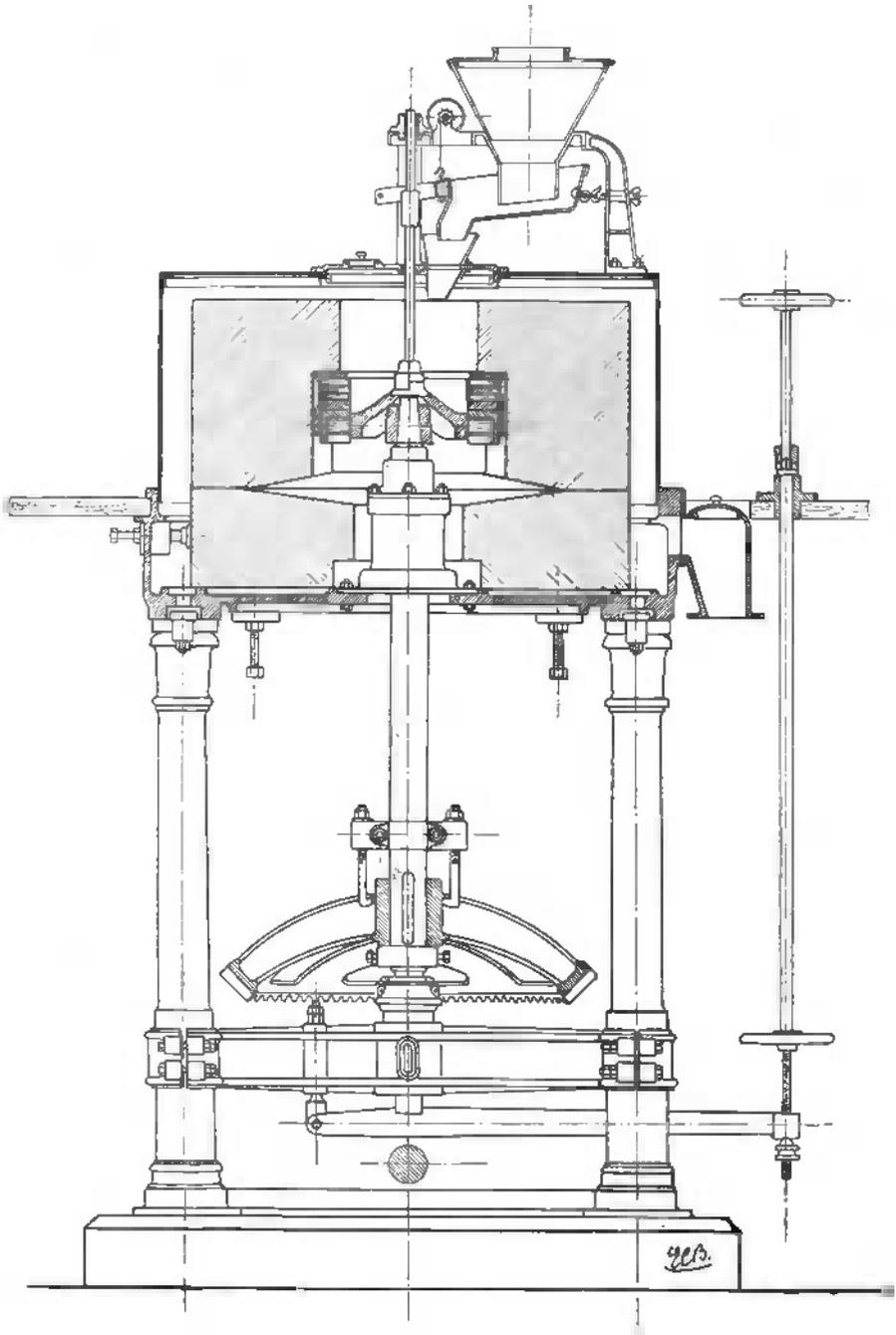


Abb. 72. Oberläufermahlgang.

mäßig als möglich zusammengestellt und um eine Nabe aus Mühlenkalkstein angeordnet und mit einem weichen Metall umgeben, das in die Fugen gegossen wird. Die Eisenreifen halten das Ganze fest zusammen. Diese Mahlsteine sind sehr hart und fest und wirken stärker zerreibend als die Mahlsteine aus Quarz. Es finden aber auch Sandsteine, Porphyr, verschlackter Basalt und Lava zur Herstellung von Mühlensteinen Verwendung. Je weniger leicht diese übrigens verschmieren, je länger ist ihre Lebensdauer.

Die Mühlensteine sind in der Mitte mit einem runden Loch, das Auge genannt, für die Mühlenwelle (Königsbaum) versehen. Ihre Arbeitsflächen sind mit Vertiefungen „Hauschlägen“ von 5 bis 6 mm Tiefe versehen, die nach Abb. 71 für jeden von beiden Steinen im entgegengesetzten Sinne angeordnet sind.

Diese Oberflächen arbeiten sich schnell ab. Es ist deshalb erforderlich, die Mühlensteine nach einer gewissen Laufzeit wieder aufzuhauen (schärfen). Das ist ein sehr großer Nachteil dieser Art Maschinen.

Das Mahlgut wird durch die Mitte mit Hilfe einer selbsttätigen Aufgabevorrichtung aufgeschüttet, in Stücken, die Nußgröße nicht überschreiten dürfen. Der Austritt des Mahlgutes erfolgt am Umfang und Schaber werfen das fertige Mehl durch die Austrittsöffnung heraus.

Je nachdem man den oberen oder den unteren Mahlstein in Bewegung setzt, werden die Mühlen mit Oberläufer- oder Unterläufermahlgängen bezeichnet. Die Abb. 72 stellt einen Oberläufermahlgang dar.

Die Antriebswelle oder der Königsbaum wird durch ein Spurlager und eine Rotgußpfanne getragen, das mit dem Maschinenrahmen oder dem Mahlgehäuse fest verbunden ist. Der stillstehende Mahlstein ruht auf diesem Maschinenrahmen, der seinerseits durch Gußsäulen von verschiedener Höhe getragen wird.

Ein Stahlgußstück oder „Treiber“, der am oberen Ende des Königsbaumes durch ein konisches Tragstück (Balanzierhaue) befestigt ist, hält den sich drehenden oberen Mahlstein fest und zieht ihn mit Hilfe von untergelegten Scheiben mit sich fort.

Diese runden Scheiben lassen nach stark hervortretender Abnutzung des Mühlensteines einen Ausgleich zu, während die laufende Einstellung durch ein Handrad besorgt wird, das durch ein Schneckengetriebe auf einen Hebel wirkt. Dieser Hebel hebt oder senkt dann das unten liegende Spurlager.

Bei den Mühlen mit feststehendem oberen Mahlstein (Unterläufermahlgang Abb. 73) ruht der sich drehende untere Stein unmittelbar auf einer von der Hauptwelle getragenen Platte. Diese Welle wird nur deshalb verlängert, um den Stoßschuhspeiser anzutreiben. Diese Anordnung ist wesentlich einfacher als die vorherige und erleichtert die Schmierung.

Der ruhende Stein ist im oberen Teil des Maschinenrahmens einstellbar aufgehängt. Der sich drehende Mahlstein legt sich dagegen mit Hilfe der Aufhelfvorrichtung des Spurlagers. Die zwischen den Verbindungsschrauben liegenden Federn ziehen die beiden Hälften der Mahlkammer zusammen und lassen im Falle des zufälligen Hineinkommens eines harten Gegenstandes ein gewisses Ausweichen zu (Abb. 73).

Der Antrieb wird entweder durch eine Riemenscheibe, welche unmittelbar auf der stehenden Königswelle, die den Läuferstein trägt,

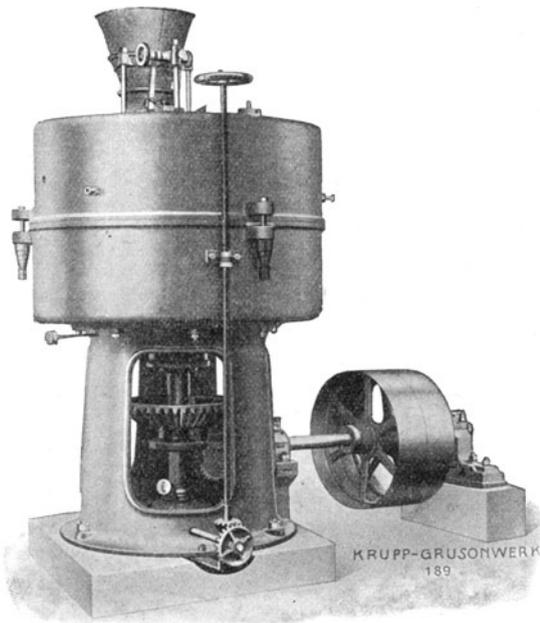


Abb. 73. Unterläufermahlgang von Fried. Krupp-Grusonwerk.

aufgekeilt ist oder durch eine Riemenscheibe mit wagrechter Vorgelegewelle und konischem Zahnradantrieb besorgt.

Bei großen Anlagen hat man noch den Vorteil, mehrere Mühlen um einen gemeinschaftlichen Antrieb herum zu gruppieren. Man kann die Mühlen in einer Reihe, oder in zwei parallelen Linien oder aber in Gruppen anordnen. Die Abb. 74 zeigt den Grundriß einer Gruppe von vier, in Turmform aufgestellten Mühlen mit einem gemeinschaftlichen Antrieb durch die wagrechte Welle (i).

Man kann auch in der gleichen Weise sechs oder mehr Mühlen um den gleichen Antrieb herum anordnen. In diesem Falle aber ist es empfehlenswert, jede Mühle mit einer besonderen Ausrückvorrichtung für den Fall einer Reinigung oder Reparatur zu versehen.

**Verwendung und Leistung.** Die Mahlgänge sind geeignet zum Feinmahlen von allen harten und halbharten Rohstoffen wie: Kalk, Kreide, Gips, Schwerspat, Ton, Farben, Kohlen, Phosphate, Salz, Chamottebruch, verschiedene Erze usw.

Sie lösen diese Rohstoffe in Mehl von regelmäßiger Feinheit auf, das in den meisten Fällen keine besondere Siebung erfordert.

Der Verbrauch an Betriebskraft ist dagegen ganz bedeutend: 30 bis

40 HP zum Mahlen von stündlich 1000 kg Zementklinkern auf die Feinheit von 70 bis 75% durch das Sieb von 4900 Maschen auf den Quadrat-zentimeter. Dazu kommt, daß die Notwendigkeit des häufigen Nachschärfens der Mahlsteine sehr kostspielig ist.

Daher vermindert sich auch die Verwendung der Mahlgänge von Tag zu Tag in Industrien, in welchen sie ehemals fast ausschließlich zur Feinmahlung von Rohstoffen, besonders in der Zementindustrie, angewendet wurden.

Trotzdem werden sie noch mitunter bei verhältnismäßig modernen Anlagen verwendet, wie zum Mahlen von Farben, chemischen Erzeugnissen, Kohle, Graphit und selbst noch in gewissen Zementfabriken.

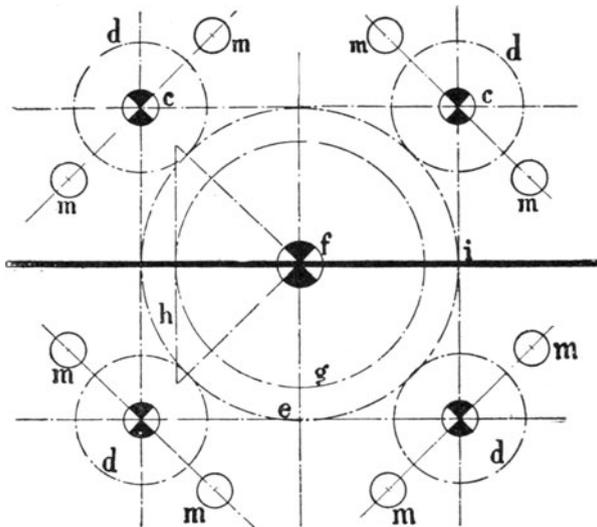


Abb. 74. Grundriß zur Aufstellung von vier Mahlgängen mit einem gemeinsamen Antrieb.

Die „Revue des Matériaux de Construction“ bringt im Jahre 1912 den Fall, daß in einer zu dieser Zeit in Norfolk nach dem modernsten Verfahren eingerichteten Portlandzementfabrik nur mit Mahlgängen für die Rohstoffe und gebrannten Zement gearbeitet wurde und die Ergebnisse die Unternehmer vollauf befriedigt haben. Dieses für die Aufrechterhaltung rückständiger Verhältnisse sehr merkwürdige Beispiel hat übrigens keine anderweitigen Folgen gehabt.

**Angaben über ausgeführte Maschinen.** Die nachstehende Zahlen-tafel 19 bezieht sich auf Unterläufermahlgänge von der Bauart, wie sie in der Abb. 73 dargestellt sind.

Die Fabrik von Sturtevant führt nach derselben Bauart einen Schmirgelmahlgang von 1070 mm Durchmesser aus, der 350 Um-

Zahlentafel 19. Unterläufermahlgänge.

Modell Nr.	1	2	3	4	5
Läuferdurchmesser . . . . . mm	800	1000	1250	1400	1500
Höhe des oberen Läufers . . . . . „	250	250	450	450	450
Höhe des unteren Läufers . . . . . „	250	250	350	400	400
Umdrehungen i. d. Min. der Läufer . . . . .	200	180	140	130	130
Umdrehungen i. d. Min. der Riemenscheiben	275	250	175	160	160
Riemenscheiben { Durchmesser . . . . . mm	600	700	900	1000	1000
{ Breite . . . . . „	150	175	250	250	275
Raum- ) Länge . . . . . „	1500	1800	2200	2800	3000
bedarf ) Breite . . . . . „	1100	1300	1600	1900	2000
) Höhe, darin eingeschlossen die					
) Stoßaufgabe . . . . . „	2000	2000	2500	3000	3000
Ungefäher Kraftverbrauch . . . . . HP	4	8	15	18	20
Ungefähre Stundenleistung an Kalkstein in Nußgröße aufgegeben und ein Rück- stand von 3% auf dem Sieb von 900 Ma- schen auf den Quadratzentimeter voraus- gesetzt . . . . . kg	300	600	1000	1400	1600
Gewicht der Maschine ohne Mühlstein und Aufgabevorrichtung . . . . . kg	1360	1945	3000	4700	5840

drehungen in der Minute macht und ein Gesamtgewicht von 2500 kg hat. Seine Leistung beträgt 1000 bis 3000 kg Mehl von einer Feinheit, die von Sieb 144 bis Sieb 6400 Maschen auf den Quadratzentimeter wechselt bei einem mittleren Kraftverbrauch von 18 HP.

**Naßmahlgänge.** Naßmahlung wird angewendet für Emaillen, Farben usw., wenn es sich um die Erzielung ganz besonderer Feinheiten handelt.

Der Oberläufermahlgang setzt sich aus zwei Teilen zusammen, zwischen denen ein Kanal liegt, durch den fortdauernd das Mahlgut von außen nach innen zurückfließen kann, nachdem es zwischen den Mahlsteinen hindurchgegangen ist. Im übrigen ist die allgemeine Anordnung der Maschine sowie die Einstellung derselben die gleiche wie bei den Trockenmahlmühlen. Das Aufgabegut gelangt mit Wasser vermischt durch satzweises Aufgeben in die Mühle und bleibt darin so lange, bis die gewünschte Feinheit erreicht ist.

Wenn das Mahlgut nicht mit Eisen in Berührung kommen darf, wird das Gehäuse aus Holz und die laufenden Teile aus einem geeignetem Metall hergestellt.

Beim Farbenmahlen mit Öl, Wasser oder Alkohol, eine Arbeitsweise, mit der man eine ganz besonders große Feinheit erzielt, hat man auf Mühlen zurückgegriffen, die aus wagrechten, in ihrer Entfernung einstellbaren Mühlsteinen aus Hartporzellan bestehen. Dem ohnehin schon sehr feinem Aufgabegut (Sieb 150 bis 200) fügt man noch eine verdünnende Flüssigkeit hinzu. Diese Mahlung wird fortgesetzt bis zur allerfeinsten Mahlung und Mischung.

Die Fabrik A. Savy-Jeanjean et Cie in Courbevoie hat eine Reihe von Mühlen gebaut, die von 170 bis 400 mm Durchmesser gehen.

Diese haben eine stündliche Leistung von 15 bis 90 kg geschlämter Farben bei einem ganz geringen Kraftverbrauch ( $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{2}$  HP).

#### IV. Erzmühlen (Grinding Pans).

Die Abb. 75 zeigt eine solche Maschine. Die Reibflächen sind hier vollständig aus Metall. Ihre Ausladung ist durch oben befindliche Handräder einstellbar. Die Scheibenabmessungen wechseln zwischen 800 bis 1300 mm und ihre Geschwindigkeit von 65 bis 75 Umdrehungen in der Minute.

Der Brei wird in der Mitte der Maschine aufgegeben und dann einem kräftigen Umrühren und Mahlen unterzogen. Die feinsten Teilchen verlassen die Mühle mit Wasser, welches über den Rand des Gehäuses läuft. Handelt es sich um Amalgam, so wird dieses durch eine Öffnung im Boden abgelassen.

Die Fabrik Colorado Iron Works in Denver baut eine 5 Fuß-Mühle, die auf einem Holzrahmen aufgestellt ist. Die von der Homestake Mining Co in Lead (Australien) mit sieben solcher Mühlen durchgeführten Versuche haben folgende Ergebnisse gehabt.

Leistung täglich 14800 kg Erze, die mit einer Feinheit von Sieb 20 mesh aufgegeben und auf eine Feinheit von Sieb 100 gemahlen wurden.

Kraftverbrauch: 6 bis 7 HP.

Leistung für den HP/Tag = 2250 kg.

Eine andere Anlage, die auf nassem Wege mit 1 Teil Erz und 4 Teilen Wasser arbeitet, ergab eine Leistung von 6000 kg in 8 Stunden. Das Erz wurde mit einer Feinheit vom Sieb 40 mesh aufgegeben und auf eine Feinheit von Sieb 200 mesh gemahlen.

Kraftverbrauch: 5 HP.

Leistung für den HP/Tag 3360 kg.

Außerdem hat man bei der Vermahlung von harten Erzen einen Verschleiß der Mahlsteine von 170 g für die 1000 kg gemahlene Erzes festgestellt.

Bei diesen von der Homestake Mining Co durchgeführten Versuchen handelte es sich um einen Wettbewerb zwischen den „Grinding Pans“ und einer Fein-Rohrmühle. Der Vorteil ist bei dem Vergleichsversuch bei der letzteren geblieben, aber nur mit einem ganz geringen Vorsprung. Es folgt daraus, daß die „Grinding pan“ eine einfache und wenig Anlaß zu Betriebsstörungen gebende Maschine ist und man kann ihr den Vorzug geben, wenn es sich um kleine und mittlere Anlagen handelt.

Die „Grinding pan“ verarbeitet als Fertigmühle Erze nach dem Naßverfahren und soll wie die Feinrohmühle mit genügend fein gemahlenem Aufgabegut beschickt werden. Sie kann Mahlgut erzeugen, das durch Sieb 150 mesh und ausnahmsweise durch Sieb 200 mesh geht.

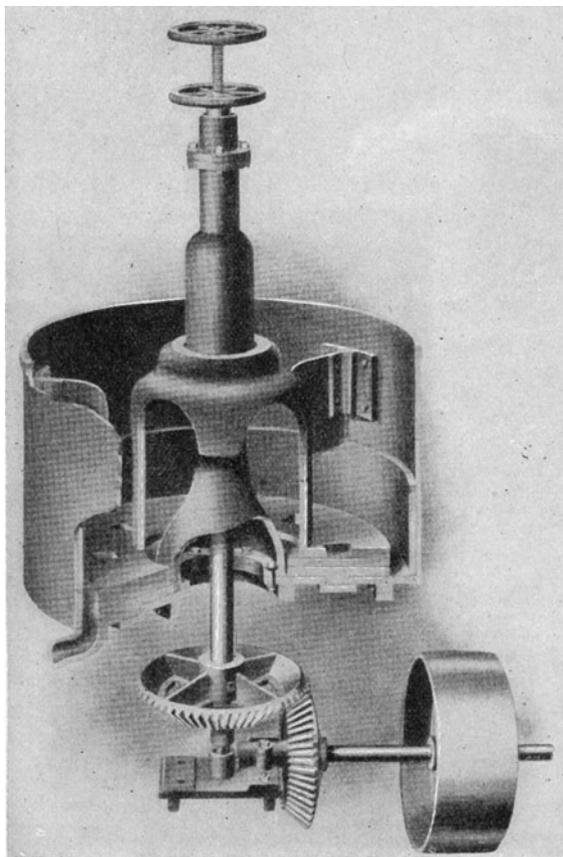


Abb. 75. „Grinding Pan“ (Worthington).

Eine interessante Abart ist von der englischen Fabrik Holman Bros in Camborn unter dem Namen „grit mill“ gebaut worden. Bei dieser Mühle reiben die sich drehenden Teile nicht nur auf der Bodenplatte, sondern auch noch an der zylindrischen Seitenwand des Mahl Tellers. Die Aufgabe der Rohstoffe erfolgt am Umfang und die Entleerung durch die Mitte.

Eine Mühle dieser Bauart, welche Zinn- und Wolfram-

erze verarbeitete, ergab eine Leistung von 8000 bis 10000 kg in 24 Stunden bei einer Feinheit von Sieb 150 und einem Kraftverbrauch von 5 HP.

## V. Mühlen mit senkrechten Mülsteinen.

Diese Maschinen arbeiten nach Art der Exzelsiormühlen, nur daß die Eisenmahlringe durch Mülsteinen aus hartem Stein, Mülkalkstein, Schmirgelsteine oder Kunststein ersetzt werden. Das mehr oder weniger feine Korn dieser Steine spielt hier die Rolle von Zähnen

oder scharfen Schneiden der eisernen Mahlringe, bringt aber eine feinere und regelmäßigere Mahlung hervor.

Die Abb. 76 zeigt einen Schnitt der Sturtevant-Mühle mit wagrecht liegenden Schmirgel-Mühlsteinen.

Der sich drehende Mühlstein ist an einer auf der Antriebswelle aufgekeilten Scheibe befestigt. Der feststehende Mühlstein ist im Vorder teil des Mahlgehäuses, das gleichzeitig als Deckel für den Mahlraum dient, eingebaut. Die Antriebswelle wird durch zwei Lager getragen, die mit dem Maschinenrahmen fest verbunden sind. Zwischen diesen bewegt sich die Antriebsriemenscheibe mit einer Friktionskuppelung. Eine dritte Lagerung liegt im Mahlraumdeckel. Das Mahlgut, welches in einem Trichter am Oberteil der Maschine aufgegeben wird, wird regelmäßig durch eine Speisewalze oder einen Stoßpeiser entnommen und läuft durch ein senkrechtstehendes Rohr in die Mittelöffnung des feststehenden Mühlsteines.

Die Antriebswelle trägt eine Förderschnecke, die das Aufgabegut zwingt, durch den feststehenden Mühlstein hindurchzulaufen und läßt es in den

Zwischenraum zwischen den beiden Mühlsteinen fallen. Hier wird es durch die Wirkung der Zentrifugalkraft und die schräg-

gestellten Hauschläge zerrissen und am Umfang herausgeschleudert. Eine am Umfang des Mahlgehäuses rechts oder links angebrachte Öffnung dient als Auslauf. An der Riemenscheibenseite des Antriebswellenendes nimmt ein Kugelstützlager die Rückstöße des Mahlvorganges auf. Dieses Kugelstützlager drückt gegen eine Federbüchse, die dem Gang der Maschine eine gewisse Elastizität gibt und den Durchgang von nicht mahlbaren Rohstoffen ohne zu viel Schaden anzurichten, zuläßt. Eine durch Handrad bewegbare Schraube stellt die Spannung der Feder ein und infolgedessen auch die Entfernung zwischen den Mühlsteinen. Man kann also selbst während des vollen Ganges der Mühle den Verschleiß ausgleichen und die Feinheit des Mahlgutes einstellen.

Diese Maschinen haben den Vorzug der großen Einfachheit, sie arbeiten ruhig ohne Staubbildung und liefern ein Mahlgut von gleichbleibender Feinheit ohne Zuhilfenahme weder von irgendwelchen Sieben noch irgendeiner Art Sichtmaschinen. Die außerordentliche

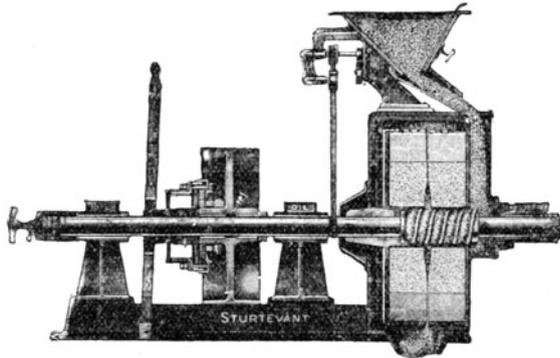


Abb. 76. Schnitt durch eine Vertikalmühle Sturtevant.

Härte und Unzerstörbarkeit der verwendeten Schmirgelsteine sichern eine lange Betriebsdauer der Maschine, ohne daß die Mühlsteine sich verschmieren oder glätten. Um das Auseinandernehmen der Mühle zu erleichtern, hat man für jede Maschine eine Führung vorgesehen, die aus zwei wagrechten, auf jeder Seite des Mahlgehäuses befestigten Flacheisenschienen besteht und am anderen Ende von einem Gußeisenfuß getragen wird. Der Deckel des Mahlgehäuses, in welchem der feststehende Mühlstein befestigt ist, trägt an den beiden Seiten des wagrechten Durchmessers zwei auf den Laufschielen ruhende Laufrädchen, so daß es genügt, den Deckel loszuschrauben und den Teil mit dem feststehenden Mühlstein herauszuwippen. Dann löst man den beweglichen Mühlstein, hängt ihn an einem Unterstützungsgestell auf Laufrädern auf und unterzieht ihn derselben Behandlung wie den ersten, dann hat man freien Zugang zur ganzen Maschine.

Die Vertikalmahlgänge werden mit gutem Erfolg zur Feinmahlung von weichen und mittelharten Rohstoffen verwendet wie: Ziegelsteine, Kohle, Kalk, Farben, Gips, Seifenstein, Talkum usw. mit Leistungen, die von 1000 bis 15000 kg in der Stunde wechseln je nach Größe der Maschine und der gewünschten Mehlfeinheit (Sieb 20 bis 200 und mehr).

Ihre Verwendung ist besonders zu empfehlen, wenn man auf ein von jeder Eisenspur freies Mahlgut sieht. So für Form- und Verputzgips, bei welchen man Rostflecke vermeiden muß.

Das Mahlen von Talkum, Graphit und allen Rohstoffen, wo man das Plättchengefüge erhalten muß, fällt in gleicher Weise in das Anwendungsgebiet der in Frage stehenden Mühle.

Eine von Sturtevant gebaute Vertikalmühle mit Schmirgelsteinen hat 750 mm Durchmesser. Sie läuft mit 650 Umdrehungen in der Minute und kann bei 20 HP Kraftverbrauch stündlich 1000 bis 4000 kg staubfeines Mehl erzeugen.

Das Gewicht der Maschine beträgt 1600 kg.

## Siebentes Kapitel.

### Stampf- oder Pochwerke.

Die Maschinen, die wir nun in diesem Kapitel behandeln wollen, arbeiten durch Stoß oder Schlag eines Fallkörpers, der wiederholte Schläge auf die zu zerkleinernden Rohstoffe ausführt. Sie sind bekannt unter dem Namen Pochwerke, kalifornische Mühlen, Pochstempelbatterie, Stampfwerke usw. Der Ursprung dieser Maschinen geht auf eine beträchtliche Zahl von Jahrhunderten zurück.

Ihre Entstehung reicht weit zurück. Grundsätzlich besteht sie aus

einem senkrechten Schaft oder Pochstempelstange, die frei in zwei Holzführungen gleitet. Am unteren Ende dieser Stempelstange ist eine schwere Eisenmasse oder Beschwerer angebracht, der seinerseits durch ein auswechselbares Verschleißstück, dem Pochschuh, geschützt wird. An einem Punkte der Pochstange ist ein Mitnehmer oder Hebekopf gut befestigt. Ein Hebedaumen mit einem oder zwei Anschlägen wird auf einer wagrechten Welle befestigt, bewegt sich gegen den Hebekopf und hebt die Pochstempelstange hoch, dann läßt er sie kurz mit ihrem ganzen Gewicht in einen Gußkasten, Pochtrogtrog genannt, herunterfallen, dessen Boden mit einer sogenannten Pochsohle geschützt ist. Das zu pochende Erz wird in dem Pochtrogtrog zwischen Pochschuh und Pochsohle zertrümmert. Bei den ganz einfachen Maschinen wird das Erz, nachdem es einer gewissen Anzahl von Schlägen ausgesetzt war, mit der Hand wieder herausgenommen. Im allgemeinen kommt aber eine Vorrichtung für den beständigen Umlauf in Aufnahme.

Solche verbesserte Stampf- oder Pochwerke sind in großen Mengen für die Aufbereitung von goldhaltigen Quarzen zum Zwecke des Herausziehens von freiem Gold durch Amalgamieren aufgestellt worden.

Die intensive Ausbeutung der Goldminen in Kalifornien und Transvaal hat die Verarbeitung von ganz bedeutenden Erzmengen veranlaßt. Da das Pochwerk immer eine Maschine von kleiner Leistung gewesen ist, so mußten jetzt riesenhafte Pochwerksanlagen geschaffen werden. Man setzte Batterien von 150, 200 und 300 Pochstempeln in Betrieb. Man versteht dann recht wohl, daß unter diesen Umständen jeder einzelne Teil des Pochwerkes rechtzeitig bis in jede Einzelheit durchstudiert werden mußte und daß die Fabrikanten bei der Einrichtung ihrer Batterien sehr schnell zu einer einheitlichen, man möchte sagen fast standartisierten Bauweise gelangen mußten.

Für viele Leute und selbst für zahlreiche Techniker ist das Pochwerk die Maschine der klassischen Erzaufbereitung geblieben. Es ist dies die einzige, welche selbst in den modernsten Büchern erhalten geblieben ist, die den Schülern unserer technischen Hochschulen in die Hand gegeben werden. Mit dem allergrößten Recht ist sie als ein einzigartiges Beispiel allen Gymnasiasten, welche die Schule in die Anfangsgründe der Metallurgie einweiht, bezeichnet worden.

Dennoch ist heute das Pochwerk vollkommen überholt.

Es ist zwar noch in großem Maßstabe im Gebrauch, weil die bestehenden großen Anlagen sich nicht in einigen Monaten umstellen können auf die Tatsache hin, daß man irgendwo viel vollkommeneren Maschinen entdeckt hat, als die, welche man selbst in Betrieb hat.

Hie und da können noch einige solche besonders vorteilhaft gebauten Maschinen in Neuanlagen Verwendung finden aus Gründen der

Voreingenommenheit, günstiger örtlicher Verhältnisse oder besonders geeigneter Rohstoffe und ausnahmsweiser Herstellungsverfahren.

Aber im allgemeinen können wir sagen, daß es in der Praxis fast mehr Fälle gibt, wo das Pochwerk durch eine oder mehrere Kugelmühlen der verschiedensten Bauarten, die wir noch am Schlusse dieses Buches beschreiben werden, vorteilhaft ersetzt werden kann.

Selbst in der Mehrheit der Fälle ist dieser Vorteil erkannt worden, so daß das Pochwerk endgültig als abgetan erscheinen kann.

Aber wir haben es trotzdem bei unseren Betrachtungen nicht übergangen, nicht etwa darum, weil es noch nicht in der Wirklichkeit ausgeschaltet ist, sondern die Arbeitsweise könnte heute noch für viele Leute Interesse haben.

## I. Pochstempel mit Hebedäumen.

**Beschreibung und Einzelheiten.** Die Abb. 77 zeigt die Zusammenstellung einer vorbildlichen Pochstempelbatterie mit Fundament und Aufgabebehälter.

Wir wollen noch rasch die Einzelheiten der verschiedenen Maschinenteile dieser Maschinengruppe durchgehen,

Das Fundament ist von sehr großer Bedeutung. Seine Herstellung erfordert besondere Sorgfalt und ebenso die Auswahl der Baustoffe.

Die Baugrube soll bis auf den gewachsenen Boden gehen und der Boden derselben soll mit einer dicken und guten Betonschicht ausgelegt werden. Dann stellt man ein Holzgerüst, das aus einer gewissen Anzahl Balken zusammengefügt ist, in der Baugrube auf. Dieser Betonsockel (mortarblock) hat  $500 \times 700$  mm Dicke. Seine Länge wechselt je nach der Anzahl der Pochstempel der Batterie. Im allgemeinen gruppiert man 5 Pochstempel zusammen in einem Pochtrog, dessen Länge nicht weniger als 1200 bis 1500 mm beträgt. Die Tiefe der Baugrube muß so groß sein, daß das Fundament mit dem Fabrikfußboden abschneidet. Sie kann bis 3000 und selbst bis 4500 mm tief gehen. Die Oberfläche ist sorgfältig wagrecht abzugleichen; eine Bohle flach darüber gelegt und eine 10 mm dicke Kautschukschicht sichert eine gleichmäßige Verteilung der Kraftäußerungen. Der Pochtrog wird dann sehr fest mit dem Fundamentsockel verschraubt und darauf füllt man die Baugrube mit Beton aus. Die Holzquerbalken, die den Oberbau der Batterie und den Aufgabebegutbehälter tragen, werden ebenfalls auf den Betonsockel gestellt und mit dem Fundamentsockel verbunden.

Der Maschinenrahmen wird aus starken Holzpfosten hergestellt, die durch Streben einesteils mit dem Aufgabebegutbehälter und andererseits mit dem Fundamentsockel verbunden sind. Die Holzpfosten sind

durch Querhölzer, die als Führungen für die Pochstempel dienen und durch eine im allgemeinen in der Höhe der Hebedaumen angebrachten Laufbrücke verbunden.

Die Einrichtung aller dieser Teile: Fundamentsockel, Maschinen-

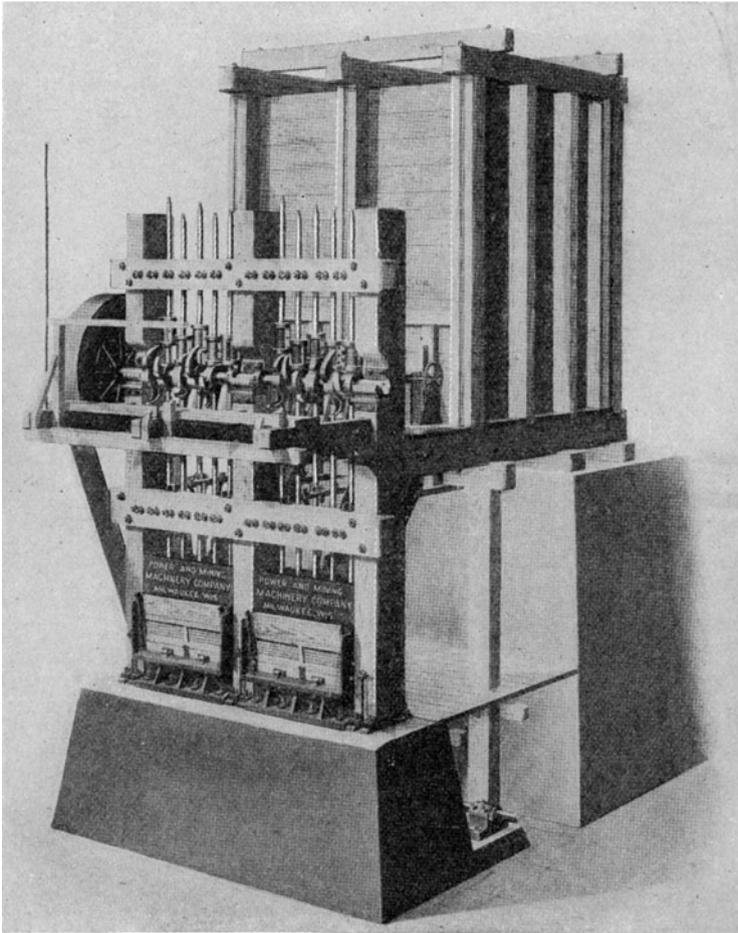


Abb. 77. Pochwerkbatlerie mit Vorratsbehälter.

rahmen, Aufgabegutbehälter erfordert eine ganz bedeutende Menge Holz.

Die Pochstangen sind runde, über die ganze Länge gedrehte Stahlstangen. Die beiden Enden sind leicht konisch gehalten.

Der Beschwerer ist gewöhnlich ein rundes Gußeisenstück, das

eine konische Ausparung besitzt, in die sich das eine Ende der Pochstange einpaßt.

Auf der entgegengesetzten Seite ist eine gleiche konische Ausdrehung, die den konischen Zapfen des Pochschuhs aufnimmt, der einfach nur durch Reibung befestigt ist.

Der Pochschuh hat denselben Durchmesser wie der Beschwerer, nur die Höhe ändert sich. Er wird aus Hartguß oder Chromstahl hergestellt.

Zwei quer durch den Beschwerer angebrachte Keillöcher dienen zur Aufnahme eines Keiles zum Zwecke des leichten Auseinandernehmens.

Der Hebekopf ist eine zylindrische Stahlbüchse, die an einer beliebigen Stelle längs der Pochstange mit Hilfe eines durch zwei oder drei Keile aufgekeilten Futters befestigt wird. Die beiden Oberflächen sind gleich und der Hebelkopf ist umdrehbar, wenn die eine Fläche durch Verschleiß unbrauchbar geworden ist. Man verändert die Stellung des Hebekopfes, um eine gleichbleibende Fallhöhe trotz des Verschleißes des Pochschuhs und der Pochsole aufrechtzuerhalten.

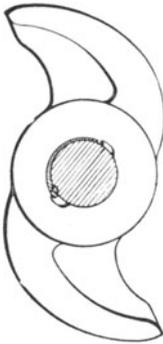


Abb. 78. Hebedaugen Blanton mit selbsttätiger Ver-  
spannung.

Die Hebedaugenwelle, die sehr schwere Arbeit zu leisten hat, ist deshalb mit entsprechend großen Abmessungen versehen. Sie dreht sich in Halblagern, die in Holzpfosten eingelassen sind.

Die Hebedaugen sind Maschinenteile aus Stahlguß mit zwei Daumen, die im Profil eine Kreisevolvente darstellen. Sie werden auf der Daumenwelle nach fortschreitend sich ändernden Winkeln versetzt aufgekeilt, so daß die Anordnung des Pochstempelfalles in derselben Batterie nach einem bestimmten Gesetz regelmäßig wechselt. Die Hebedaugen mit Momentverspannung Bauart Blanton und New Blanton gestatten das Weglassen der Keile und erleichtern das Auseinandernehmen der ganzen Maschine. Die Hebedaugen sind ganz nahe an die Pochstange herangesetzt und heben den Hebekopf, indem sie gleichzeitig damit eine tangentielle Reaktion verbinden, in die Höhe und rufen dadurch eine Drehbewegung hervor. Diese Drehbewegung der Pochstange übt einen sehr günstigen Einfluß auf die Gleichmäßigkeit der Abnutzung aus.

Um die Längsreaktionen auf die Daumenwelle auszugleichen, werden die Hebedaugen abwechselnd an die rechte und die linke Seite der Pochstange gesetzt. Infolgedessen sind die Naben verschieden eingerichtet und damit eine Einteilung in rechte und linke Hebedaugen festgelegt worden.

Wenn nun der Hebekopf der Tätigkeit des Hebedaugens entschlüpft, fällt die Pochstange durch ihr eigenes Gewicht herab. Die Umdrehungs-

geschwindigkeit des Hebadaumens ist durch die Tatsache begrenzt, daß er nicht früher den Hebekopf wieder treffen soll, als bis das Herabfallen beendet ist.

Gewöhnlich nimmt man 90 Schläge in der Minute an und das entspricht 45 Umdrehungen der Dau-menwelle.

Die Zerkleinerung vollzieht sich in einem länglichen Eisenkasten, „Pochtrog“ genannt. Gewöhnlich arbeiten 5 Pochstempel in dem gleichen Pochtrog. Die Abb. 79 zeigt einen Schnitt durch einen vorbildlich gebauten Pochtrog (Pochtrog von Homestake).

Die Rohstoffe werden durch eine Öffnung *f* an der Hinterseite eingeführt und gleiten dabei über eine mit Verschleißplatte versehene Zunge *g* auf die Pochsole. Die Pochsohlen liegen im Boden des Pochtroges unter jeder Pochstange. Die Rohstoffe werden bei jedem Stoß heftig gegen die Seitenwände des Pochtroges geschleudert, die deshalb mit Verschleißplatten ausgelegt werden müssen. Die vordere Seite des Pochtroges ist offen und erhält ein Sieb *h*, das auf einen Holzrahmen aufgezogen und mit Keilen befestigt wird. Die genügend feinen Teilchen werden durch das Wasser weggeführt und gehen durch das Sieb. Ein zweiteiliger Deckel verschließt den Pochtrog und hält die Mahlgutspritzer zurück.

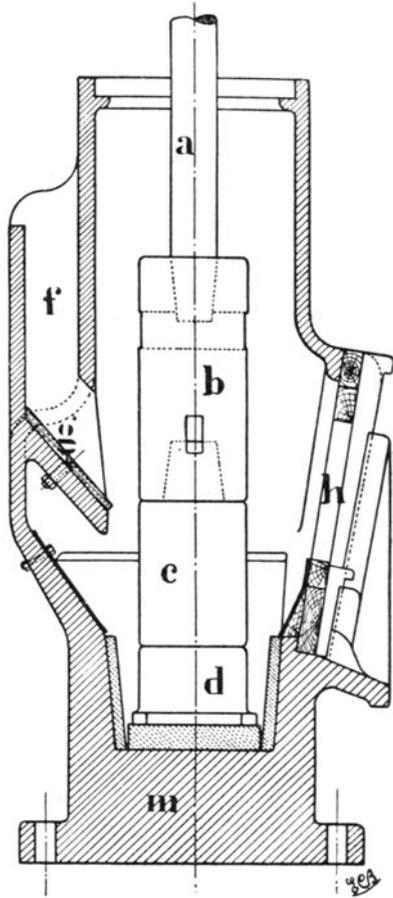


Abb. 79. Schnitt durch den Pochtrog „Homestake“.

Bei der Trockenzerkleinerung spannt man, um den lichten Entleerungsquerschnitt zu vergrößern, die Siebe tiefer und auf beiden Seiten des Pochtroges auf. Das fertige Pochgut wird durch Windstöße durch das Sieb getrieben und mit Hilfe von verschiedenen Vorrichtungen aufgefangen.

Wenn man die Absicht hat, die Golderze durch Amalgamieren zu gewinnen, werden Amalgamierungsplatten unter die Einlaufzunge und unter das Sieb in das Innere des Pochtroges eingelegt. Das freie, von

den Platten nicht erfaßte Gold wird von großen, vor den Pochwerken aufgestellten Kupfertafeln aufgefangen.

Die Siebe sind aus gelochten Blechen mit schrägen oder senkrechten Schlitzten oder aus Metallgewebe hergestellt. Sie nützen sich sehr rasch ab.

Ein „Homestake“ Pochtrog für 5 Pochstempel von 475 kg Gewicht wiegt ungefähr 3600 kg.

Die Aufgabe wird mechanisch besorgt durch Drehteller oder einen Schieber (siehe zwölftes Kapitel). Der Antrieb vollzieht sich in folgender Weise:

Wenn eine Lage Erze, die zwischen Pochschuh und Pochsohle liegt, zerkleinert wird, so bewegt der Hebekopf bei jedem Niederfall einen Anschlag, der durch verschiedene Hebel eine Aufgabevorrichtung in Bewegung setzt. Die am meisten verwendeten Aufgabevorrichtungen sind die Speisevorrichtungen von „Challenge“ mit schräg liegendem Aufgabeteiler.

Die Hebedaumen sind so angeordnet, daß die Pochstempel nicht der Reihe nach einer nach dem anderen von einer Seite des Pochtroges nach der gegenüberliegenden fallen, sondern daß die Schläge nach folgender Reihenfolge eingeschaltet werden:

1, 4, 2, 5, 3 (bei 5 Pochstempeln)  
oder 1, 7, 3, 9, 5 — 2, 8, 4, 10, 6 (bei 10 Pochstempeln).

Die äußeren Pochstempel haben eine größere Fallhöhe als die mittleren um der Reibung der Rohstoffe an den äußeren Wänden des Pochtroges Rechnung zu tragen. Die nachstehende Zahlentafel 20 gibt die Verhältnisse und das Gewicht der Einzelteile der verschiedenen Pochwerksgrößen an.

**Leistung und Verwendung.** Die Pochwerke werden mit Erzen, die auf Korngrößen von 0 bis 50 mm vorgebrochen sind, gespeist und können alle Feinheitstgrade bis zur Unfühlbarkeit erzeugen, wohlverstanden zum großen Nachteil der Leistungsfähigkeit.

In den Goldbergwerken hält man sich gewöhnlich an die Siebe Nr. 30 oder 35, für die weitere Zerkleinerung bis zu den entscheidenden Feinheiten werden schon seit langer Zeit andere Maschinen gefordert: „Grinding mills“, Huntington-Mühle oder auch Rohrmühlen.

Unter den oben angegebenen endgültigen Bedingungen ist die mittlere Leistungsfähigkeit für einen Pochstempel 1500 bis 2000 kg in 24 Stunden (Pochstempel von 400 kg Gewicht, 200 mm Fallhöhe; 90 Schläge in der Minute).

Der Kraftverbrauch ist durch die folgende Formel gegeben:

$$HP = 1,33 \frac{n \cdot Q \cdot h \cdot u}{60 \cdot 75}$$

$n$  = Anzahl der Pochstempel,  
 $Q$  = Gewicht der Pochstempel,  
 $h$  = Fallhöhe in Metern,  
 $u$  = Anzahl der Schläge in der Minute,  
 1,33 = Leistungskoeffizient.

Für die oben angegebene Leistung ergibt diese Formel einen Kraftverbrauch von 2,1 HP, nämlich 1 HP für die Tonne und Tag.

Der Verschleiß ist reichlich groß und verteilt sich auf eine große Zahl von einzelnen Teilen. Die Pochstange zerbricht unter der Einwirkung fortgesetzter Stöße an der Verbindungsstelle mit dem Beschwerer. Man dreht sie Ende um Ende um und sie tut dann noch immer ihren Dienst. Trotz aller Vorsicht hat eine Pochstange eine Lebensdauer von kaum mehr als drei bis vier Monaten.

Das Stück, welches am meisten der Abnutzung unterworfen ist, ist der Pochschuh. Ein Pochschuh wird so lange benutzt bis seine Dicke nur noch 20 bis 30 mm beträgt. Je nach der Härte des verwendeten Metalls und der Härte des zu pochenden Erzes wechselt die Lebensdauer eines Pochschuhes von zwei bis sechs Monate.

Der Verschleiß der Pochsohle ist ein wenig geringer und man gibt ihr auch eine kleinere Anfangshöhe. Unter diesen Umständen ist ihre Lebensdauer fast die gleiche wie die der Pochschuhe.

Zum Zwecke der Angabe diene, daß man für harte Erze eine Abnutzung von 225 g für den Pochschuh und für die Pochsohle 120 g, zusammen also 345 g für die zerkleinerte Tonne festgestellt hat.

Die Siebe unterliegen einer sehr starken Beanspruchung, denn sie haben den Stoß der weggeschleuderten Erzteilchen aufzunehmen. Man ist deshalb häufig genötigt, sie vor ihrem vollständigen Verschleiß auszuwechseln, denn die Verengerung der Schlitzöffnungen werden Unregelmäßigkeiten in dem Enderzeugnis (Pochtrübe) hervorrufen. Die Lebensdauer der Siebe wechselt von einer bis vier Wochen je nach der Stärke desselben und nach der Härte des Erzes.

Wir müssen nun noch die Abnutzung der Hebedäumen, der Pochstempelführungen und der Verschleißplatten des Pochtroges hinzufügen. Die Dauer dieser Betriebsstörungen zum Zwecke der Ausbesserungen beträgt 3 bis 12% der gesamten Betriebszeit.

Aus diesen Erwägungen heraus ergibt sich, daß das Pochwerk eine schwere und viel Raum beanspruchende Maschine im Verhältnis zu der geringen Leistung ist:

Weil es ein sehr kostspieliges Fundament und Aufstellung erfordert,

Weil es eine verhältnismäßig hohe Betriebskraft beansprucht;

Weil es erhöhte Kosten für Reparaturen und allgemeine Unkosten erfordert.

Zahlentafel 20. Maße und Gewichte einer Pochwerkbatte (Power and Mining Machinery Work.)

Gesamtgewicht der Pochstempels kg	250	340	385	450	567	680	725	907
Kraftverbrauch für eine Poch- stange in HP . . . . .	1,3	1,8	2	2,4	3	3,3	3,5	4,4
Pochstange:								
Abmessungen . . . . . mm	66 × 3048	76 × 3960	80 × 4270	82 × 4270	95 × 4270	100 × 4880	108 × 4880	114 × 4880
Gewicht . . . . . kg	90	140	165	180	238	304	350	395
Hebekopf:								
Abmessungen . . . . . mm	222 × 292	235 × 254	235 × 317	235 × 317	241 × 355	254 × 355	254 × 355	254 × 508
Gewicht . . . . . kg	45	59	66	66	77	77	77	124
Beschwerer:								
Abmessungen <sup>1)</sup> . . . . . mm	203 × 406	216 × 330	216 × 381	228 × 457	228 × 508	235 × 610	235 × 610	241 × 762
Gewicht . . . . . kg	77	72	86	166	166	188	188	256
Pochschub:								
Abmessungen <sup>1)</sup> . . . . . mm	203 × 152	216 × 203	216 × 203	216 × 203	216 × 216	235 × 305	235 × 305	241 × 305
Gewicht . . . . . kg	50	68	68	75	85	111	111	131
Pochschle:								
Abmessungen <sup>1)</sup> . . . . . mm	215 × 152	222 × 152	222 × 190	235 × 203	235 × 203	241 × 203	241 × 203	247 × 203
Gewicht . . . . . kg	45	47	50	71	71	73	73	77
Daunenwelle:								
Durchmesser . . . . . mm	98	123	136	152	165	178	184	196
Länge . . . . . „	2390	2438	2438	2438	2590	2670	2670	2740
(für 5 Pochstangen)								

1) Die erste dieser Zahlen bedeutet den Durchmesser, die zweite die Höhe des Maschinentheils.

Im Vergleich zur Walzenmühle hätte für das Pochwerk mit Vorteil eine solche aufgestellt werden können. Aber die Zerkleinerung mit Walzen erfordert doch mehrere übereinander aufgestellte Maschinen und deshalb eine verhältnismäßig verwickelte Anlage, die um so empfindlicher wird, je feiner man mahlen will. Wir haben schon angegeben, daß die moderne Kugelmühle (ball mill), die Erbin der veralteten Pochwerkmaschine ist. Das ist aber eine voreilige Erbin, die schon den größten Teil des Gebietes in Beschlag genommen hat, welches für sie bestimmt ist.

Wir werden Gelegenheit haben, auf ihre Leistungen im Verlauf des zehnten Kapitels zurückzukommen.

Um mit den Pochwerken abzuschließen, müssen wir aber ihre fortwährende Verwendung bei der Feinmahlung der Drogen und pharmazeutischen Erzeugnisse, ebenso wie bei der Vermahlung von Metallen feststellen.

Für diesen Zweck baut man leichte Pochwerke mit Stempeln von 30 bis 50 kg Gewicht.

Zum Beispiel leistet eine Batterie von 10 Stempeln von 50 kg Gewicht bei 40 Schlägen in der Minute ungefähr 600 kg Aluminiumpulver in 24 Stunden, das von einer Korngröße von 3 mm auf eine unfühlbare Feinheit von Sieb Nr. 350 gemahlen wird. Der Kraftverbrauch erreicht etwa 7 bis 8 HP.

## II. Pochwerke mit Dampf- oder komprimiertem Luftbetrieb.

Abb. 80 zeigt ein von Fraser und Chalmers gebautes Dampf-pochwerk. Die Anwendung der Dampfkraft läßt eine wesentlich größere Stoßmasse und größere Geschwindigkeit zu gebrauchen zu. Man baut einfach- und doppeltwirkende Dampf-pochwerke von 900, 1200 bis 2500 kg Stoßgewicht mit 100 bis 120 Schlägen in der Minute.

Diese Pochwerke können natürlich viel größere Stücke aufnehmen und eine größere Menge Erz verarbeiten als die Pochwerke mit Hebedaumen. Jeder Pochstempel arbeitet in einem einzelnen Pochtrog, der mit Sieben auf drei Seiten versehen ist.

Eine größere Anzahl dieser Maschinen sind zur Aufbereitung in den Kupferbergwerken des Lac Superior (E. U.) in Betrieb.

In der Osceola Consolidated Mining Co. ist ein einfaches Pochwerk mit 2500 kg Stempelgewicht und mit 8,5 Atm. Dampfdruck bei 102,8 Schlägen in der Minute laufend, aufgestellt. Es leistet 550 t Erz in 24 Stunden. Der Kraftverbrauch entspricht etwa 200 HP. (Man verbrennt etwa 1 t Kohlen auf 61 t aufbereitetes Erz).

Eine andere seit etwa 20 Jahren in den Bergwerken von Cornwallis bekannte Maschine ist ein pneumatisches Pochwerk von Holman.

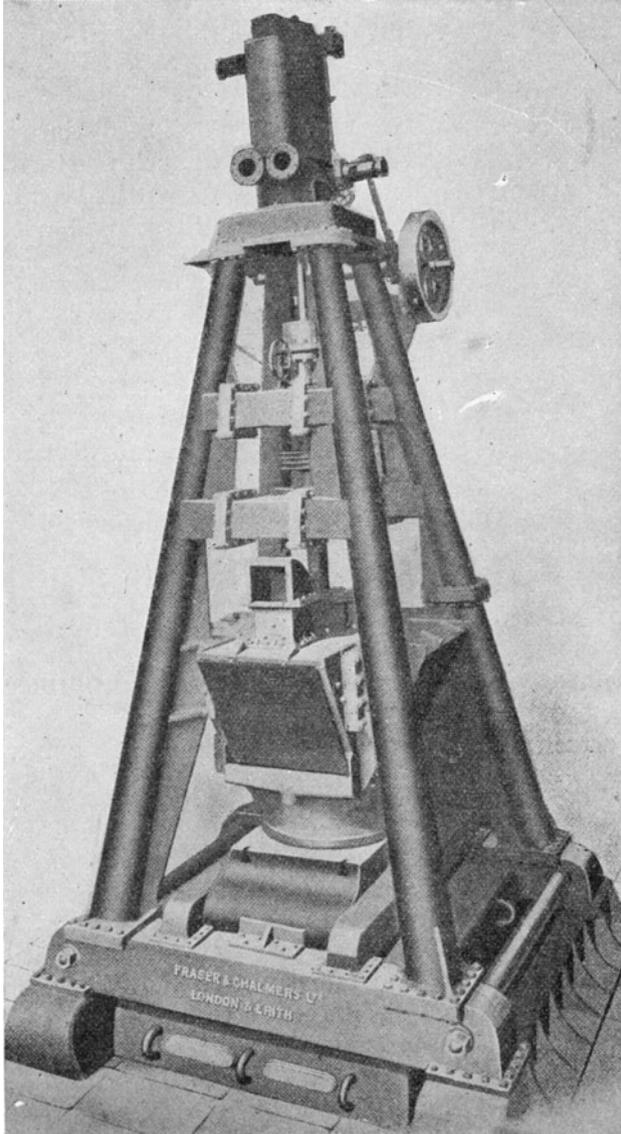


Abb. 80. Dampfpochwerk von Fraser und Chalmers.

Diese Maschine ist in Abb. 81 dargestellt und wird in drei Größen ausgeführt, entsprechend der nachstehenden Aufstellung:

Nr.	Gewicht des Pochstempels kg	Gesamtgewicht für einen Stempel kg	Kraftverbrauch HP
1	490	13000	25
2	635	14000	34
3	230	6000	16

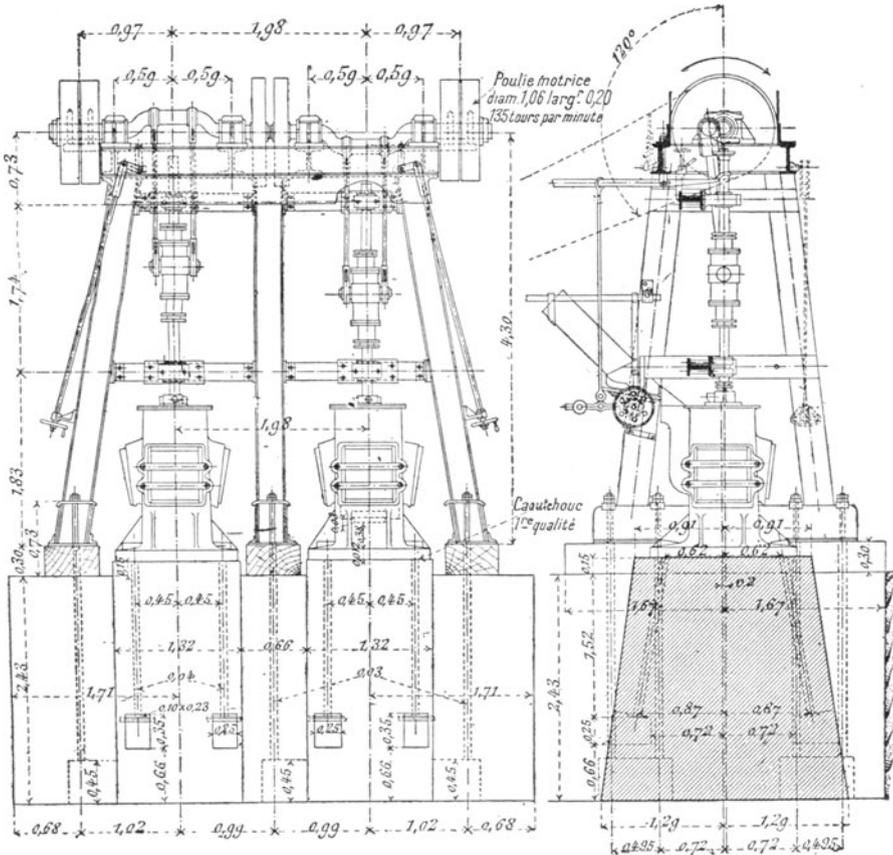


Abb. 81. Pneumatisches Pochwerk „Holman“.

Diese Maschine setzt sich aus einem kräftigen Maschinenrahmen aus Profileisen zusammen, welcher den Antrieb trägt. Der Pochstempel von sehr großen Abmessungen wird in zwei Lagern geführt und ist mit dem Kolben fest verbunden. Der Kolben bewegt sich in einem, mit einer Stopfbüchse versehenen Gußzylinder. Der Zylinder wird durch zwei geschmiedete Tragstangen unterstützt, die die Bewegung aufnehmen. Bei jedem Auf- und Niedergang befindet sich ein Kissen mit komprimierter Luft an dem einen Ende des Zylinders, um die

Stöße aufzufangen und einen Teil der aufgefangenen Kraft für den Rückgang wieder herauszugeben. Jeder Pochstempel arbeitet in einem besonderen Pochtrog. Eine vollendete Bauart des Pochtroges, der eine kreisrunde Form hat und mit Sieben auf dem ganzen Umfang versehen ist, wird von der Gesellschaft Holman Bros. ausgeführt.

Das Luftdruckpochwerk läßt eine größere Geschwindigkeit zu. Man läßt es dauernd mit 125 bis 135 Schlägen in der Minute laufen und bei den kleinsten Maschinen sogar bis 170. Seine Leistungsfähigkeit ist viel größer als die Pochwerke mit Daumenstempeln. Um mittleren Zahlen zu nennen, kann ein Pochwerk „Holman“ Nr. 2 eine Batterie von 10 Pochstempeln im Gewicht von je 475 kg ersetzen. Bei der Dolcoath Mine Ltd (Cornwallis), die 15 Pochwerke Nr. 1 im Betrieb hat, hat man 27 t pro Tag und Pochstempel bei einer Feinheit von Sieb 30 erreicht.

Der Verbrauch an Stahl (Pochschuhe und Pochsohlen) auf die Tonne aufbereiteten Erzes hält sich genau in den Grenzen, wie bei den Daumenpochwerken. Die übrigen Teile der Maschine sind weniger Gegenstand des Verschleißes. In Frankreich befinden sich zwei verschiedene Probeausführungen von pneumatischen Pochwerken in den Bergwerken von Montebbras (Creuse) im Betrieb.

## Achtes Kapitel.

### Schlagmühlen.

Die Maschinen, die wir nun beschreiben wollen, verarbeiten die sie durchlaufenden Rohstoffe mit starren Schlägern, die um eine wagrechte Welle in rasche Umdrehungsbewegung versetzt werden. Das gemeinschaftliche Doppelerkennungszeichen ist, ausschließlich mit Stoß oder Schlag zu arbeiten und die Zentrifugalkraft wirken zu lassen, die selbsttätig das vom Umlauf der Schlagkörper zerkleinerte Mahlgut herauswirft. Dieser neue Arbeitsgrundsatz bringt folgende Ergebnisse:

1. Große Leistung im Hinblick auf das Gewicht der Maschine und den Kraftverbrauch. Die Zerkleinerung durch Schlag hat einen größeren Nutzeffekt und entwickelt weniger tote Reibung, als die Zerkleinerung durch Zerquetschen und Reibung. Die lebendige Kraft der die Brechwirkung hervorbringenden Maschinenteile wird vollständig ausgenutzt. Man erhält also billige, leichte und wenig Platz einnehmende, und mehr noch leicht auseinandernehmbare und bequem zu befördernde Maschinen.

2. Keine Erschütterungen dank der vollkommenen Ausgleicheung der bewegten Maschinenteile. Dann leichte Aufstellung; denn ein Fundament von irgendwelcher Bedeutung ist nicht erforderlich.

3. Die Zerkleinerungsmöglichkeit ist mit der gleichen Maschine eine sehr weitgehende. Mit Hilfe einer leichten Einstellvorrichtung und alleiniges Auswechseln einiger Maschinenteile wie: Schläger, Roste oder Siebe kann man die Verwendbarkeit einer vorhandenen Maschine verändern und sie der Reihe nach als Vorbrecher, Granulator oder auch als Mehlerzeuger verwenden.

4. Die Schlagmühlen ergeben eine allgemeine Verwendungsmöglichkeit, die das Mahlen von schiefrigen und faserigen Rohstoffen gestattet wie: gewisse Mineralien und verschiedene organische Stoffe wie Rinde, rohe Knochen, Lumpen, Kork, Kupferabbrand, Körner usw. Für solche Rohstoffe, wie die eben aufgeführten und andere ähnliche ist diese Maschinensorte die einzige, die in Frage kommen kann.

5. Verwendet man dagegen eine Schlagmühle zum Vermahlen von sehr harten Rohstoffen, dann wird der Verschleiß ein außerordentlich hoher. Sehr plastische, pechartige oder klebrige Rohstoffe können nicht in einer Schlagmühle gemahlen werden, denn sie werden dieselbe schnell verschmieren.

Das Betätigungsgebiet und die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Maschinensorten werden auf den nachfolgenden Seiten festgestellt werden.

Zunächst müssen wir diese Maschinen in zwei große Gruppen einteilen: in solche, die ausschließlich durch heftiges Werfen des Mahlgutes gegen feststehende, vorspringende Metallstifte oder Zähne arbeiten und in solche, die durch zusammengesetzte Wirkung von Werfen und Schlagen mittels beweglicher Schlagwerkzeuge die Mahlwirkung hervorbringen.

Die erste Gruppe wird durch Maschinen von der Bauart Vapart gekennzeichnet, die aber jetzt kaum noch Verwendung finden, obwohl sie eine Zeit des Erfolges erlebt haben. Diese Vapart-Mühle besteht aus einer Anzahl runder Scheiben, die, auf einer senkrechten Welle befestigt, sich mit großer Geschwindigkeit drehen. Die in der Mitte der ersten Scheibe aufgegebenen Rohstoffe werden durch radial angeordnete Winkeleisen gezwungen, an den Umdrehungen dieser Scheibe teilzunehmen. Die Zentrifugalkraft wirft die Mahlgutteilchen heftig gegen die mit gezähnten Platten bekleidete zylindrische Umhüllung. Ein konischer Trichter fängt das Mahlgut auf und leitet es gegen die Mitte der unteren Scheibe, die eine weitere Zerkleinerung hervorruft. Im allgemeinen werden drei übereinanderliegende Scheiben verwendet.

Die Vapart-Mühle wurde zum Mahlen von Kohle und Erzen verwendet.

Eine andere Mühle, die ausschließlich durch Hinausschleudern arbeitet, ist die Kohlenmühle von Bradford. Sie besteht aus einer großen Trommel auf einer wagrechten, langsam laufenden Welle, in deren

Innern man die zu mahlende Kohle einführt. An der Seite befestigte Schaufeln häufen die Kohlen bis zu einer gewissen Höhe. Sie fallen dann frei in den untern Teil der Trommel und zerstoßen sich durch das Aufprallen auf die Seitenwände und auf der schon vorhandenen Kohlenschicht. Die Seitenwand ist mit durchlocthem Blech bekleidet, damit die genügend feine Kohle sofort die Mühle verlassen kann.

Die härteren Brechstücke wie: Eisenteile, Holzstücke, Steine usw. werden an der Seite der Maschine entfernt.

Die Bradford-Mühle wird auch als Sortiermaschine für die Reinigung geringwertiger Kohlensorten verwendet. Sie trennt die gute Kohle vom tauben Gestein und gewinnt eine solche mit höherem Prozentsatz an Brennstoff wieder zurück. Sie ergibt ein Mahlerzeugnis von 25 bis 50 mm Stückgröße.

Die Pennsylvania Crusher Co. baut Bradford-Mühlen in 12 Größen von 1800 mm Durchmesser und 1800 mm Länge bis 3600 mm Durchmesser und 6600 mm Länge. Die entsprechenden Leistungen wechseln von 30 bis 250 t in der Stunde mit einem Kraftverbrauch von 15—90 HP.

Die zweite Mühlengruppe, die durch Stoß mittels beweglicher Schlagvorrichtung arbeitet, wird durch eine große Anzahl von verschiedenen Bauarten vertreten. Diese Maschinen sind sehr bekannt und werden allgemein verwendet.

Wir werden nun der Reihe nach betrachten:

1. Schlagkreuzmühlen mit feststehenden Schlägern.
2. Desintegratoren.
3. Hammermühlen mit beweglichen Schlägern.
4. Mühlen mit umlaufendem Sieb und Mühlen mit Luftförderung.

## I. Schlagkreuzmühlen.

Bei der ersten Mühlenart sind die Schlagvorrichtungen Stahlschläger, die starr an einer, sich mit großer Geschwindigkeit drehenden Nabe befestigt sind.

Die Abb. 82 und 83 stellen eine Schlagkreuzmühle dar. Diese Maschine besteht aus einem Gußgehäuse, in welchem sich eine auf der Antriebswelle festgekeilte, und mit 4 bis 6 Hartstahlschlägern versehene Gußscheibe dreht. Die Seitenwände des zylindrischen Gehäuses sind inwendig mit geriffelten, aus sehr hartem Eisen hergestellten, die Mahlfläche bildenden Platten ausgekleidet.

Der innere Teil des zylindrischen Mahlgehäuses wird von einem zweiteiligen, leicht auswechselbaren, halbrunden Rost gebildet. Dieser Rost hat Öffnungen von 0,2 bis 25 mm je nach der gewünschten Feinheit des Mahlgutes. Die Rohstoffe werden durch einen, an der Seite der Maschine gelegenen Aufgabetrichter zugeführt.

Die Schlagkreuzmühle wird zum Mahlen von zähen Rohstoffen mittlerer Härte verwendet wie:

Frische Knochen, Hörner, Kork, Leder, Holz, Ton, Salz usw.

Mit dieser Maschine werden überhaupt ausgezeichnete Ergebnisse mit faserigen und leichten Rohstoffen erzielt wie: Baumrinde, altes Tauwerk, Federn.

Die Zahlentafel 21 gibt Auskunft über die Angaben und Leistung für verschiedene Rohstoffe, die von der Crater-Mühle (gebaut von L. Mora, Maschinenbauer in Courbevoie) gemahlen worden sind:

## II. Desintegratoren mit Schlagbolzen.

In diesen Maschinen vollzieht sich der Mahlvorgang zwischen mehreren Schlagbolzenreihen, die sich im entgegengesetzten Sinne drehen.

Wir teilen sie in zwei Hauptgruppen ein:

Die erste Gruppe hat Bolzen, deren Enden an einem Stahlring befestigt sind und so eine Art Körbe bilden, die sich einer zwischen dem andern drehen. Das Muster dieser Maschinengruppe ist die Carr-Mühle.

Die zweite Gruppe hat

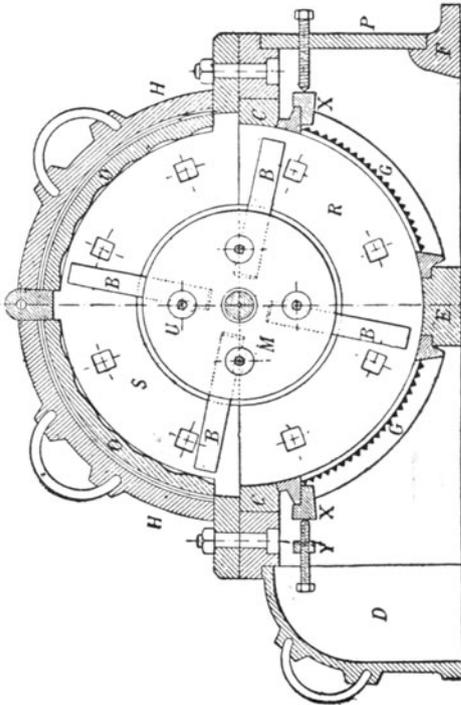
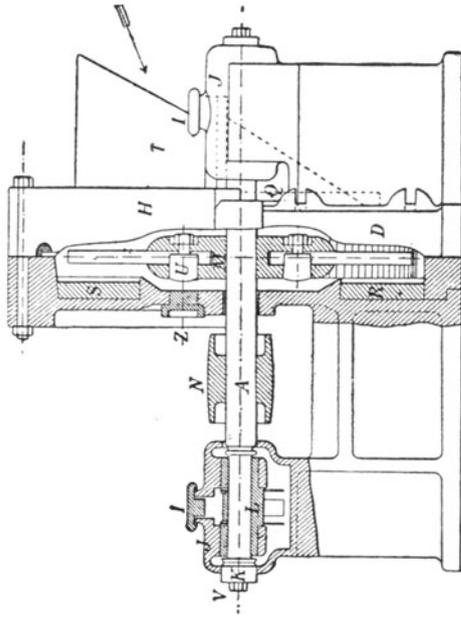


Abb. 82 und 83. Schlagkreuzmühle „Crater“, Bauart Mora.

Zahlentafel 21. Crater-Mühle. Maße, Gewichte und Leistung.

Modell Nr.		0	00	1½	2½	3½
Durchmesser des Mahlraumes . . . . .	mm	300	430	560	760	990
Umdrehungen in der Minute . . . . .		5000	4000	3300	2500	1700
Aufgabeöffnung . . . . .	mm	60 × 65	150 × 125	150 × 150	210 × 160	240 × 175
Platzbedarf im Grundriß {	Länge . . . . .	712	765	940	1195	1600
	Breite . . . . .	460	610	815	914	1113
Gewicht . . . . .	kg	200	300	500	950	1800
Kraftverbrauch . . . . .	HP	2-3	3-4	5-6	8-10	10-15

Stündliche Leistung in Kilogramm		0	00	1½	2½	3½
Asbest . . . . .	12	40	50	60	75	125
Cichorie . . . . .	1,5	75	110	250	260	450
Eichenrinde . . . . .	6	200	300	375	650	1100
Gerste . . . . .	0,8	125	190	250	450	750
Getreide . . . . .	0,8	125	200	250	450	750
Gips, roh . . . . .	6-3	1750-875	2600-1250	3500-1750	6000-3000	10000-5250
Gips, gebrannt . . . . .	0,8-0,4	300-210	450-300	600-425	1000-750	1800-250
Glimmer . . . . .	0,4	16	25	40	60	100
Hölzer: Campeche, Sandel, Zeder . . . . .	0,4-0,8-1,5	20-12-60	25-25-100	40-35-125	75-50-200	100-75-350
Holzkohle . . . . .	0,8-0,4	200-150	300-225	400-300	710-500	1200-900
Hopfen . . . . .	0,4	125	200	250	450	750
Kalk . . . . .	0,4	350	500	700	1250	2000
Koks . . . . .	3-0,8	750-325	1100-500	1500-650	2600-1150	4500-2000
Knochen, roh . . . . .	3-12	175-375	275-550	350-750	600-1330	1000-2250
Knochen, entleimt . . . . .	0,8	50	100	125	225	350

Zahlentafel 21. (Fortsetzung).

Stündliche Leistung in Kilogramm		Modell Nr.				
Rohstoff	Rostweite mm	0	00	1½	2½	3½
Kork . . . . .	0,8	10	19	22	00L	50
Kupfervitriol . . . . .	0,4	200	300	400	98	1200
Lumpen . . . . .	18	25	40	50	100	150
Mais . . . . .	0,8	225	350	450	800	1350
Marmor . . . . .	6—0,8	600—250	900—375	1200—500	2000—875	3600—1500
Ocker . . . . .	0,4	100	150	190	350	500
Ölkuchen . . . . .	0,8—0,4	200—50	350—75	425—100	750—175	1250—300
Papiermaché . . . . .	35	50	75	125	200	350
Phosphat, roh . . . . .	0,8—0,4	375—250	550—375	750—500	1250—850	2250—1500
Phosphat, kalzinert . . . . .	0,8—0,4	225—150	350—225	450—300	800—500	1350—900
Quarz, goldhaltig . . . . .	0,4	500	750	1000	1750	3000
Sand (Gießerei) . . . . .	0,8	350	550	750	1250	2250
Schiefer . . . . .	0,4	200	300	375	650	1100
Schwefel . . . . .	3	375	550	750	1300	2250
Schwerspat . . . . .	3—0,4	375—200	550—325	1000—425	1750—750	2300—1250
Seife . . . . .	1,5	375	550	750	1250	2250
Steinkohle . . . . .	12—0,4	450—250	675—375	900—500	1600—900	2700—1500
Steinsalz . . . . .	1,5	750	1100	1500	2500	4500
Stroh . . . . .	1,5	25	40	50	100	150
Ton, gebrannt . . . . .	1,5	375	550	750	1300	2250
Teerückstände . . . . .	3	200	300	375	600	1100
Ziegelstein . . . . .	3	750	1100	1500	2500	4500
Zucker . . . . .	0,4—0,8	200—375	300—550	375—750	650—1300	1160—2250

viel kürzere Schalgbolzen oder Stifte, welche freitragend auf einander gegenüberstehenden Scheiben befestigt sind. Von diesen steht im allgemeinen die eine fest, während die andere sich dreht.

Der Desintegrator „Carr“ besteht aus zwei oder mehreren Körben, die in eine Blechhülle eingebaut sind. Jeder Korb besteht aus zwei Scheiben, die unter sich durch Stahlbolzen verbunden sind und auf diese Weise eine Trommel mit Stahlquerstäben bilden.

Die eine Trommel liegt in dem Zwischenraum, der zwischen den beiden gegenüberliegenden Bolzenreihen gebildet wird und ihn einschließt. Die Körbe laufen mit großer Geschwindigkeit im entgegengesetzten Sinne.

Die Rohstoffe werden in der Mitte aufgegeben. Ein feststehender starker Dorn oder Stahlvierkantstück, das im Innern der Mühle befestigt ist, verhindert, daß die großen Stücke an der Drehbewegung des Korbes teilnehmen, veranlaßt dieselben zur Zerkleinerung und zwingt sie unter der Wirkung der Zentrifugalkraft durch die Bolzen des ersten Korbes hindurchzugehen.

Sie werden nun von dem zweiten Korb erfaßt, der sie heftig in entgegengesetzter Richtung zurückwirft. Dieses Spiel setzt sich fort bis zum Austritt aus dem letzten Korb. Das Mahlgut wird durch die nacheinander erfolgenden Schläge der Schlagbolzen zerkleinert, sowie durch die Reibung der Teilchen unter sich im Verlauf des zurückgelegten Zickzackweges.

Der Antrieb erfolgt durch zwei Riemenscheiben, die entweder auf derselben Seite oder auf beiden Seiten des Mahlkorb liegen. Im ersten Fall ist die eine der beiden Antriebswellen hohl und die andere dreht sich im Innern der ersten im entgegengesetzten Sinne. Diese Anordnung erleichtert den Zugang, aber ist nur für kleine Maschinen anwendbar. Bisweilen wird auch der eine Korb feststehend und der andere drehbar angeordnet, dann ist nur eine Antriebsscheibe erforderlich. Im zweiten Falle ist jeder Korb am Wellenende der beiden Antriebsachsen festgekeilt, welche von zwei Reitstöcken getragen werden. Von diesen ist der eine auf der Fundamentplatte befestigt, während der andere auf eine Gleitbahn montiert und durch ein Handrad mit Schraubenspindel bewegt, die beiden Mahlkörbe verschiebt, um die mahlen den Maschinenteile nachsehen zu können.

Die Abb. 84 zeigt eine ähnliche Maschine, die von Paul Durand in Chalon-sur-Saône gebaut wird.

Die äußere Trommel kann bis 2000 mm Durchmesser erhalten und diese mit 3, 4 oder 6 Körben versehen sein, je nachdem das Mahlgut mehr oder weniger oft der Schlägertätigkeit unterzogen werden soll.

Das erhaltene Mahlgut hat dann Grießfeinheit und wird im Innern

des Blechgehäuses aufgefangen und durch eine Austrittsöffnung entleert.

Um die Staubbelastigung zu verhindern, ist es vorteilhaft, die Maschine an eine Entstaubungsanlage anzuschließen.

Die Carr-Mühle eignet sich vorzüglich zur Vermahlung von halbharten, trockenen oder nur ganz wenig feuchten Rohstoffen zu Grieß wie: Kohle, Koks, Knochen, Salz, Superphosphat, Ton, Kalk, Gips, Schiefer, Asphalt usw. Das Aufgabegut kann in Stückgrößen, die von 50 bis 100 mm wechseln, aufgegeben und auf ein grobes Mehl gemahlen werden (bis 5 oder 8 mm je nach Anzahl der Körbe und der Umlaufgeschwindigkeit der Maschine).

Mit geringer Geschwindigkeit laufend dient die „Carr“-Mühle vorzüglich als Mischmaschine. In diesem Sinne wird sie viel verwendet

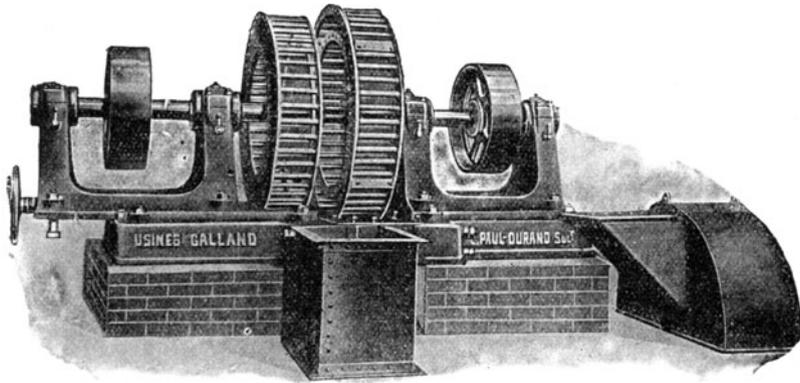


Abb. 84. „Carr“-Mühle mit auseinandergerückten Mahlkörben.

zum Lüften und Mischen des Formsandes, zum Trennen und gleichzeitigen Mischen von Kohle und Teer in den Steinfabriken usw.

Die meisten Fabrikanten stellen die „Carr“-Mühle als Zerkleinerungsmaschine her. Die Patente sind schon längst verfallen. Die umstehende Zahlentafel 22 bezieht sich auf eine gängige Bauart.

Bei der Vermahlung von Kohle leistet eine „Carr“-Mühle Nr. 6 von Dalbouze, Brachet & Cie. 50 bis 60 t in der Stunde mit einem Kraftverbrauch von 50 bis 60 HP.

Diese Maschinen können auch zum Vermahlen von trockenen Körnern dienen, wie: Getreide, Gerste, Reis, Mais, Hafer usw.

Es besteht aber noch eine zweite Bauart der Mühlen mit Schlagbolzen, bei welchen die Schlagbolzen nur kurz und an zwei gegenüberstehenden Scheiben befestigt sind, von denen sich die eine dreht und die andere feststeht. Diese Maschinen sind bekannt unter dem Namen:

Zahlentafel 22. Maße, Gewichte und Leistung der Schleudermühlen von G. Polysius, Dessau.

Modell Nr.	1	2	3	4	5	6
Durchmesser des inneren Korbes . . mm	650	800	1000	1200	1400	1600
Höchste Umdrehungen i. d. Min. . . . .	800	700	600	500	400	300
Riemenscheiben-Abmessungen . . . mm	275 × 125	325 × 150	375 × 200	425 × 250	475 × 300	525 × 350
(Länge „	2300	2600	3000	3500	4100	4800
Raumbedarf (Breite „	1400	1700	2000	2300	2600	2900
(Höhe „	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Ungefäher Kraftbedarf . . . . . HP	5	7	10	15	21	27
Gewicht der Maschine						
Mit 4 Körben . . kg	1100	1700	2800	4000	5300	6700
Mit 6 Körben . . „	—	2100	3300	4600	6000	7500
Ungefähre Leistungsfähigkeit in der Stunde bei halbhartem Aufgabegut . . . kg	1000	2000	4000	7500	12500	19000

Dismembratoren, „Universal“-Mühle, „Perplex“- , „Torplex“- , „Progreß“-Mühlen, usw.

Die Abb. 85 zeigt eine dieser Maschinen. Die drehende Scheibe ist freitragend in einem gußeisernen Mahlgehäuse befestigt. Die feste Mahlfläche ist an einer mit Scharnieren versehenen Tür angebracht, die den leichten Zugang zum Innern der Mühle gestattet. Eine Schüttelaufgabe ist am oberen Teil der Maschine unter dem Aufgabetrichter befestigt. Die Aufgabe des Mahlgutes findet in der Mitte der feststehenden Mahlscheibe statt. Die Schlagstifte sind bei diesen Mühlen viel stärker und niedriger als bei den „Carr“-Mühlen. Es kann daher eine feinere Mahlung mit dieser Mühle erzielt werden.

Die bewegliche Scheibe trägt eine Reihe Schlagnasen, die sich in den Zwischenräumen zwischen den auf der festen Scheibe angebrachten Zahnreihen mit winkelförmigem Querschnitt bewegen.

Die Feinmahlmühle der Memag hat eine besondere Anordnung der feststehenden Zähne.

Diese Zähne von eigenartigem Querschnitt sind besonders befestigt, so daß sie um ihre Achse gedreht werden können und auf diese Weise in zulässigen Grenzen die Mahlbreite im Zwischenraum zu verändern gestatten, um dadurch dem Mahlgut verschiedene Feinheitsgrade zu geben. Die Einstellung der Zwischenraumbreite zwischen den Schlagnasen und den Zähnen vollzieht sich sehr einfach mit Hilfe eines Handrades, das auf der Außenseite des Deckels angebracht ist, ohne den Deckel öffnen zu müssen.

Die Schlagnasen sind in zwei Kreisen angeordnet und in einem ge-

wissen Winkel an einer, sich um die Maschinenachse drehenden Mahlscheibe befestigt. Daraus ergibt sich, daß der Zwischenraum bei der inneren Zahnreihe, die zum Vorbrechen dient, immer größer sein wird als derjenige des äußeren Schleuderkreises, der für die Feinmahlung vorgesehen ist.

Die inneren Seiten der Brechzähne sind mit mehreren scharfen Ansätzen versehen, um einen geeigneten Schleuderkreis zu erzeugen und eine vollkommene Zerkleinerung des Mahlgutes zu sichern.

Mit dieser Bauart kann man leicht und im Augenblick die Mühle für eine gewünschte Mahlfeinheit und für ein gewisses Mahlgut einstellen. Ein leicht herausnehmbares, auf einem Gußrahmen befestigtes Rundsieb hält noch nicht genügend fein gemahlene Gut zur weiteren Zerkleinerung zurück und sorgt für eine gleichmäßige Mehlfeinheit. Die Siebe sind aus gelochtem Stahlblech hergestellt, die mit Lochungen bis zu 0,25 mm versehen werden können.

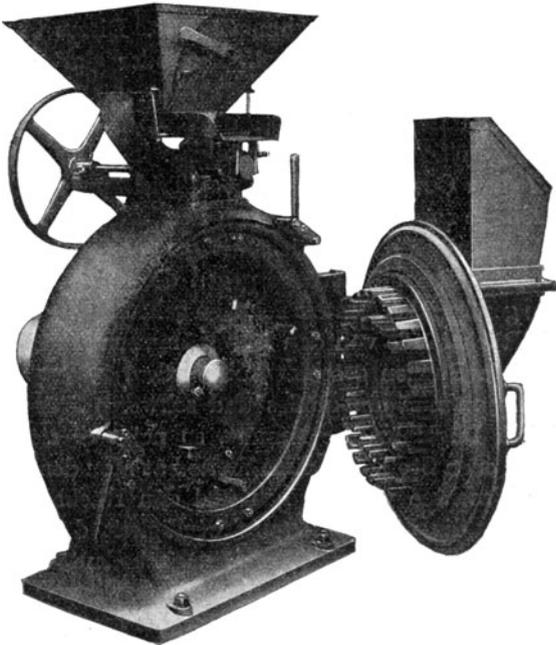


Abb. 85. Mühle mit Schlagnasen.

Jeder Brechzahn ist im Falle eines Verschleißes oder Schadhafwerdens einzeln auswechselbar.

Die Memag-Idealmühle wird in 4 Größen ausgeführt, die 3 bis 15 HP Kraft verbrauchen, 400 bis 1050 kg wiegen und sich mit einer abnehmenden Geschwindigkeit von 3500 bis 2000 Umdrehungen in der Minute drehen.

Sie findet Verwendung beim Vorzerkleinern und bei der Vermahlung von trockenen, weichen und halbharten Rohstoffen wie: Ton, Asphalt, Kaffee, Kohlen, Kalk, Cichorie, Koks, Hörner, Farben, Kreide, organische Abfälle, Baumrinde, Körner aller Art, Kaolin, Nüsse, Ocker, Knochen, chemische Erzeugnisse, Salz, Sulfat, Ölkuchen usw.

### III. Hammer- und Schlägermühlen.

#### A. Schlagbügelmühlen.

Auf einer Welle, die in zwei Lagern mit langer Tragfläche läuft, sind zwei Scheiben aufgekeilt, zwischen denen Hämmer beweglich angelenkt sind. Diese Hämmer sind in geeigneter U-Form ausgebildet und können sich um ihre, durch die beiden, sich drehenden Scheiben gehende Achse bewegen-

Die ganze Vorrichtung dreht sich in einem Mahlgehäuse, das gleichzeitig den Maschinenrahmen bildet. Dieses Gehäuse ist sehr geräumig und ist inwendig mit geriffelten oder glatten Harteisenplatten ausgekleidet (Abb. 86).

Der untere Teil ist oft als Rost aus leicht herausnehmbaren keilförmigen Stahlstäben ausgebildet. Die Rohstoffe werden durch einen auf dem Oberteil angebrachten Trichter in Stücken von verschiedener Größe je nach der natürlichen Beschaffenheit der Rohstoffe aufgegeben. Die Hämmer drehen sich mit großer Geschwindigkeit und werfen die zu zerkleinernden Stücke gegen die verkleideten Wände der Maschine. Die genügend gefeinten Teilchen gehen durch den unteren Rost, während die Rückstände von den Bügelhämmern ergriffen und von neuem gegen die Wandungen geschleudert werden.

Wenn nun ein großes und schweres Stück über einen der beweglichen Bügelhämmer kommt, so neigt er sich im Verhältnis zu dem erhaltenen Stoß. Auf diese Weise hat man den Vorteil, einer Verstopfung der Maschine vorzubeugen und den Rückschlag auszunützen. In der Tat ist die Rückschlaggeschwindigkeit des Hammers unter der Einwirkung der Zentrifugalkraft ganz bedeutend und bringt eine vorteilhafte Wirkung auf die Schleuderbewegung gegen die Mahlgutteile, die ihm in den Weg kommen, hervor.

Es gibt verschiedene Sorten Bügelmühlen, aber wir werden nur die bekanntesten darunter anführen:

a) Die „Mora“-Mühle ist eine sogenannte Schlägermühle und wird verwendet zum Mahlen von trockenen und brüchigen Rohstoffen wie: Schwerspat, Ziegelbrocken, Kalkstein, Kohle, gebrannten Kalk, Zement, Gips, Marmor, Phosphat, Schlacken, Glas, usw.

Bei diesen Maschinen verwendet man eine besondere Ausführung der Verschleißplatten, die die Zerkleinerungsarbeit der Hämmer unterstützen. Von dieser Mühle wird nur eine einzige Größe in leichter und verstärkter Ausführung gebaut. Diese läuft mit 900 Umdrehungen in der Minute, mahlt 3000 bis 5000 kg in der Stunde bei 6 bis 10 HP Kraftverbrauch. Die Einwurfföffnung ist  $150 \times 200$  mm, und im Grundriß braucht diese Maschine  $1300 \times 1500$  mm Platz.

b) Die „Cléro“ und „Goliath“-Mühlen der Aktiengesellschaft „Cléro“-Mühlen. Bei der ersteren werden Bügelhämmer aus Quadrateisen eingebaut, die die ganze Breite des Mahlgehäuses einnehmen. Sie finden Verwendung in den Fabriken für feuerfeste, keramische und chemische Erzeugnisse, Terrazzo, Glashütten, Gipsfabriken, usw. und im allgemeinen zum Vermahlen von allen trockenen und halbharten Rohstoffen.

In der unten stehenden Zahlen-

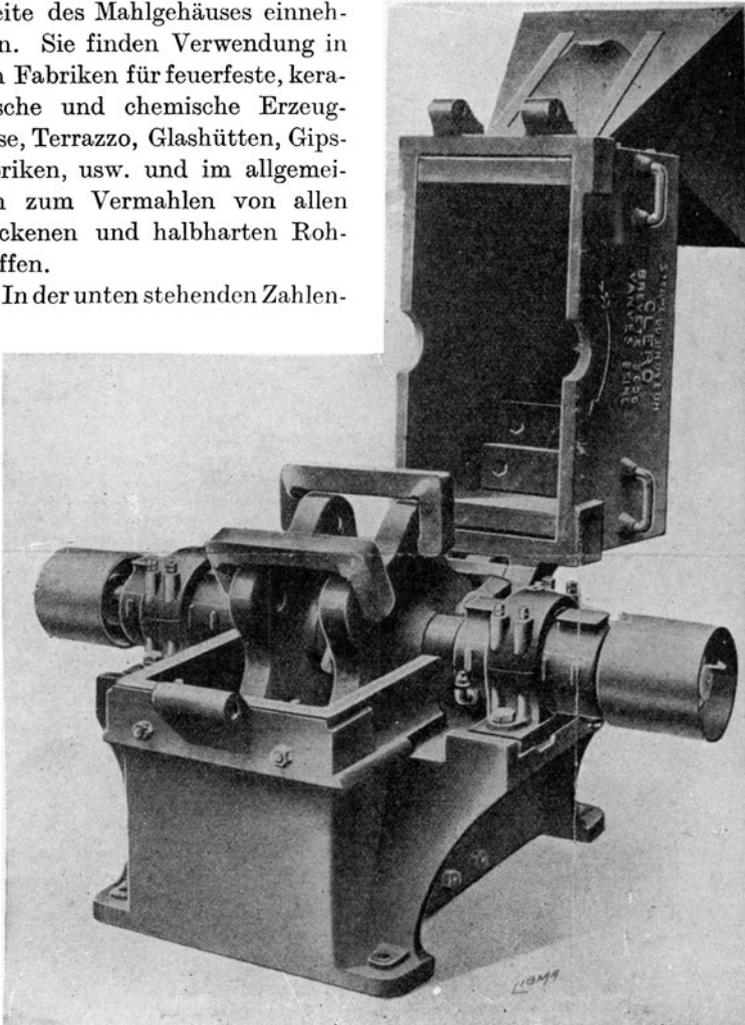


Abb. 86. Bügelmühle „Cléro“, Modell 1919.

tafel 23 sind die Maße, Gewichte und Leistungen der 5 Handelsgrößen dieser Mühlen angegeben.

Die Leistungsfähigkeit wechselt in weiten Grenzen je nach der physikalischen Eigenschaft des Mahlgutes und der gewünschten Fein-

heit. Wir machen nachstehend Angaben über die Mahlergebnisse einer Cléro-Mühle Nr. 1 bei der Vermahlung der verschiedenen Rohstoffe.

Backsteinbrocken (Mehl) . . . . .	1500 kg
Backsteinbrocken (Grieß) . . . . .	2200 „
Gips (Baugips) . . . . .	2600 „
Gips (feingemahlener) . . . . .	1600 „
Gips (Formgips) . . . . .	800 „
Kalk, gebrannt (Mehl) . . . . .	1200 „
Kalk (Kalksteine) „ . . . . .	1800 „
Kaolin „ . . . . .	1500 „
Kieselgur „ . . . . .	600 „
Knochen „ . . . . .	500 „
Kohle „ . . . . .	1600 „
Kupfervitriol „ . . . . .	1000 „
Schwerspat „ . . . . .	1200 „
Ton, getrocknet „ . . . . .	1300 „
Ton, getrocknet (Grieß) . . . . .	1800 „

Zahlentafel 23. Maße, Gewichte und Leistungsfähigkeit der Cléro-Mühlen.

Modell Nr.	00	0	1	2	3	
Aufgabeöffnung . . . . . mm	120 × 220	100 × 200	120 × 220	180 × 300	250 × 400	
Umdrehungen i. d. Min. . . . .	1600	1200	1000	900	800	
Abmessungen der Riemen- scheiben . . . . . mm	165 × 100	170 × 150	170 × 150	265 × 200	315 × 200	
Raumbedarf {	Länge . . . . . „	600	620	730	900	1150
	Breite . . . . . „	800	800	1150	1450	1800
	Höhe . . . . . „	700	925	1000	1200	1270
Ungefähres Gewicht . . . . . kg	300	600	800	1500	2500	
Kraftverbrauch . . . . . HP	3—5	4—5	7—8	15—16	30—35	
Stundenleistung . . . . . kg	1500—2000	500—800	1000—3000	3500—8000	8000—15000	

Die „Goliath“-Mühle ist von gleicher Bauart und besitzt besonders geformte Stahlguß-Bügelhämmer, welche sich in einem mit Stahlplatten ausgekleideten Mahlgehäuse drehen. Sie wird hauptsächlich für die Vermahlung von harten und halbharten Rohstoffen vorgesehen. Man kann sie verwenden zur Herstellung von Ballast, Schotter, Steinschlag für Beton, Rohstoffen für feuerfeste Erzeugnisse, Kohlenzerkleinerung, usw.

Die „Goliath“-Mühle kann mit langen Hämmern und ohne Rost wie ein Backenbrecher arbeiten.

Als Granulator mit kurzen Hämmern und Rosten mit passenden Lochungen.

Als Feinmühle mit geschlossenem Mahlraum und Windsichtung.

Eine „Goliath“-Mühle Nr. 2 von 2500 kg Gewicht hat beim Brechen von Kieselsteinen, so wie sie gefunden werden, von 20 bis 100 mm Größe ein Brechgut ergeben von

20% Sand von 0 bis 5 mm,  
 60% Gemisch von 5 bis 25 mm,  
 20% Ballast von 25 bis 40 mm.

Die mittlere Abnützung ist 1 Hammer für 100 t Brechgut.  
 Der erforderliche Kraftverbrauch 15 bis 17 HP.

## B. Schlägermühlen.

Auf einer mit großer Geschwindigkeit sich drehenden Welle sind eine Reihe von Stahlscheiben in gleichmäßigen Zwischenräumen auf-gekeilt. Diese Stahlscheiben sind mit konzentrischen Lochreihen versehen. Zwischen zwei benachbarten Scheiben sind mehrere Stahlschläger an Bolzen beweglich, welche in regelmäßigen Abständen durch die Scheiben hindurchgehen, befestigt. Der Rotor besteht aus der Welle, den Stahlscheiben und den Stahlschlägern und dreht sich im Innern des mit geeignet geformten Mahlplatten ausgekleideten Mahlraumes. Häufig ist dieser Mahlraum in seinem unteren Teil mit einem Stabrost oder mit gelochten Blechen für den Austritt des Mahlgutes versehen.

Bei dieser Brecherart ist das Gewicht der Schläger allgemein sehr gering. Die lebendige Stoßkraft wird ausgedrückt durch die Formel:

$$P = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 .$$

Man hat also die Masse  $m$  auf ein Minimum verkleinert und dafür die Geschwindigkeit  $v$  so sehr als möglich vergrößert. So wiegt bei einer Kennedy-Mühle jeder Schläger ungefähr 12 kg. Die Umfangsgeschwindigkeit der Schläger beträgt 2800 m in der Minute, also fast 47 m in der Sekunde. Auf diese Weise gehen 120 Schläger in jeder Sekunde an einem gegebenen Punkte des Mühlenumfangs vorbei.

Die Schläger werden aus teurem und schwer zu bearbeitendem Sonderstahl angefertigt. Außerdem verbindet man mit der Vereinfachung ihrer Form ein leichtes Gewicht und eine vollständige Abnützung, bevor man sie außer Betrieb setzt.

Es gibt eine Menge Hammermühlenbauarten, deren Maschinenteile je nach der Herkunft wechseln. Wir werden davon einige der bekanntesten Ausführungen betrachten.

### 1. Weidknecht-Mühle.

Die Abb. 87 zeigt den Grundgedanken der Weidknecht-Mühle. Diese Maschine, eine in Frankreich sehr verbreitete Ausführung, besteht aus einer Anzahl Chromstahlschlägern, die ringsum an auf die Welle aufgekeilte Scheiben beweglich befestigt sind. Die Welle

läuft auf Rollen- und Kugelspurlagern mit großer Umfangsgeschwindigkeit. Ein Gegenstoßbalken aus gehärtetem Stahl, mit einer Verschleißplatte versehen, ist unter dem Einwurftrichter angebracht und hat die Hauptkraftäußerung der Brechwirkung auszuhalten. Ein auswechselbarer, aus Stahlgußstäben bestehender Rost umgibt den Mahlraum. Den Maschinenrahmen bildet ein dichtes Gehäuse, und wegnnehmbare Türen erleichtern den Zugang zum Innern der Mühle.

Die Weidknecht-Mühle ist eine sehr stark gebaute Maschine, die in Steinbrüchen und Bergwerken zur Herstellung von Sand und Grieß

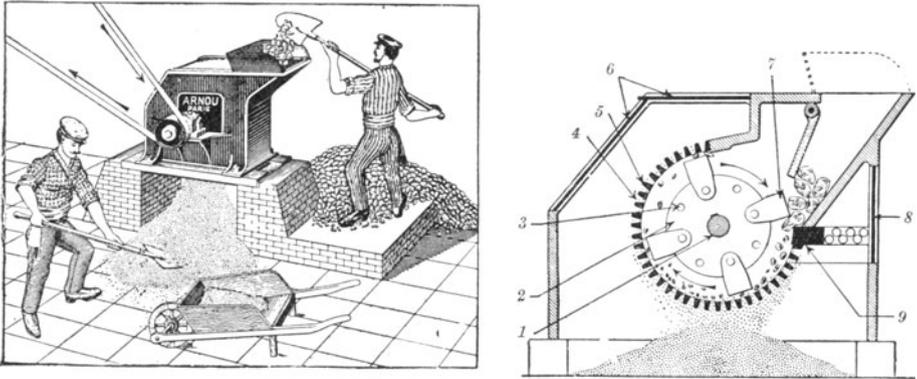


Abb.87. Schlägermühle Bauart Weidknecht.

1 Rollenlager mit Kugeltützlager. 2 Seitlich abziehbare Stahlscheiben. 3 Anordnung der Löcher für die Hammerbewegung und Einstellung bei Abnützung. 4 Auswechselbarer Rost. 5 Roststäbe aus geschmiedetem Werkzeugstahl. 6 Schautür. 7 Hammer aus sehr hartem und gehärtetem Chromstahl, der an einen schnell auswechselbaren Bolzen angelenkt ist. 8 Tür zur Einstellung des Gegenstoßbalken. 9 Gegenstoßbalken aus gehärtetem Stahl, der bei Abnützung auswechselbar ist.

verwendet wird; aber auch in Glashütten, Gießereien, chemischen Fabriken, Fabriken für künstlichen Dünger, usw. ist sie im Gebrauch. Im allgemeinen dient sie zum Vermahlen von allen trockenen, harten und halbharten Rohstoffen.

## 2. Die Jeffrey-Mühlen.

(Jeffrey Mfg. Co., Colombus-Ohio.)

Die Abb.88 zeigt einen Schnitt durch eine Jeffrey-Feinmühle, Modell A im Betrieb. Das Brechgut wird durch einen Aufgabetrichter am oberen Teil der Maschine aufgegeben und fällt über eine Brechplatte, wo es von den in schneller Umdrehung befindlichen Hämmern eingezogen wird. Teilweise gemahlen geht das Mahlgut über das als Rost ausgebildete Gehäuse, das die genügend gefeinten Teilchen durch-

gehen läßt, während die Rückstände wieder in die Mühle hineingezogen und einer nochmaligen Zerkleinerung unterworfen werden.

Die obere Brechplatte trägt einen sehr großen Teil zur Zerkleinerungsarbeit des Rohstoffes bei, so daß die Arbeit auf dem Roste nur noch sehr gering ist.

Um harte Rohstoffe wie: Steine, Kalksteine zu mahlen, ist es erforderlich, sie vor der Aufgabe in die Mühlen in Stücke vorzubereiten, die 75 mm nicht überschreiten dürfen. Dagegen können Rohstoffe von weicherer Beschaffenheit, wie bituminöse Kohle, in größeren Stücken aufgegeben werden.

Die beweglichen Hämmer sind aus Manganflachstahl hergestellt und umkehrbar, das heißt, daß an jedem Ende ein Loch vorhanden ist. Nach Verschleiß kann man alle Hämmer umdrehen, also jeder Hammer kann viermal gebraucht werden, bevor er vollständig verbraucht ist.

Es gibt zwei Arten Roste. Für Schlitz- von 3 bis 25 mm werden sie aus Manganstahlstäben von rechteckigem Querschnitt hergestellt, die auf die hohe Kante gestellt und Seite an Seite mit Keilen von bestimmter Dicke je nach Schlitzweite zusammengesetzt werden.

Für die größten Feinheiten erhalten die Querstäbe einen Querschnitt wie Messerklingen und liegen in den Nuten der beiden Segmente aus schmiedbarem Guß, die auf beiden Seiten des Rostes angebracht sind.

Die nachstehende Zahlentafel 24 gibt die Maße, Gewichte und Leistungen der Jeffrey-Mühlen Modell „A“ an.

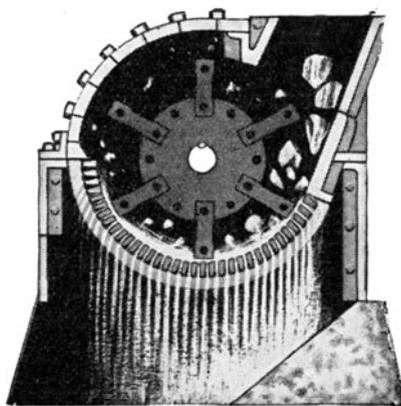


Abb. 88. Feinmühle „Jeffrey“.

Zahlentafel 24. Feinmühle Jeffrey, Modell A.

Modell Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchmesser . . . . . mm	610	610	760	915	915	1070	1070	1070
Breite . . . . . „	305	460	610	610	760	610	915	1220
Kraftverbrauch . . . . . HP	15	25	40	60	75	75	100	110
Gewicht . . . . . kg	1000	1225	2270	3175	3720	4220	4720	7260
Umdrehungen i. d. Min. { von	1200	1200	1100	1000	1000	900	900	800
{ bis	1500	1400	1300	1200	1100	1000	1000	900
Leistung in Stunden:								
Kalkstein bei 3 mm Spaltweite . . . . . t	1-2	2-3	4-5	8-10	12-15	12-15	15-20	—
Kohle von 6 mm Korn auf Staubfeinheit gemahlen t	—	—	20-25	—	50-60	50-60	70-75	90-100

Die Fabrik Jeffrey baut auch eine Maschine, die am Ende des ersten Kapitels bereits beschrieben worden ist. Das ist eine Vereinigung von einem Backenbrecher mit einer Hammermühle Abb. 16 und einem Becherwerk auf ein Fahrgestell aufmontiert. Diese Anordnung wird in Amerika viel verwendet zur Vermahlung von Kalk zur Landdüngung oder zur Herstellung von Kies zur Ausbesserung der Wege.

Kalkstein in der Gestalt von Stücken, so wie er aus dem Bruche kommt mit Abmessungen von höchstens  $125 \times 375$  mm wird von dem Backenbrecher auf Stücke von Ballastgröße (50 bis 150 mm) vorzerkleinert. Am Auslauf des Steinbrechers fällt der Schotter in die Feinmühle mit schwingenden Hämmern, die ihn in ein Mehl mit Griesen vermischt, aufmahlen, von dem 50% durch das Sieb 100 gehen. Das Mehl wird von einem leicht gebauten Becherwerk ergriffen, das es mittels eines sich drehenden Rohres an einen beliebigen Platz ausschüttet.

Wenn man nur Schotter herzustellen wünscht, kann man ihn durch eine bewegliche Zunge unmittelbar am Auslauf des Steinbrechers herauslassen, ohne ihn durch die Feinmühle gehen lassen zu müssen.

Diese Maschinenanordnung ist sehr praktisch, weil durch dieselbe das Schüttgut unmittelbar so, wie es aus dem Bruch kommt, auf die Feinheit der Düngemittel gebracht werden kann.

Sie wird in 4 Größen ausgeführt, die eine entsprechende Leistung von 1000, 2000, 3000 und 6000 kg Kalkmehl in der Stunde haben bei einem Kraftaufwand von 6, 8, 15 und 25 HP. Das Gesamtgewicht der Maschinen schwankt zwischen 1000 bis 4000 kg.

### 3. Pennsylvania-Mühle.

(Pennsylvania Crusher Co., Pittsburg).

Diese Mühle ist mit Rücksicht auf die Vermahlung von bituminöser Kohle besonders gebaut worden. Der Rotor besteht aus einer geschmiedeten Stahlwelle, auf welche eine Anzahl von sehr dünnen Scheiben, durch die der ganzen Länge nach konzentrisch angeordnete Schraubenbolzen hindurchgehen, aufgekeilt sind. Je nach der Größe sind 6 bis 10 Drehbolzen für die Hämmer vorhanden. Die Hämmer selbst bestehen aus einem flachen Kopf aus Werkzeugstahl und sind an dem Drehbolzen beweglich je nach der Größe 5—27 Stück in Reihen angebracht. Der Rotor hat zwischen seinen beiden äußeren Seitenwänden 30 bis 270 Stück bewegliche Hämmer. Die größte Mühle besitzt einen Rotor von 7500 kg Gewicht und macht 750 Umdrehungen in der Minute.

Der Rotor dreht sich in Kugellagern mit selbsttätiger Schmierung und sehr langen Tragflächen. Das Innere des Mahlgehäuses aus Gußstahl trägt den Rost oder das Sieb. Dieses Gehäuse kann selbst während des vollen Betriebes mehr oder weniger dem Rotor genähert werden,

um den Verschleiß der Hämmer auszugleichen und die Mehlfeinheit des Mahlgutes einzustellen.

Das Ganze ist in einen sehr starken Blechkasten eingeschlossen, der gleichzeitig als Maschinenrahmen dient und das Entweichen des Staubes verhindert.

Die Pennsylvania-Hammermühle wird in 13 Größen ausgeführt mit Rotoren von 700 bis 1475 mm Umfang. Sie tragen 30 bis 270 Hämmer und drehen sich mit einer entsprechenden, zwischen 1050 und 750 Umdrehungen in der Minute schwankenden Geschwindigkeit. Das Gesamtgewicht der Maschinen wechselt zwischen 2100 und 20000 kg. Beschickt mit Kohle von mittlerem Härtegrad und Feuchtigkeitsgehalt, sowie auf 38 mm Stückgröße vorgebrochen, leisten die Pennsylvania-Mühlen je nach ihrer Größe 26—285 t Mahlgut, von dem 80% durch das Sieb Nr. 8 (2,5 mm Masche) geht, mit einem Kraftverbrauch, der zwischen 30 bis 340 HP bzw. von 35 bis 400 HP schwankt.

#### 4. „Cyclop“-Mühle von Humboldt.

Diese Mühle besitzt Schläger von verschiedener Länge, so daß gegen die Mitte des Rotors die großen, durch den Aufgabetrichter aufgegebenen Stücke durch die langen Schläger vorgebrochen werden, bevor sie in den Arbeitsbereich der kleineren kommen. Auf diese Weise ist es möglich, sehr große Stücke, ohne besonderes Vorbrechen im Backenbrecher, unmittelbar der „Cyclop“-Mühle zuzuführen.

Eine vorteilhafte Verwendung des teuren Sonderstahles erhält man dadurch, daß die durch den Verschleiß kurz gewordenen, langen Schläger mit in die Reihe der nach den Lagerseiten zu gelegenen, kleineren eingeschaltet werden können, bis sie an den Seiten des Mahlraumes angekommen sind. Folglich sind nur die größten, in dem mittleren Teile liegenden Schläger auszuwechseln.

#### 5. Titan-Mühle.

(Amme, Giese & Konnegen, A.-G., Braunschweig).

Diese Maschine besteht aus zwei zusammengestellten Mahlgehäusen, in denen die beweglichen Hämmer sich im entgegengesetzten Sinne bewegen. Die Abb. 89 zeigt diese Anordnung im Schnitt. Man bemerkt den Zusammenbau der beweglichen Hämmer, die durch Springfedern zusammengezogen werden. Dadurch wird eine große Elastizität gesichert und können Brüche der arbeitenden Teile durch Stoß zu harter Stücke im Mahlgut vermieden werden. Das Brechgut, welches durch eine in der Mitte befindliche Öffnung aufgegeben wird, kann in der Stückgröße von  $500 \times 500$  mm bis  $950 \times 1200$  mm wechseln. Es wird von den Hämmern gegen die Roststäbe und die in der Mitte befindlichen

Zerkleinerungsplatten geworfen. Die Vermahlung findet dann auf den, aus dreikantigen Roststäben bestehenden Rosten ihr Ende. Schautüren am Oberteil des Maschinenrahmens gestatten eine bequeme Überwachung des Mahlraumes.

Die Titanmühle dient zum Granulieren von trockenen, halbharten Rohstoffen wie: Anhydrit, Kalkstein, Karnallit, Kohle, Koks, Gips, Lignit, Steinsalz usw., mit ganz bedeutender Leistungsfähigkeit. Ebenso wechselt je nach Größe und Härte des Mahlgutes die Leistung von 3 bis 140 t in der Stunde an Kies bis 10 mm Korngröße bei einem Kraftbedarf, der von 8 bis 60 HP geht. Die Leistung bei hartem, bis auf 30 mm

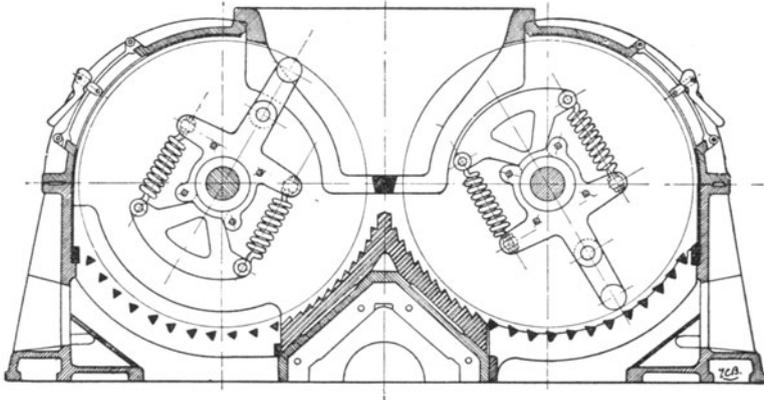


Abb. 89. „Titan“-Mühle.

gebrochenen Kalkstein wechselt zwischen 1,2 und 56 t in der Stunde für dieselbe Maschine. Die kleinste Maschine dieser Bauart wiegt 1200 kg und die größte 18500 kg.

#### 6. Die Williams-Mühle.

(Williams Patent Crusher and Pulverizer Co., New York.)

Diese Fabrik ist schon lange auf den Bau von Hammermühlen eingerichtet, und zwar nach folgenden Grundsätzen:

Mehrere Hammerreihen sind an Scheiben befestigt, die sich im Innern einer angepaßten Umhüllung drehen. Eine Brechplatte, gegen die fast die ganze Mahlwirkung der Mühle arbeitet, ist unter der Einwurfsöffnung befestigt. Ein Entleerungsrost besorgt die mehr oder weniger feine Sortierung des Mahlgutes. Bei dieser patentierten Williams-Mühle können die Längen der Hämmer in bezug auf die Brechplatte und das Sieb mittels einer Anzahl von Löchern eingestellt werden, die so in den Scheiben angebracht sind, daß in dem gewünsch-

ten Punkte der Durchmesser des zylindrischen Mahlraums eingehalten wird. Die Brechplatte wird eingestellt in bezug auf die äußersten Kanten der Hämmer, sodaß zwischen diesen beiden Maschinenteilen beständig ein gewisser gewünschter Abstand erhalten bleibt, um eine gleichmäßige Mahlung und eine größte Leistungsfähigkeit sicherzustellen.

Es gibt eine große Verschiedenheit in der Bauart der Williams-Mühlen je nach dem Verwendungszweck, für den sie bestimmt sind. Wir geben davon eine kurze namentliche Aufzählung und weisen betreffs vieler Maschinenteile auf das Preisbuch dieser Fabrik hin.

a) Williams-Mühle, gängigste Ausführung. Für die Düngerfabrikation (Mahlen von ganzen oder gedämpften Knochen, trockenen Abfällen von

Schlachthäusern und Konservenfabriken); für Nahrungsmittel (Mahlen von verschiedenen Körnerfrüchten, Mais,

Kartoffeln, Ölkuchen, usw.), für die Fabriken für feuerfeste Erzeugnisse (Ton, trockene Erden, Ocker, Kalk, Kohle, Soda, Nitrate, usw.) für Ölmühlen (Ver-

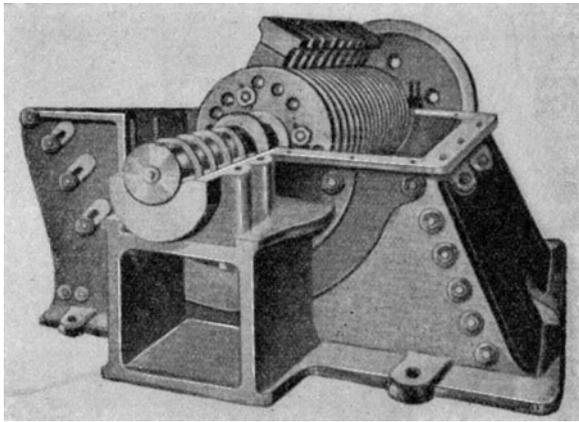


Abb. 90. „Williams“-Mühle.

malen von ölhaltigen Rohstoffen wie Erdnüsse, Kopra, Bohnen, Pfirsichkerne usw.). Mahlen von Ölkuchen, die aus der Hand- oder aus der hydraulischen Presse kommen.

b) Rinden- und Holzmühlen, Bauart Williams. Diese werden zum Ausziehen von Tanninsäure, der Farbstoffe, Terpentin, Harz, Süßholzsafft aus der Rinde und dem geeigneten Holz verwendet.

Zum Mahlen von Holz bei der Herstellung von Papiermasse.

c) Die Williams-Mühle zum Mahlen von Mais und Futter, zum Entfasern und Schroten.

d) Die „Universal“-Mühlen zum Feinmahlen. Die mit Windrichtung arbeitenden Mühlen können eine Mehlfeinheit von 16 bis 40 mesh und mehr erreichen.

Sie dienen zur Vermahlung trockener, halbharter und harter Rohstoffe wie: Kalkstein, Ton, Kohle, Erze, Ziegelbrocken, Gips, Graphit, Kaolin, Metallspäne, Marmor, Phosphate, Elfenbein usw.

e) „Williams“- und „Jumbo“-Brecher. Kräftige Fundamente und Bauart zum Zerkleinern von halbharten Rohstoffen in 32 mm Stückgröße und darunter je nach Bedarf. Diese Maschinen finden Verwendung zum Zerkleinern von Steinkohle, Glasscherben, Kalk, Kalkstein, große Knochen usw. Ganz besonders häufige Verwendung finden sie in den amerikanischen Zementfabriken zum Mahlen von Kalkstein.

f) „Infant“-Mühle, Bauart Williams. Diese ist eine der

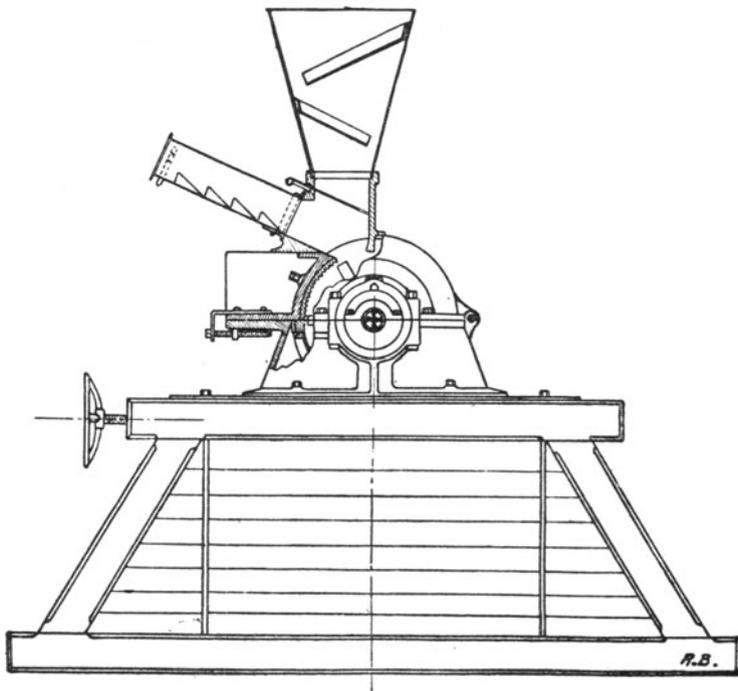


Abb. 91. „Infant“-Mühle auf Holzgerüst.

kleinsten Mahlmühlen, die gebaut werden. Sie dient zum Mahlen, Pulverisieren, Kleinschlagen, Trennen aller Arten von Rohstoffen.

Diese „Infant“-Mühle ist von ganz besonderer Bedeutung für Landwirte, Farmer und Geflügelzüchter als Körner- und Futtermühle. Das ist eine kleine Idealmahlmaschine für kleine Industrieunternehmen und Laboratorien oder zum Ausführen von Versuchen. Viele „Infant“-Mühlen werden zum Kohlenmahlen und für Analysenzwecke verwendet. Die „Infant“-Mühle mahlt bituminöse Kohle bis zu einer Feinheit von 100 mesh. Sie wird gleich oft gebraucht zum Entwerten und Zerreißen von Banknoten, Koupens, Etiketten usw.

Die „Infant“-Mühle ist allgemein von gleicher Bauart, wie die großen „Williams“-Mühlen. Der Zylinder, der aus der Welle, den Scheiben und den Hämmern besteht, dreht sich mit einer Geschwindigkeit von 4000 bis 5000 Umdrehungen in der Minute, und die Zentrifugalkraft erhält die Hämmer in einer vom Mittelpunkt der Welle aus entgegengesetzten Lage. Ein Rost oder Sieb liegt gerade unter dem Mahlzylinder.

Wenn man das Mahlgut ändert, genügt es zur Reinigung der Mühle, Wasser hineinlaufen zu lassen, oder, wenn man vorher trockene Rohstoffe gemahlen hat, Sägespäne. Es genügen 15 bis 20 Minuten, um dann die Mühle zu öffnen und von Grund aus zu reinigen, oder die inneren Teile auszuwechseln oder zu erneuern.

Gesamtgewicht . . . . .	295 kg
Platzverbrauch: Länge . . . . .	1475 mm
„ Breite . . . . .	740 „
„ Höhe . . . . .	1450 „
Umdrehungen in der Minute . . . . .	4500 „
Betriebskraft . . . . .	7,5 bis 15 HP
Einwurftrichterabmessungen . . . . .	95 × 114 mm

Zahlentafel 25. Ungefähre Leistungsfähigkeit der „Infant“-Mühle mit pneumatischem Austrag in der Stunde für verschiedene Rohstoffe. (Die Leistungsfähigkeit schwankt nach dem gewünschten Feinheitsgrad.)

Rohstoff	kg	Rohstoff	kg
Austernschalen . . . . .	113	Papier (Formulare) . . . . .	23
Federn . . . . .	23	Rückstände aus Konservenfabriken ohne pneumatischen Austrag . . . . .	91
Getreide . . . . .	136	Rückstände aus Schlachthäusern ohne pneumatischen Austrag . . . . .	180
Getreide-Abfälle . . . . .	113	Salz (trocken) . . . . .	453
Graphit . . . . .	453	Schokolade . . . . .	227
Gummi arabicum . . . . .	136	Seetang . . . . .	544
Hafer . . . . .	90	Seife . . . . .	453
Harz . . . . .	227	Späne (Metall) . . . . .	80
Holzkohle . . . . .	272	Steinkohle . . . . .	544
Ingwer . . . . .	227	Tabakrippen . . . . .	136
Knochen . . . . .	227	Zucker (trocken) . . . . .	181
Leder . . . . .	27		
Leim . . . . .	91		
Mais . . . . .	180		
Naphtalin . . . . .	227		

Die „Infant“-Mühle wird allgemein mit einem Aufgabetrichter, der aus geneigt stehenden Flächen zusammengesetzt ist, geliefert. Diese Bauart paßt für alle trockenen, sich nicht anhängenden, körnigen Rohstoffe oder auch solche in kleinen Stücken wie: Getreide, Mais, Hafer oder Roggen, Knochen, Kaffee, Steinkohle, Salz, Holzkohle, Austernschalen und festem Leim. Diese Rohstoffe fallen unter der Wirkung des eigenen Gewichtes von selbst in die Maschine. Die schrägen Leisten bilden Hinternisse im Innern des Trichters und verhindern, daß große Rohstoffmengen plötzlich in die Maschine fallen und diese

verstopfen. Die Aufgabe wird übrigens durch einen Rüttelschuh geregelt. Wenn nun aus Zufall ein metallischer Fremdkörper in den Trichter kommt, wird er in den auf der Abbildung sichtbaren, viereckigen Behälter geworfen und dort festgehalten. Diese Vorrichtung vermindert die Bruchgefahr auf ein Minimum. Die Metallklappe bildet den Abschluß eines Behälters, in den die Fremdkörper fallen, aus welchem sie nachher herausgenommen werden können.

Die „Infant“-Mühle wird mit offenem oder mit gezahnten Platten versehenem Aufgabetrichter geliefert, wenn faserige oder sperrige Rohstoffe gemahlen werden sollen, wie: Heu, Maisstengel, Zuckerrohr, Rinde, Leder und andere ähnliche Rohstoffe.

Ähnliche Mühlen, welche mit Rundsieben versehen sind, benutzt man zum Vermahlen solcher Rohstoffe mit Vorteil in der Weise, daß man das Rundsieb entfernt und das Mahlgut erst vorbricht. Dann setzt man das Rundsieb wieder ein und läßt das vorgebrochene Gut ein zweites Mal durch die Mühle gehen. Auf diese Weise erhält man ein feineres Mahlgut und eine größere Leistung.

Die „Infant“-Mühle wird mit einer Schneckenaufgabe geliefert für klumpige Rohstoffe, welche die Neigung haben sich anzuhängen oder sich zu ballen. Man kann zu dieser Sorte rechnen: Seife, Kartoffeln, Zwiebeln, Wachs, Fleisch, Ölkuchenstücke und andere Körper, die ähnliche Eigenschaften besitzen. Die Schneckenaufgabe speist die Maschine selbsttätig und regelmäßig und verhindert jede Überspeisung.

Die Luftentleerung Williams liefert ein wirtschaftliches Verfahren zur Behandlung des fertigen Mehles am Auslauf der vorher beschriebenen Maschinen. Die „Infant“-Mühle kann mit Windförderung für die meisten trockenen Rohstoffe mit geringem spezifischen Gewicht eingerichtet werden wie für: Getreide, Rinde, Körner, Sägespäne, Papier und Seife in Staubform.

Ein Ventilator und ein Schwungrad sind zusammen auf der Mühlenwelle befestigt. Der Ventilator zieht das Mehl durch ein Rohr unter der Mühle an und schleudert es durch ein anderes Rohr, das am Obertheil des Ventilators angebracht ist und in einem Sammelbehälter endigt. Aus diesem Sammelbehälter, der auf dem Dach oder in einem höher gelegenen Stockwerk aufgestellt ist, wird das fertige Mehl durch das Eigengewicht an irgendeiner gewünschten Stelle abgelagert. Wenn man eine staubfreie Anlage haben will, wird die Einrichtung mit einer Rückluftleitung versehen.

Die Luftentleerung vergrößert die Leistungsfähigkeit um 20 bis 25%. Diese Vorrichtung arbeitet selbsttätig, denn der Ventilator, welcher der einzige bewegte Maschinenteil ist, ist mit der Hauptwelle fest verbunden. Diese dreht sich aber mit der Mühle und erfordert nur eine ganz kleine Erhöhung des Kraftbedarfes.

### C. Große Hammermühle mit beweglichen Hämmern.

Im Verlauf der kurzen Durchsicht, welcher wir die verschiedenen Hammermühlenarten unterzogen haben, haben wir die Verwendung der größten unter diesen Maschinen zur Zerkleinerung von halbhartem Gestein angedeutet, wie zum Beispiel Kohle, sowie sie aus der Grube kommt, Kalksteine von mittlerer Härte usw. Die „Jumbo“- und „Williams“-Mühlen sind seit einigen Jahren ganz besonders in den Steinbrüchen mehrerer großer amerikanischer Zementfabriken als Nachbrecher verwendet worden. Beschiebt mit Stückgrößen von 250 bis 350 mm wie sie aus den Backen- und Rundvorbrechern kommen, zerkleinern sie dieselben bei einem Durchgang auf 25 oder 35 mm Korngröße bei einer ganz bedeutenden Leistung von 100 bis 200 t in der Stunde. Ein „Mammut“-Brecher von Williams ist fähig, Blöcke von 900 mm aufzunehmen und auf 250 mm zu zerkleinern und somit den Dienst eines Vorbrechers zu verrichten.

In Deutschland hat die Titanmühle in einer gewissen Anzahl als Vorbrecher für weichen und halbharten Kalkstein in den Zementfabriken Eingang gefunden und ist von einer Reihe von bekannten

Fabriken, wie Krupp Grusonwerk, Magdeburg; Amme, Giese und Konengen, Braunschweig; G. Polysius, Dessau usw. mehrfach in ähnlicher Bauart ausgeführt worden.

In der Abb. 92 geben wir einen Schnitt von der „Mogul“-Mühle (Dixie Machinery Mfg. Co, Saint-Louis, U. S. A.). Diese Maschine ist von äußerst starker Bauart. Die Hämmer können auf eine große Länge abgebraucht werden, ehe man sie auszuwechseln genötigt ist. Einige Maße werden uns eine Ahnung von der überaus kräftigen Bauart dieser Maschinen geben:

Die Hauptwelle hat in der Mitte einen Durchmesser von 288 mm und in den Lagern 200 mm. Die Lager haben eine Lauffläche von 507 mm Länge.

Die nachfolgende Zahlentafel 26 gibt die Hauptmaße und die Leistungsfähigkeit der Mühlen an, die Kalksteine auf verschiedene Feinheiten zerkleinern.

Zetbrecher (G. Polysius, Dessau). Diese Maschine ist von ähn-

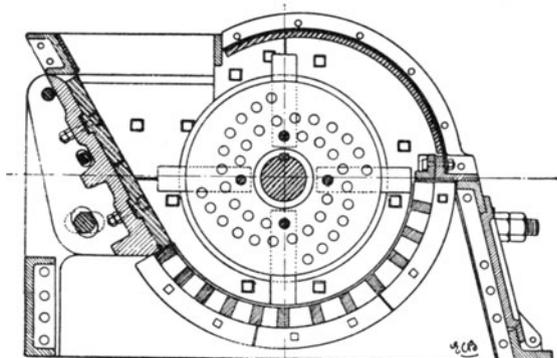


Abb. 92. „Mogul“-Becher.

Zahlentafel 26. Hammermühle „Mogul“.

Modell Nr.	24	30	40	50	60	70
Abmessungen des Aufgabetrichters mm	610	760	1016	1270	1524	1780
Größte Abmessungen der Stücke. „	610	610	610	610	610	610
Ungefähre Leistungsfähigkeit in t/Std.	250	300	300	300	300	300
Ungefähre Leistungsfähigkeit in t/Std.	37 t . . . . .	125	150	200	250	300
	25 t . . . . .	100	125	150	200	250
	19 t . . . . .	75	100	125	150	200
Umdrehungen i. d. Min. . . . .	650—720					
Ungefähr erforderliche Kraft. . . . . HP	90	120	150	175	200	250
Gewicht der Maschine . . . . . t	13	15	17	19,5	21,8	24
Platzbedarf in m	Länge . . . . . m	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	Breite . . . . . m	3,15	3,50	3,65	3,95	4,20
	Höhe . . . . . m	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75

licher Bauart, wie die die vorher beschriebenen. Auf einer sich drehenden Hauptwelle sind 48 beweglich angelenkte Schläger befestigt,

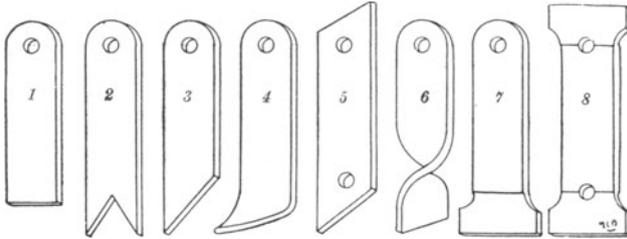


Abb. 93. Verschiedene Hammerformen.

die gegen einen Rost arbeiten. Sie werden in verschiedenen Größen ausgeführt, von denen die größte einen Durchmesser von 2000 mm bei einer Breite von 2500 mm besitzt. Dieser Zetbrecher kann Rohkalkstücke bis 1000 mm Kantenlänge aufnehmen und in einem Durchgang bis auf 25 mm Korngröße zerkleinern.

Bei einem Kraftverbrauch von etwa 350 HP leistet diese Maschinengröße etwa 360 Tonnen/Stunden gebrochenen, harten Kalkstein zur Zementherstellung und hat ein Gesamtgewicht von etwa 80000 kg. Das ist wohl die größte Maschine dieser Bauart, die bisher für die Hartzerkleinerung ausgeführt worden ist.

Die Schlagmühlen erhalten verschiedene Sorten Hämmer (Schläger) und Siebe oder Roste. Die geraden Hämmer (Abb. 93) werden aus mit Einschnitten versehenem, durchlocthem und geformtem Flachstahl hergestellt. Sie werden mit den zum Regulieren mit Löchern versehenen Scheiben und den abwechselnd dazwischen liegenden Scheiben zusammen verbunden. Übrigens passen die auf der rechten Seite abgebildeten Hämmer für die Grobmahlung wegen der scharfen Kanten. Sie ergeben ein gleichmäßiges Erzeugnis mit der geringsten Feinmehlbildung.

Die Schläger mit Spitzen an den Enden (Ausführung 2 und 5) einfach oder auch umdrehbar eignen sich am besten zum Zerreißen oder Zerfasern.

Wenn das äußere Ende der Hämmer im rechten Winkel gedreht ist, erhält man den flachen gewundenen Hammer (Ausführung 6), die eine sehr feine Mahlung erzeugen; aber ihre Leistung ist nicht so groß als die der geraden Hämmer. Ein vollständiger Satz der gewundenen Hämmer leistet nur die Hälfte der gleichen Anzahl gerader.

Die Hämmer mit verstärktem Kopf (Ausführung 7 und 8) kommen überhaupt nur für große Blöcke in Betracht.

Bei allen bisher besprochenen Maschinen bestimmt ein Rost oder ein Sieb, die unten in der Mühle angebracht sind, die Korngröße oder den Feinheitsgrad des die Mühle verlassenden Mahlgutes. Man verwendet:

1. Den Rost mit schneidenden Kanten, der aus Stäben mit trapezförmigem Querschnitt zusammengesetzt ist, deren breite Seite und deshalb die spitzen Kantenwinkel nach oben gerichtet sind. Diese scharfen Kanten dienen zum Zerreißen von faserigen Rohstoffen (Rinde, Wurzeln, Kork usw.).

2. Der Rost mit rautenförmigen Stäben dient zum Vermahlen von weichen Rohstoffen, wie Lederabfälle, Gummischlauch, Kork, Lumpen usw. Die Stäbe dieses Rostes können nach Verschleiß umgedreht werden.

3. Der Rost mit Stäben von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt eignet sich zum Vermahlen von halbhartem Rohstoffen bei der geringsten Mehlerzeugung. Die vier Kanten eines jeden Stabes können nacheinander verbraucht werden.

4. Die Roste mit Stäben mit dreieckigem Querschnitt oder Messerklingen dienen zum Feinmahlen.

Die Roststäbe von irgendeinem der oben genannten Querschnitte liegen lose in einer Nute, die von zwei gebogenen Platten vom gewünschten Querschnitt gebildet und von passenden Öffnungen durchbrochen wird. Diese beiden Platten sind durch drei vernietete Stäbe verbunden, alle anderen liegen frei in dem Falz. Man kann also mehrere Male die Roststäbe umwechseln, ohne die Rostrahmen zu ersetzen.

Für die größten Feinheiten wendet man Siebe mit runden Lochungen, die aus zwei mit runden Löchern gelochten Stahlblechen gebildet werden, deren Abmessungen von 1 bis 12 mm wechseln können. Diese Bleche werden auf starken Rahmen befestigt. Beim Verschleiß wird nur die Stahlblechplatte ausgewechselt, während der Rahmen weiter Verwendung findet.

Diese Siebe beschränken stark die Leistungsfähigkeit der Mühle, denn die Durchlaßfläche ist nicht besonders groß. Wenn die Mühle ein besonders feines Mahlgut ergeben soll, wird dieser Übelstand mehr und mehr fühlbar, denn die Roste verstopfen sich und verderben sehr schnell.

Man hat sich aber auch damit beschäftigt, drehbare Siebe mit

großer Durchlaßfläche zu bauen, um gerade diesen oben erwähnten Übelstand zu beseitigen. Die Mühlen der Bauart „Loisseau“, „Mécanique moderne“, „Chapitel und Loret“ verwenden auch zylindrische Siebe, die sich mit geringer Geschwindigkeit um das Mahlgekäuse drehen und die Rückstände in die Flugbahn der Hämmer zurückbefördern. Die Mühle mit Drehsieb der „Mécanique Moderne“ verwendet dazu starre Stoßdaumen, die um die Welle angebracht sind. Bei der „Chapitel und Loret“-Mühle dagegen sind die Hämmer beweglich befestigt. Diese Maschine (Abb. 94 u. 95) setzt sich zusammen aus einer Hauptwelle, die sich in zwei Ringschmierlagern dreht und

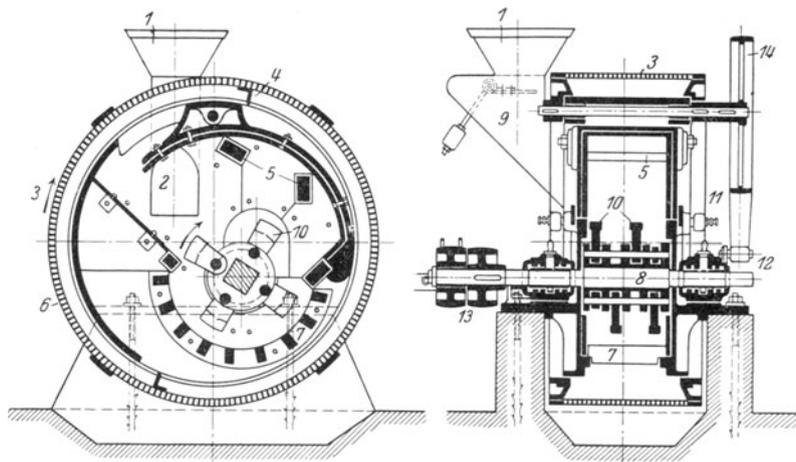


Abb. 94 und 95. Mühle mit Drehsieb von Chapitel und Loret.

1 Aufgabetrichter. 2 Eintritt des Mahlgutes. 3 Drehsieb. 4 Aufhaltewinkel. 5 Gegenstoßbalken. 6 Auswechselbare Siebbleche. 7 Innerer Rost. 8 Hauptantriebswelle. 9 Sicherheitsklappe. 10 Auswechselbare, bewegliche Hämmer. 11 Auswechselbare Auskleidung der Mahlkammer. 12 Riemenleiter für den Siebantrieb. 13 Fest- und Losscheibe mit Ausrücker. 14 Antriebscheibe zum Drehsieb.

auf der einen Reihe von Scheiben aufgekeilt ist. Zwischen diesen Scheiben sind die aus Guß- oder geschmiedeten Stahl hergestellten Hämmer beweglich befestigt, von einer Form, die der Erreichung des gewünschten Ergebnisses angepaßt ist. Durch die beiden Seitenwände geht die Hauptwelle hindurch. Sie bilden den Abschluß des Mahlraumes und sind inwendig mit auswechselbaren Stahlplatten ausgekleidet.

Der Mahlraum besteht aus:

- a) Den drei umwechselbaren Prallstäben aus Hartstahl;
- b) einer Schutzwand, die im Innern hinter den Prallstäben liegt und mit Verschleißplatten bekleidet ist;
- c) einem inneren Rost, der aus starken Stäben mit großen Zwischenräumen zusammengesetzt ist. Er dient als Hilfszerkleinerungsorgan und zum Schutze für die Siebe der Maschine;

d) einer schrägliegenden, unter der Aufgabeöffnung angebrachten Wand. Das Brechgut wird durch einen seitlich liegenden Aufgabetrichter eingeführt. Es fällt auf die in ansteigender Bewegung befindlichen Hämmer und diese werfen es gegen die oberen Prallstäbe. Die Zerkleinerung vollzieht sich während des Umherfliegens ohne tote Reibungsarbeit. Die Mahlguttrümmer fallen auf den unteren Rost und gehen durch denselben hindurch, während die ausnahmsweise zu großen Stücke einer neuen Vermahlung unterzogen werden. Die Mahlgutteilchen, welche durch den Rost gegangen sind, fallen auf das sich drehende Sieb. Dieses umkreist die Maschine. Es besteht aus einem zylindrischen Rahmen, der auf drei Laufrädern rollt, welche am Umfang der Mühle angeordnet sind. Das obere Laufrad wird durch eine Riemenscheibe angetrieben und zieht das Sieb durch Reibung mit sich. Auf dem Rahmen sind gelochte Bleche oder Siebe befestigt, deren Maschenweite der gewünschten Mahlfeinheit entspricht.

Das bewegliche Sieb dreht sich mit mäßiger Geschwindigkeit. Der Antrieb erfolgt durch die Hauptwelle der Mühle mittels eines Riemens mit Spanner, der sich über eine Riemenscheibe am Ende der Hauptwelle abrollt (auf der Abb. 95 sichtbar).

Die genügend fein gemahlten Teilchen gehen durch das Sieb, während die Rückstände durch an der Innenfläche des Siebes befestigte Abstreichbleche mitgenommen werden. Sie werden hochgehoben und von neuem in die Mahlkammer zurückgeworfen.

Auf diese Weise arbeiten die Siebe unabhängig von der Zerkleinerung und sind nicht der Stoßwirkung des Mahlgutes ausgesetzt. Diese Arbeitsweise ist besser und der Verschleiß geringer. Das fertige Mahlgut wird ausgeschieden, sobald es die notwendige Feinheit hat und nur die Rückstände werden der weiteren Zerkleinerung unterzogen. Es gibt hier keinen unnötig aufgewandten Kraftverbrauch, die Erzeugung von feinem Mehl ist gering. Das Mahlgut ist von gleichmäßiger Korngröße und der verbrauchte Kraftaufwand ist geringer.

Die Mühle liefert nur Mahlgut von der gewünschten Feinheit. Die Aufstellung derselben ist sehr einfach, weil sie weder ein besonderes von der Maschine unabhängiges Sieb erfordert, noch ein Becherwerk für den geschlossenen Umlauf des Mahlgutes. Das Fundament ist nur unbedeutend, weil die Maschine gut ausgeglichen ist. Es genügt, daß die Mühle fest sitzt, so daß die Hauptwelle genau wagrecht liegt.

Die Mühle von Chapitel und Loret hat aus diesem Grunde einen geringen Raumbedarf. Sie kann mit geringen Kosten auf irgendeinem Platze aufgestellt werden. Für einen fahrbaren Betrieb kann man sie mit dem Benzinmotor auf einem Fahrgestell aufstellen.

Wenn man die Feinheit der Siebe ändern will, so ist das leicht durch Auswechseln der gelochten Stahlbleche oder des Metallsiebes möglich.

Man stellt auf diese Weise genau die gewünschte Feinheit des Mahlerzeugnisses ein. Man kann also dieselbe Maschine arbeiten lassen:

als Vorbrecher zur Herstellung von Ballast und Straßenschotter;

als Granulator zur Herstellung von Feinschlag, Kies, Gieß- und Sand;

als Feinmahlmaschine zur Erzeugung von feinem Mehl (Sieb Nr. 20 bis 80).

Im letzten Falle ersetzt man die gelochten Bleche durch volle und läßt die Maschine mit Staubabzug arbeiten. Die Hämmer laufen dann mit derselben Masse und zermahlen das Mahlgut in dichten Staub, der von einem Ventilator abgezogen und dann in einem Zyklon oder einen Sammelfilter abgesetzt wird.

Die Verwendung der Mühle von Chapitel und Loret ist eine sehr vielseitige. Sie kann zum Vorbrechen, zum Granulieren oder zum Feinmahlen trockener, halbharter, dichter oder faseriger Rohstoffe dienen:

so bei der Herstellung von Kunststeinen kann sie zur Erzeugung von feinem Sand aus Quarz, Kieselstein, Kalkstein usw.;

in den Ziegeleien zum Granulieren von trockenem Ton, Brocken von feuerfesten Steinen;

bei der Herstellung elektrischer Kohle, zum Feinmahlen von Kohle und Koks für metallurgische Zwecke;

in der chemischen Industrie: Zerkleinern von Borsäure, Alkalis, Alaun, Stärke, Schwerspat, Bauxit, Soda, Borax, Karbür, Zyanamid, Graphit, verschiedene Oxyde, Salpeter, Schwefel, Sulfate, Talkum, usw.;

in den Düngerefabriken: Nitrate, Phosphate, Schlacken, Ölkuchen usw.;

in den Lebensmittelfabriken: Zichorie, Schokolade, Oliven, usw.;

in der Baumaterialien-Industrie: Mahlen und Brechen von Zement, Kalk und Gips;

bei den Unternehmungen der öffentlichen Arbeiten: Herstellung von Ballast, Steinschlag für Wege, Feinschlag, Kies für Beton und Sand für Mauererzwecke.

#### IV. Mühlen mit Luftförderung.

Die Hammermühlen können als Feinmahlmühlen verwendet werden, aber sie ergeben ein unregelmäßiges Mahlgut, das man nach dem Verlassen der Mühle noch absieben muß. Die Roste und selbst die Drehsiebe, die eben beschrieben wurden, sind tatsächlich ungenügend für diesen Verwendungszweck. Die Anwendung der Windsichtung oder der Luftförderung des staubfeinen Mehles läßt nur das Herausziehen des genügend feinen Staubes aus der Mühle und die Ausnützung der kleinen Vorteile der leichten und wirtschaftlichen Feinmahlung zu.

Eine der eigenartigsten Anwendungen der Windrichtung ist durch die Bauart Raymond verwirklicht worden.

Die „Raymond“-Mühle wird für kleine Anlagen verwendet, die die Anschaffung einer Feinmahlmühle mit Pendeln oder Kugeln nicht rechtfertigen. Sie werden aber mit Erfolg zur Feinmahlung von trockenen Rohstoffen gebraucht, wie Kalk, trockenen Farben, chemische Erzeugnisse, Bleiglätten, Ton, Kaolin und ähnlichen Rohstoffen.

Die Zuführung der Rohstoffe erfolgt im trockenem Zustand und vorzerkleinert auf Korngrößen von 6 bis 37 mm je nach ihrer natürlichen Beschaffenheit.

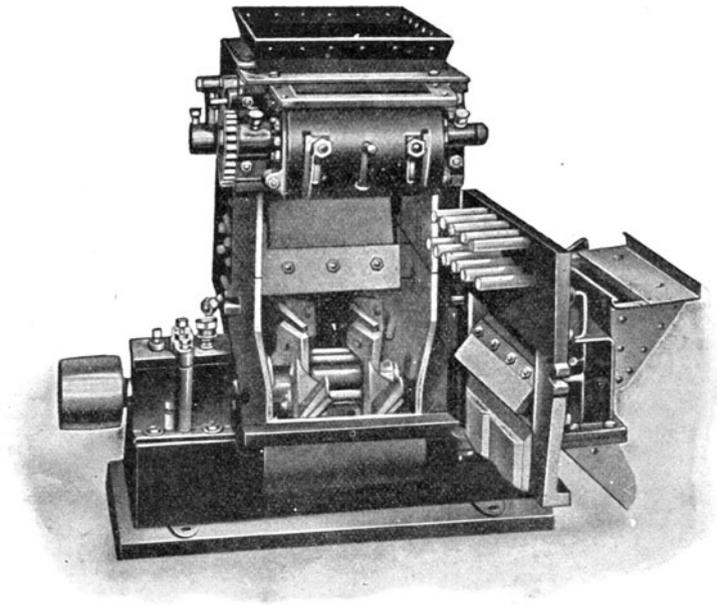


Abb. 96. Feinmahlmühle „Raymond“.

Die größten Feinheiten kann man erzielen mit Maschinen ohne Sieb und Rost, wenn man eine Art Windrichter benutzt, der dem für Pendelmühlen gebräuchlichen ähnlich ist. Auf diese Weise erhält man eine einfache Anlage ohne Becherwerk oder irgendeine Hilfsmaschine und Staubbelästigung.

Die Abb. 96 stellt eine Feinmahlmühle „Raymond“ mit geöffneter Tür dar. Die Schlagkörper bestehen aus abnehmbaren Platten oder Stäben aus Manganstahl, die an Armen befestigt sind, welche auf einem auf die Welle aufgekeilten Nabenstück aus Stahlguß sitzen. Je nach Größe der Mühle sind auf derselben Welle ein, zwei oder auch drei Nabenstücke als Plattenträger angebracht.

Diese Platten sind abwechselnd bald nach der rechten, bald nach der linken Seite geneigt, um das Mahlgut abwechselnd gegen die beiden Seitenteile des Mahlraumes zu werfen. Die Schlagplatten drehen sich in einem Gußgehäuse, das innwendig mit Verschleißplatten ausgelegt ist. Der Vorderteil desselben wird durch eine abnehmbare Tür gebildet, die ein bequemes Nachsehen der Maschine gestattet. Über dieser Tür ist eine Aufgabevorrichtung mit Fünffächerwalze befestigt. Die Vorrichtung verhindert so sehr wie möglich den Lufteintritt in den Mahlraum, da der fortwährende Einlauf am Umfang gut abgeschlossen ist.

Ferner sind an der Tür, wie auf der Abbildung ersichtlich, Daumen oder Dorne befestigt, die einen Rost bilden und den Zweck haben zu verhindern, daß zu große Stücke des Mahlgutes durch den Windsichter mitgezogen werden. Wenn aber eine Windsichtung vorhanden ist, muß der Mahlraum genügend hoch über der Schlägervorrichtung gehalten werden, da er den Windsichter unmittelbar trägt. Ein Ventilator zieht die mit Staub gesättigte Luft in die Mitte des Sichters und wirft sie in einen Zyklon, der den feinen Staub abscheidet, während die Luft in den Mahlraum zurückkehrt. Die gleiche Luft macht immer denselben Umlauf und ist ein Entweichen des Staubes deshalb vollständig ausgeschlossen. Der Luftüberschuß am Umlauf des Zyklons geht durch einen Röhrensammler oder einen Schlauchfilter, der die Luft von allen Staubspuren befreit, bevor sie ins Freie tritt. Eine ähnliche Einrichtung mit allen diesen Maschinen ist in Abb. 97 zu sehen. Wenn einmal der Druck und die Leistung des Ventilators zufriedenstellend reguliert ist, bleibt auch das unter dem Zyklon oder dem Schlauchfilter entnommene Mehl von gleichmäßiger und gewünschter Feinheit. Die Ventilatoren sind aus 25 mm starkem Gußeisen hergestellt und im Innern mit auswechselbaren Stahlflügeln ausgerüstet, wenn die zu mahlenden Rohstoffe hart und griffig sind. Bei der Mühle Nr. 1 ist der Ventilator unabhängig von der Mühle angeordnet. Der erforderliche Kraftbedarf für die beiden Maschinen zusammen beträgt etwa 40 HP.

Bei den kleinsten Maschinen Nr. 0, 00, 000 und 0000 ist der Ventilator an das Ende der Mühlenwelle angebaut. Auf diese Weise wird ein gemeinsamer Antrieb geschaffen.

Die Mühlen Nr. 0 und 00 haben zwei Schlägernaben. Sie eignen sich für halbharte Rohstoffe, wie Kalkstein, Kohle usw. Sie arbeiten mit Motoren von 30 bzw. 40 HP.

Die Mühle Nr. 000 hat nur eine Nabe und die Schläger sind bis auf ein einziges Stück mit dieser einen Nabe zusammengeschrumpft. Sie wird nur zur Vermahlung von weichen Rohstoffen verwendet, wie Ton, Kalk, Bleiglätte usw. Der Kraftbedarf ist 10 HP.

Die Mühle Nr. 0000 dagegen wird in den Fällen gebraucht, in welchen man eine ganz kleine Leistung verlangt. Angetrieben von einem 5 HP-Motoren, mahlt diese Mühle 90 bis 450 kg Rohstoffe, deren Mehl-

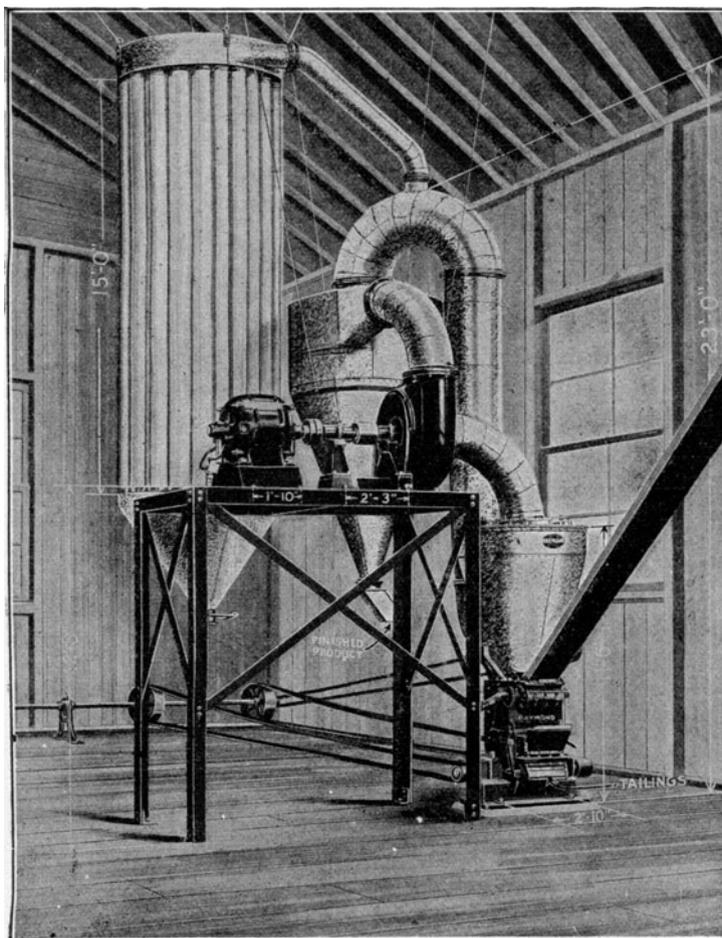


Abb. 97. Eine vollständige „Raymond“-Mahlanlage.

feinheit dem Sieb Nr. 30 bis 200 entspricht. Sie kann weiche und zerreibbare Rohstoffe vermahlen, wie Ton, Oker, Talk, trockene Farben, Kalkfarben usw., aber sie paßt nicht für zähere, wie Kohle, Quarz, Graphit.

Die verschiedenen „Raymond“-Mühlengrößen können mit einer Aufgabevorrichtung mit einer selbsttätigen Ausscheidungs- vorrichtung

geliefert werden, die dazu bestimmt ist, Fremdkörper auszulesen und auszuschneiden, wie z. B. Sand, der im Ton, Kaolin und Ocker enthalten ist, Ungares im gelöschten Kalk, Metallkörner in der Zinkasche (Galvanisieranlagen) usw.

Eine Art Mühlen deren Verwendung immer mehr zunimmt, sind die vielkammerigen Mühlen, die aus mehreren nebeneinanderliegenden Mahlräumen bestehen.

In der Turbomühle der Rheinischen Maschinenfabrik Neuß liegen vier Mahlkammern von gleichem Durchmesser nebeneinander. In der ersten liegt ein zum Vorbrechen bestimmtes Schlägerkreuz. Die anderen enthalten volle Scheiben, die an ihrem Umfange geneigt liegende Schlagplatten tragen. Alle diese Teile sind auf derselben schnelllaufenden Welle aufgekeilt. Die zylindrische Wandung der Mühle ist inwendig mit Zähnen oder Stiften in kreisförmigen Reihen in den Zwischenräumen zwischen zwei nebeneinanderliegenden Schlagscheiben besetzt. Das Mahlgut wird durch einen in der Mitte der Schlagkreuzseite angebrachten Trichter aufgegeben und zuerst vorzerkleinert, dann in einen Mahlraum nach dem anderen abgezogen durch den durch die Umdrehung der mit Schlagplatten versehenen Scheiben erzeugten Unterdruck. Nach dem Durchgang durch die letzte Mahlkammer fällt das fertige Mahlgut durch einen am Umfange befindlichen Auslauf heraus.

Die „Multiple“-Mühle besteht aus vier Mahlräumen mit vom Mahlguteintritt bis zum Auslauf zunehmenden Durchmesser. Sie arbeitet mit Absaugung und dient zur Vermahlung zu feinem Staub von Zucker, Kohle, Holz usw.

Die englische Fabrik Hardy Patent Pick Co, Ltd. in Sheffield baut von diesen Mühlen zwei Größen, die entsprechend 150 bis 250 kg und 250 bis 270 kg Feinmehl in der Sekunde liefern mit einem Kraftverbrauch von 5 bis 8 HP und 12 bis 16 HP.

Eine erst vor kurzem aufgetauchte Maschine ist die mehrkammerige Turbo-Feinmühle (Société anonyme, la Combustion rationelle). Diese Maschine besteht aus:

Einem Aufgabetrichter, welcher die Kohle der Vorbrecheinrichtung zuführt. Dieser Trichter wird mit einem selbsttätigen Speiser und mit einem Lufteintritt versehen geliefert;

einer röhrenförmigen Umhüllung, die durch Scheidewände in eine Reihe von Kammern mit von der Eintritts- bis zur Auslauföffnung zunehmendem Durchmesser geteilt wird;

den mit Schlagplatten versehenen Mahlscheiben, welche in den Kammern laufen und auf der Antriebswelle befestigt sind;

aus einem am Wellenende, in der letzten Kammer angebauten Ventilator, der das Gemenge von Luft und Kohlenstaub abzieht. Ein re-

gulierbarer Zusatzlufteinlaß ist hinter der letzten Mahlzelle vorgesehen;

aus einer Öffnung, die sich am Umfang der ersten Kammer befindet und durch einen von außen herausnehmbaren Stopfen verschlossen ist. Metallstücke, die zufällig in die Maschine hineinkommen können, werden sofort in diesen Hohlraum geworfen und man kann sie dann gelegentlich herausnehmen, ohne die Maschine anhalten zu müssen.

Die „Turbo“-Feinmahlmühle wird in fünf Größen gebaut, die entsprechend 250, 450, 900, 1350 und 2250 kg feingemahlene Kohle in der

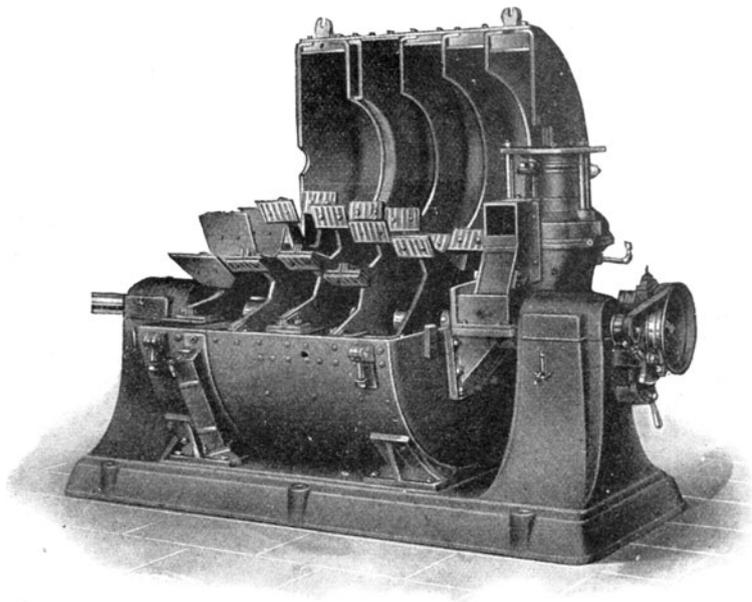


Abb. 98. „Turbo“-Mühle geöffnet.

Stunde mahlt. Die Kohle wird in Stücken, die 25 mm nicht überschreiten sollen, aufgegeben. Der entsprechende erforderliche Kraftverbrauch wechselt von 15 bis 90 HP.

Die „Turbo“-Feinmahlmühle stellt eine in sich abgeschlossene Einheit dar, die unmittelbar vor einem Ofen oder eine Kesselfeuerung aufgestellt werden kann und gestattet die Vorteile des Kohlenstaubes auszunützen, ohne Zuflucht zu einer teuren Zentralfeinmahanlage nehmen zu müssen. Sie kann Kohlen mit 4 bis 5% Feuchtigkeitsgehalt vermahlen, aber zum Schaden des Kraftverbrauches und des gleichmäßigen Arbeitens. Es ist immer vorzuziehen, nur gut vorgetrocknete Kohle zu vermahlen.

## V. Schlußbemerkung.

Wir haben im Verlauf dieses Kapitels eine Reihe von Maschinen kennen gelernt, die alle nach demselben Grundsatz arbeiten, aber sie haben sehr verschieden großen Verschleiß.

Die ganze Reihenfolge zieht vorbei: Vorbrecher, Nachbrecher, Feinmahlmühlen; und alle Rohstoffe: Erze, Kohle, Steine, chemische Erzeugnisse, Lebensmittel, Abfälle aller Art. Das ist Grund genug zu sagen: Wir haben Maschinen für jeden Geschmack und für jeden Geldbeutel.

Nach der schlecht zusammenpassenden Gewaltaufzählung der verschiedenen Handelsmarken von Schlagmühlen, von welchen das Kapitel handelt, halten wir es für richtig, die angekündigten Schlußfolgerungen nach verschiedenen Seiten hin kurz zusammenzufassen:

Die Hammermühle ist von Natur aus eine leichte und nur wenig Platz einnehmende Maschine in Hinsicht auf ihre Leistung.

Sie ist sehr anpassungsfähig und geeignet für die verschiedenartigsten Verwendungszwecke:

1. Ihre Verwendung drängt sich auf, wenn man faserige und weiche Rohstoffe vorebrechen und grob mahlen muß wie Industrieabfälle aller Art, die mit Rücksicht auf die Düngerherstellung wiedergewonnen werden.

In gleicher Weise drängt sie sich auf, wenn man trockene und zerreibbare Rohstoffe vormahlen und feinmahlen soll, wie: Ton, Ocker, Steinsalz usw. in kleinen oder in großen Mengen.

2. Ihre Anwendung kann mit Vorteil vorgesehen werden zum Vorebrechen, Schroten und Mahlen von trockenen, halbharten Rohstoffen, wie: Kalkstein, Kohle, Gips, gelöschter Kalk usw. Im Bereich der Feinmahlung ist sie eigentlich eine Maschine für kleine Leistung.

3. Ihre Verwendung ist aber abzuraten für die Verarbeitung von Gestein und Erzen von großer Härte, wie: harter Kalkstein, Granit, Quarz usw. Bei Verwendung dieser Mühlen für die Vermahlung der eben genannten Rohstoffe wird der Verschleiß außerordentlich groß. Allein die Betrachtungen über den Anschaffungspreis und die Leichtigkeit der Beförderung können unter Umständen ihre Verwendung rechtfertigen. Aber das ist immer eine schlimme Sache, mehr von einer Maschine verlangen zu wollen als sie zu leisten imstande ist.

## Neuntes Kapitel.

### Ringmühlen.

Die Maschinen, die wir nun einer Betrachtung unterziehen wollen, gehören ausschließlich zu der Gruppe der Feinmahlmühlen.

Diese Mühlen, die man mit dem gemeinsamen Namen Ringmühlen bezeichnen kann, haben mehrere Mahlkörper. Zylindrische oder ab-

gerundete Rollen laufen im Innern eines Ringes. Die Mahlkörper werden, sei es durch Federn, sei es durch die Zentrifugalkraft gegen die Ringmahlbahn gedrückt. Die zu mahlenden Rohstoffe werden durch Zerdrücken zwischen dem Ring und den Mahlkörpern zerkleinert.

Wir unterscheiden:

I. Ringmühlen mit Rollen, bei denen drei Rollen im Innern eines senkrecht sich drehenden Ringes rollen und mit Federn gegen ihn gedrückt werden.

II. Pendelmühlen, bei welchen eine oder mehrere, von einer Pendelachse getragene Rollen im Innern eines wagrechten Ringes rollen und durch die Zentrifugalkraft gegen denselben gedrückt werden.

III. Mühlen mit geführten Kugeln, bei denen mehrere Kugeln, durch Mitnehmerarme getrieben, im Innern eines wagrecht liegenden konkaven Ringes rollen und durch Zentrifugalkraft gegen ihn gedrückt werden.

## I. Ringmühlen mit Rollen.

### A. Allgemeines.

Die Ringmühle mit Rollen (Abb. 99) besteht aus einem Ring, der sich in einer senkrechten Ebene dreht. Die innere Oberfläche dieses Ringes bildet eine konkave Mahlbahn. Drei Rollen mit konvexer Seitenansicht, die sich um feste, gleich weit voneinander abstehende Wellen drehen, rollen auf dem Innern dieses Mahlrings. Unter der Spannung der außenliegenden Federn werden die drei Rollen durch die gleichwirkenden Kräfte gegen die innere Fläche des Ringes gedrückt.

Die zu mahlenden Rohstoffe, die in Stückgrößen bis zu 30 mm aufgegeben werden können, werden durch ein Rohr mit zwei Abzweigungen auf die Innenseite des Ringes aufgegeben, und zwar gerade über einer der inneren Rollen. Sie werden durch die Zentrifugalkraft in einer gleichmäßig verteilten Schicht rings um den ganzen Mahlring herum festgehalten und der Reihe nach der Mahlwirkung der Rollen unterworfen. Nach einer vollständigen Umdrehung häufelt sich das gemahlene Gut gegen die hintere Seite der Auslauföffnung der Aufgabevorrichtung und fällt in der Richtung gegen die Öffnung des unteren Auslaufs herab. Die feinen, weniger der Zentrifugalkraftwirkung unterworfenen kleinen Teilchen werden übrigens zum größten Teil, sobald sie entstehen, ausgeschieden.

Es ist zu beachten:

1. daß der Abgriffswinkel, der durch die innere tangentielle Lage der Mahlrollen gegeben ist, sehr günstig ist. Man wird die Stücke des Aufgabegutes verhältnismäßig sehr groß nehmen können in bezug auf einen sehr geringen Rollendurchmesser;

2. daß der Ring und die Mahlrollen nicht miteinander in Berührung kommen, sondern durch eine regelmäßige Schicht von Mahlgut getrennt sind so, daß der Verschleiß der Eisenteile unbedeutend wird und andererseits die Zerkleinerung sich ebenso durch gegenseitige Einwirkung der kleinsten Teilchen aufeinander, als auch durch die Wirkung der Rollen äußert. Eine Mahlgarnitur (1 Ring und 3 Rollen) kann ebenso acht Monate

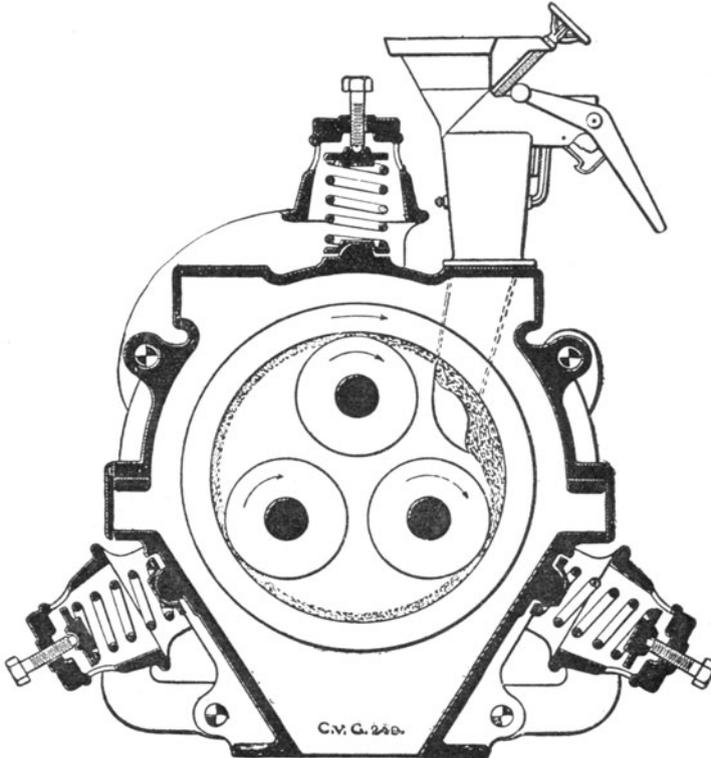


Abb. 99. Maxecon-Mühle.

als auch bis zwei Jahre je nach Härte des zu vermahlenden Rohstoffs aushalten. Die anderen dem Verschleiß unterworfenen Maschinenteile haben eine viel längere Lebensdauer.

3. Der Verschleiß der arbeitenden Teile gleicht sich von selbst wieder aus. Die Spannkraft der Federn, welche die Rollen gegen den Mahlring gepreßt hält, ist einstellbar. Diese Teile können bis zum vollständigen Verbrauch verwendet werden.

4. Die ausgeglichene Aufhängung gestattet den Durchgang von nicht mahlbaren Körpern wie Metallteilen durch die Mühle, ohne daß ein Bruch irgendwelcher Maschinenteile erfolgen könnte. Die Rollen

entfernen sich einfach von der Mahlbahn und drücken dadurch ihre Spannfedern zusammen. Der Rückstoß wird aufgefangen durch die Gegenwirkung der beiden gegenüberliegenden Federn.

5. Das Maschinengehäuse ist staubdicht. Dadurch vermeidet man die Anlage einer Entstaubung.

6. Der Ausgleich der Federspannung sichert einen ruhigen Gang ohne fühlbare Erschütterungen, so daß in den meisten Fällen keine Fundamente notwendig sind.

## B. Verschiedene Bauarten.

### 1. Kentmühle.

Bei dieser in Amerika entstandenen Maschine, die eine Originalausführung darstellt, läuft der Mahlring frei zwischen zwei Verschleißplatten, die eine Führung im Innern des staubdichten Mahlgehäuses bilden. Die Mahlrollen werden durch starke Bügel gehalten, deren Arme in runden, am Maschinenrahmen befestigte Gleithülsen sich bewegen (Abb. 100). Diese Gleithülsen sind an jeder Seite der Mühle um  $120^{\circ}$  in bezug auf den Mittelpunkt des Mahlringes versetzt angeordnet.

Die Druckfedern mit einstellbarer Spannung stützen sich einerseits auf das Mahlgehäuse, andererseits auf die starke Traverse, welche die Arme des Bügels verbindet. Die Rollen, deren Wellen sich in den an den Enden der Bügelarme angebauten Lagern drehen, werden durch die Federn gegen die Innenseite des Mahlringes gedrückt. Die beiden unteren Rollen sind frei, während die obere Rolle den Antrieb durch zwei an den Enden der Welle angebrachte Riemenscheiben erhält. Diese überträgt ihre Bewegung auf den Mahlring, der seinerseits die beiden unteren Rollen mitzieht.

Diese Mühle wird in Frankreich von der Fabrik Arlod gebaut. Der Mahlring hat 900 mm Durchmesser und die Rollen 370 mm. Die Riemenscheiben von  $900 \times 200$  mm machen bis 135 Umdrehungen in der Minute. Der Kraftverbrauch ist 20 bis 25 HP und das Gewicht der Maschine 6000 kg.

Der Platzbedarf der eigentlichen Maschine ist 2250 mm Länge, 1800 mm Breite und 1950 mm Höhe. Wir wollen diese Zahlen im Gedächtnis behalten, um sie mit denen der nachfolgenden Maschinenarten zu vergleichen.

### 2. Maxecon-Mühle.

Die Bauart dieser Maschine (Abb. 99) ist der vorhergehend beschriebenen ähnlich, ausgenommen die Gleitbüchsen des Bügels, die wegfallen und durch einen festen Drehpunkt ersetzt werden. Die Wir-

kung der Federn geht nun nicht mehr in der Richtung des Radius, sondern folgt der Tangente in einem Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in den Drehpunkten des Bügels liegt. Wenn der große Radius und der kleine Weg gegeben ist, ist praktisch der Erfolg der gleiche. Die Gleitbüchsen werden durch viel einfachere und stärkere Maschinenteile, nämlich durch Drehachsen ersetzt.

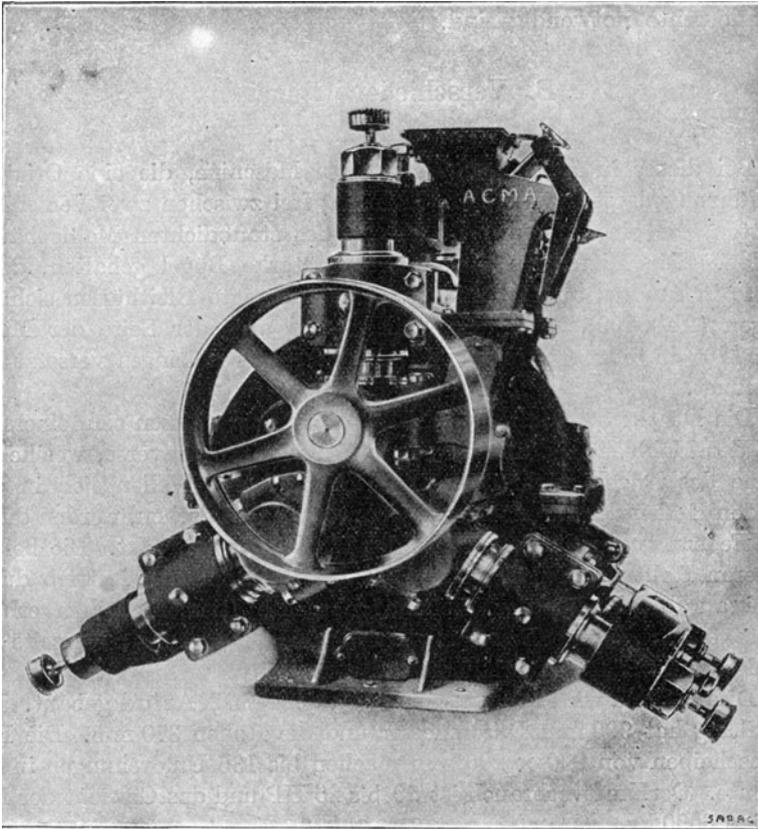


Abb. 100. Ringmühle aus der Fabrik von Arlod.

Die Bügel sind zu einem einzigen Stück mit den Bewegungshebeln zusammengelassen und erhalten an der breiten Seite starke Rippen.

Die Rollenachsen laufen in Kalypsollagern mit etwa 200 Umdrehungen in der Minute. Die Geschwindigkeit der Mahlringe ist unter diesen Bedingungen 80 Umdrehungen in der Minute. Diese Mühle wird in Amerika von der Kent Mill Co. und von Curt von Grueber in Berlin ausgeführt.

### 3. Ringmühle der Rheinischen Maschinenfabrik in Neuß.

Bei dieser Mühle (Abb. 101) dreht sich die obere Rolle in festen mit dem Maschinenrahmen verbundenen Lagern. Die unteren Rollen übertragen die Federspannung auf den Mahlring mittels zweier Federpaare, die auf jeder Seite der Maschine angebracht sind. Die Lager der unteren Rollen sind ausgeglichen:

1. Sie stützen sich gegeneinander durch eine starke Druckfeder.

2. Sie sind der Wirkung der beiden konischen Federn ausgesetzt, die an einer an den Maschinenrahmen angelenkten Zugstange ziehen. Die Komponente aus der Wirkung der beiden konischen Federn und der wechselseitigen Reaktion der Lager aufeinander ist eine Kraft, die durch den Mittelpunkt des Mahlringes geht. Die Verschiebungen der Federn auf den beiden Seiten der Maschine sind mit Hilfe einer Hebelübersetzung, die auf der Seite bei der Abb. 101 sichtbar ist, gemeinschaftlich.

Das Mahlgehäuse ist aus Guß hergestellt, aber der obere Teil ist offen und endet in einer Blechabdeckung, die ein leichtes Auseinandernehmen ermöglicht. Zu diesem Zwecke sind wirklich staubdichte, mit Labyrinthdichtung versehene Öffnungen an den beiden Seiten des Maschinenrahmens angebracht

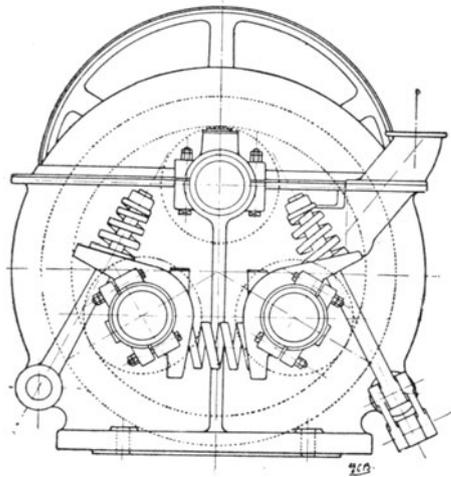


Abb. 101. Ringmühle der Rheinischen Maschinenfabrik in Neuß.

und dienen zum Herausnehmen der unteren Rollen. Die obere Blechabdeckung gestattet nacheinander die Antriebswelle und dann den Mahlring herauszuziehen.

Diese Maschine erfordert keinen Bügel. Der Raumbedarf wird auf diese Weise merklich verkleinert, wie die nachstehende Zahlentafel zeigt.

### 4. Ringmühle von Krupp.

Diese Maschine ist fast von gleicher Bauart wie die vorhergehende. Jedoch werden die Lager der beweglichen Rollen durch starke, das Mahlgehäuse verdeckende Bügel getragen und durch zylindrische Federn, die in der Mitte des Bügels ihren Stützpunkt haben, auseinandergehalten.

Zahlentafel 27. Ringmühlen.

Modell Nr.	80	100	
Durchmesser des Ringes . . . . . mm	800	1000	
„ der Rollen . . . . . „	335	420	
Breite . . . . . „	180	250	
Abmessungen der Riemenscheiben . . . . . „	1200 × 200	1400 × 275	
Umdrehungszahl der Riemenscheiben i. d. Min. . . .	220	175	
Kraftverbrauch . . . . . HP	20—30	30—40	
Platzbedarf {	Länge . . . . . mm	1300	1600
	Breite . . . . . „	1200	1500
	Höhe . . . . . „	1300	1600
Gewicht der ganzen Maschine . . . . . kg	3250	4750	
„ eines Ersatzmahlringes . . . . . „	250	420	
„ einer Ersatzrolle . . . . . „	60	100	
„ zweier konischer Federn . . . . . „	15	16	
„ einer zylindrischen Feder . . . . . „	9	14	

## 5. „Actif“-Mühle von Pfeifer.

Man hat den Mühlen der Bauart, die wir gerade behandeln, vielfach vorgeworfen, sie seien viel zu kompliziert und brauchten zu viel Platz. Pfeiffer hat nun die wirklichen Vorteile der Ringmühle mit einer vereinfachten Bauweise auszugleichen versucht.

Seine „Actif“-Mühle besteht aus einer zylindrischen Gußumhüllung, die den ganzen Mechanismus einschließt. Die Lager jeder Rolle werden in der Mitte durch eine Blattfeder, von der Bauart einer Eisenbahnwagenfeder, deren beide Enden am inneren Teil des Maschinenrahmens festgehalten werden, festgemacht. Die Federn bilden ein Dreieck an jeder Seite der Mühle und die Lager stützen sich im Innern dieses Federdreiecks auf die Mitte jeder Feder.

Die „Actif“-Mühle hat weder Gleithülsen, noch einen Drehzapfen, noch irgendeinen Maschinenteil außerhalb des Maschinenrahmens. Sie ist kräftig gebaut und leicht einstellbar. Die obere Rolle erhält ihren Antrieb durch zwei ausgeglichene Riemenscheiben, die auf der einen und der anderen Seite der Mühle angebracht sind.

## 6. „Ring-Roll“-Mühle von Sturtevant.

Diese Mühle wird im Schnitt (Abb. 103) gezeigt. Sie hat verschiedene Eigentümlichkeiten, die sie zu einer vollkommenen Maschinenausführung machen.

a) Der Mahlring wird unmittelbar angetrieben. Er wird von einer glockenförmigen Haube gehalten, die am Ende der Antriebswelle befestigt ist. Die Rollen sind alle drei frei an einem Ende ihrer Welle drehbar und werden durch den Mahlring mitgenommen.

Diese Bauart ist vollständig ausgeglichen und die Drehung liegt genau in der Ebene des Mahlringes. Es sind keine seitlichen Führungsverschleißplatten mehr erforderlich, die nur unnötigerweise Kraft

verbrauchen. Der Mahlweg ist vollständig gradlinig und weist keine Krümmungen auf, welche die Leistungsfähigkeit vermindern. Ferner findet kein Gleiten in der Bewegungsübertragung auf den Mahlring und dann auf die unteren Rollen statt.

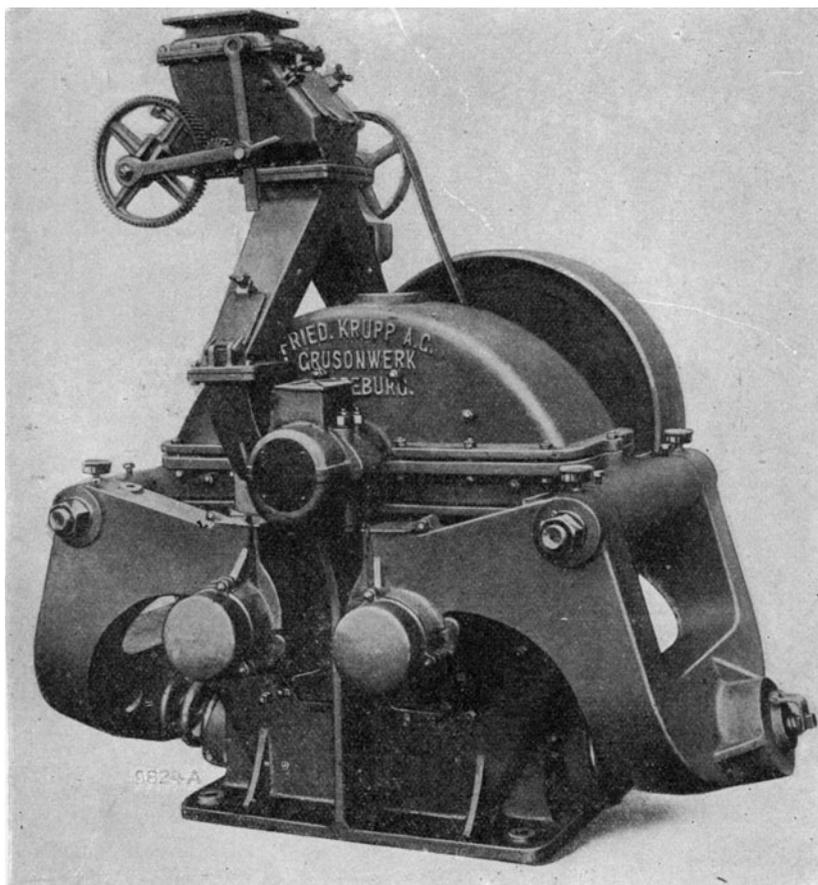


Abb. 102. Ringmühle von Friedr. Krupp-Grusonwerk.

b) Die Sturtevantmühle ist aufklappbar, das heißt, der Teil vor dem Maschinenrahmen, welcher die Rollen und die Vorrichtungen zum Zusammenschrauben trägt, ist mit einem Scharnier versehen und läßt sich öffnen wie ein Geldschrank. Es genügt, vier Schrauben zu lösen und der ganze Mechanismus liegt frei; der Mahlring auf der einen Seite, die Rollen und ihr Zubehör auf der anderen (Abb. 103). Die

Besichtigung ist dann bequem und das Auseinandernehmen kann augenblicklich beginnen.

c) Die Rollen werden gleichmäßig angedrückt. Die Wellen der Rollen sind feststehend. Jede Rolle ist auf einer Büchse mit langer Lauffläche befestigt, welche sich um die feststehenden Achsen drehen. Diese Achsen werden von Naben getragen, welche als Kniehebel ausgebildet sind. Jede dieser Naben ist um einen Fixpunkt gegen den Umfang der Mühle beweglich befestigt und gegen die Mitte durch einen Stützhebel verlängert. Auf diese drei, gegen die Mitte gemeinschaftlich wirkenden Hebel, drückt ein dreiarmiger Bügel, der durch Federn

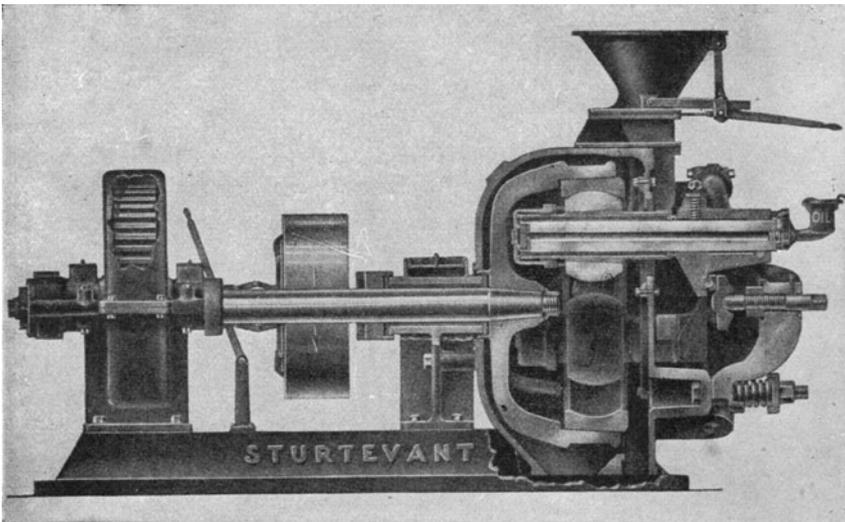


Abb. 103. „Ring-roll“ Mühle von Sturtevant.

gegen die Mühle gezogen wird. Eine von diesen Federn ist im Schnitt (Abb. 103) sichtbar. Unter der Wirkung dieses nach der Mitte gerichteten Druckes, welcher durch eine Schraube einstellbar ist, haben die drei Rollenachsen das Bestreben sich nach außen zu bewegen, indem sie auf diese Weise die Rollen mit dauernd gleichmäßig verteilter Kraft gegen den Mahlring drücken. Den nicht mehr durch die Rollen belasteten Mahlring kann man nun derartig einstellen, daß eine Berührung mit der Mahlfläche während des Leerlaufes vermieden wird. Andererseits ist nach dem Durchgang eines Metallbruchstückes ein Rückstoß nicht zu befürchten, weil die drei Rollen selbsttätig einen gleichen Weg im entgegengesetzten Sinne zurücklegen. Die Rückwirkungen werden immer ausgeglichen.

Endlich weisen wir darauf hin, daß der Mahlring ein wenig breiter ist als die Rollen, so daß die ganze Oberfläche der letzteren zum Mahlen verwendet werden kann, obwohl das einlaufende Mahlgutband sich nur auf den mittleren Teil des Mahlringes verteilt.

Der Antrieb vollzieht sich durch Stirnradübersetzung, welche sich in einem gut abgedichteten, auf der oberen Seite des Maschinenrahmens befestigten Ölbadgehäuse dreht. Die Riemenscheibe ist oft mit einer Friktionskuppelung versehen.

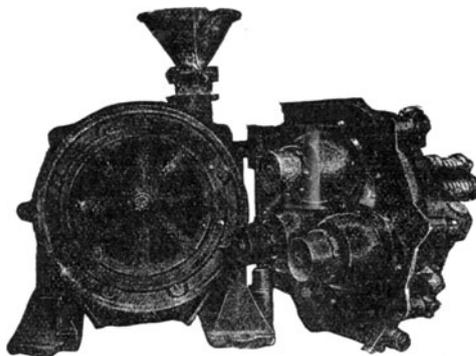


Abb. 104. „Ring-Roll“-Mühle mit geöffneter Tür.

Diese Sturtevantmühle wird in drei Größen ausgeführt mit Mahlringen von 610, 840 und 1120 mm Durchmesser, die sich mit 125, 75 und 65 Umdrehungen in der Minute drehen. Der Kraftverbrauch ändert sich von 8 bis 40 HP und das Gewicht der Maschinen von 3200, 5900 bis 11 800 kg.

Die Bauart „Duplex“ entspricht zwei zusammengebauten Ringmühlen von 1120 mm Durchmesser mit gemeinschaftlichem Antrieb.

### C. Verwendung und Leistung.

Die Ringmühlen finden Verwendung für alle harten und halbharten Rohstoffe in Stückgröße bis 25 oder 30 mm. Sie können bis zu Feinheiten mahlen, die von Sieb Nr. 8 bis Nr. 100 (10 bis 1600 Maschen auf den Quadratzentimeter) wechseln und selbst bis zur Feinheit des Siebes Nr. 200 (6400 Maschen auf den Quadratzentimeter) unter der Bedingung heranreichen, daß die Mühle durch einen Sieher oder Windsichter kontrolliert wird.

Die erzielten Mehle sind unregelmäßig. Bei den meisten Anlagen hat man den Vorteil, im geschlossenen Kreislauf mit einem Windsichter oder einem Stoßsieb arbeiten zu können, die das Feine ausziehen und die Rückstände in die Mühle zurücklaufen lassen.

Alle theoretischen Betrachtungen, die wir im Laufe dieser Arbeit über den geschlossenen Kreislauf angestellt haben, sind auch hier gültig.

Die Anordnung mit einem von der Mühle unabhängigen Sichtapparat ist viel mehr Platz beanspruchend und erfordert noch ein Becherwerk. Dennoch bietet sie gegenüber den Mühlen mit innerer Sichtung mehrere Vorteile:

1. Sofortiges Wegschaffen des Mahlgutes. Zu gleicher Zeit befindet sich nur eine kleine Menge Mahlgut in der Mühle, daher geringerer Verschleiß.

2. Man kann der Siebfläche die erforderliche Größe geben und die Oberfläche gegen große Stücke mit scharfen Kanten wirksam schützen.

3. Sie sind nicht den Erschütterungen der Mühle ausgesetzt.

Die Ringmühlen werden mit Vorteil zum Vermahlen von Gestein großer und mittlerer Härte verwendet, wie Zementrohstoffe, Klinker, Phosphate, Quarz, Erze, Granit, Kohle usw.

Im besonderen werden die Ringmühlen fast ausschließlich zur Vermahlung von Phosphaten verwendet. In gleicher Weise finden sie Verwendung in gewissen Zementfabriken als Vorschrotmühlen für die Rohrmühlen. Es ist hervorzuheben, daß die Ringmühle mit feuchten Rohstoffen gute Resultate ergeben kann, wie bei Phosphaten und Zementrohstoffen mit großem Feuchtigkeitsgehalt.

Wir geben nachstehend Betriebsergebnisse für verschiedenartige Verwendungszwecke an:

Eine „Maxecon“-Mühle hat folgende stündliche Leistungen bei Phosphatgestein ergeben:

Florida hard rock . . . . .	3300 kg
Algerisches Phosphat . . . . .	5000 „
Land Pebble. . . . .	4000 „

75% des Mehles gingen durch Sieb Nr. 100.

Unter den Rückständen auf Sieb Nr. 100 gingen noch 90% durch das Sieb Nr. 70, so daß der Gehalt an feinem Mehl viel größer ist und daß der Aufschluß des Phosphates, welches in einer Ringmühle gemahlen wurde, sich sehr gut mit einem geringen Gehalt an ungelöster  $P_2O_5$  vollzog.

Eine Sturtevant-Mühle Nr. 2 hat beim Mahlen von Quarz folgende Leistungen ergeben:

8000 kg/Std. bei einer Feinheit von Sieb Nr. 20
5500 „ „ „ „ „ „ „ „ 50
3500 „ „ „ „ „ „ „ „ 100

mit einem Kraftverbrauch von etwa 45 HP.

Eine Maxecon-Mühle, die als Vorschroter in einer Zementfabrik arbeitete, hat folgende Ergebnisse für Drehofenklinker erzielt:

Eine stündliche Leistung 1,775 kg, von denen

19% durch das Sieb von 4900 Maschen auf den qcm
32% „ „ „ „ 120 „ „ „ „
12% „ „ „ „ 64 „ „ „ „
37% „ „ „ „ 5 Millimeter-Maschen

gingen mit einem Kraftaufwand von 25 HP.

In einer anderen Fabrik, in welcher 8 solcher Mühlen als Fertigmühlen für Rohmehl arbeiteten und 8 Stück zum Mahlen von im Drehofen gebranntem Zement hat man eine stündliche Leistung von 4500 kg bei den ersteren und 3000 kg bei den zweiten erzielt, wobei das Rohmaterial in Stückgrößen bis zu 12,5 mm aufgegeben und in Mehl über-

führt wurde. Kraftverbrauch für die Mühle 32 HP. Für die Hilfsmaschinen, wie Becherwerke, Wichtsichter, usw. 5 HP für die Einheit, also im ganzen 37 HP für eine Mühle.

Zum Mahlen von Drehofenzement hat die Sturtevant-Mühle Nr. 3 in verschiedenen Anlagen, wo sie als Vorschroter zur Speisung von Feinrohrmühlen verwendet wurde, folgende Ergebnisse erreicht:

Leistung kg:	7750	auf Sieb Nr. 20	mit einem Kraftverbrauch von	35	HP
„ „	9300	„ „ „ 20	„ „	38	„
„ „	5150	„ „ „ 80	„ „	25	„
„ „	6650	„ „ „ 80	„ „	24	„

Eine „Duplex“-Mühle ergab:

20—30000 kg/Std.	durch Sieb Nr. 20
15—20000	„ „ „ 40
10—15000	„ „ „ 80

Das Rohmaterial wurde in Stückgrößen bis 38 mm aufgegeben.

Das Mahlgut dieser Mühlen diente zur Speisung einer Feinrohrmühle. Es ist noch zu bemerken, daß die Leistung der Feinrohrmühle um so viel höher war, als ihre Beschickung mit feinerem Aufgabegut stattfand. Ebenso schwankte der Kraftverbrauch für eine gleiche Rohrmühle von 1500 mm Durchmesser und 6600 mm Länge, welche den Zement auf eine Feinheit von 85% durch ein Sieb von 6400 Maschen per qcm mahlte, für die t/Std. von 28 bis 10 und 5,6 HP, je nachdem man Mahlgut mit einer Feinheit durch Sieb Nr. 20, 40 oder 80 aufgab.

Die günstigste Zusammenstellung dieser beiden Maschinen ist also auszuprobieren. Die Fabrik Sturtevant schlägt folgende Mahlgruppe vor:

1 „Duplex“-Mühle Nr. 2, die Stücke von 38 bis 50 mm Größen aufnimmt. Stündliche Leistung 10 bis 17000 kg; erforderlicher Kraftverbrauch 80 bis 90 HP.

2 Siebe Newaygo Nr. 3, welche das Mehl bis Sieb Nr. 80 absieben. Notwendige Kraft für beide: 2 HP.

1 Feingrießmühle 1800 mm Durchmesser und 5200 mm lang, gespeist mit Mahlgut, das vorher auf die Feinheit des Siebes Nr. 80 gebracht wurde und gemahlen auf eine Feinheit von 85% durch Sieb Nr. 200. Die Leistung ist dann 10000 bis 15000 kg/Std. bei einem Kraftverbrauch von 75 bis 85 HP.

Man erhält dann zusammen eine Leistung von 240 bis 360 t in 24 Stunden mit einem Kraftverbrauch von 14 HP für die t/Std.

## II. Pendelmühlen.

### A. Allgemeines.

Die Pendelmühlen bestehen aus einem Hartstahlring, dessen Innenfläche die Mahlbahn bildet. Dieser Ring ist befestigt und wird durch den Maschinenrahmen in horizontaler Ebene festgehalten. Ein oder

mehrere Pendel, die mit Stahlbandagen versehen sind, drehen sich frei um die Pendelachsen. Diese Pendelachsen werden durch den Antrieb in eine Drehbewegung um die stehende Hauptwelle versetzt, die durch die Mitte des festliegenden Mahlrings geht. Auf diese Weise werden die Pendel unter der Wirkung der Zentrifugalkraft gegen die Mahlbahn geworfen, nach Art der Schenkel eines Dampfmaschinenregulators. Dabei rollen die Pendel um ihre eigene Achse und zerreiben das Mahlgut. Das Mahlgut wird am Rande des feststehenden Mahlrings aufgegeben. Es wird durch das Vorbeigehen der Pendelrollen zertrümmert und fällt dann auf den Boden der Schüssel im Maschinenrahmen.

Ein Schaberzeug wirft nun fortdauernd das Mahlgut gegen die Mahlbahn. Es ist auch kein Bruch zu befürchten, wenn tatsächlich einmal ein nicht vermahlbarer Fremdkörper hineinfällt, weil die Pendelrollen nur durch die Wirkung der Zentrifugalkraft gegen den Mahlring gedrückt werden.

Die Pendelmühlen sind fast immer mit einer inneren Absiebung versehen. Der Pendelschaft trägt Flügel, welche einen starken Luftstrom erzeugen. Dieser Luftstrom wirft die genügend zerkleinerten Teilchen gegen das Seitensieb oder besser gesagt, die Sichtung des Mahlgutes, wenn es die nötige Feinheit erreicht hat, vollzieht sich ausschließlich durch einen pneumatischen Vorgang („Raymond“-Mühle).

Wie wollen nun einige verschiedene Bauarten, wie sie auf dem Markte angeboten werden, untersuchen. Nach ihrer Verwendung teilen wir sie in zwei Gruppen ein:

1. Mühlen zum Feinmahlen für trockene Rohstoffe.
2. Mühlen zum Amalgamieren von Golderzen.

## B. Pendelmühlen zur Feinmahlung trockener Rohstoffe.

### 1. Griffinmühle.

Die am längsten bekannte Ausführung dieser Maschinensorte ist die Griffinmühle (Abb. 105), deren Erfindung in einem Zeitraum von 30 Jahren zurückreicht. Der Mahlring (70) wird durch einen Gegenring (48) der, die Rundsiebe trägt, an seinem Platz festgehalten. Das Mahlgut wird in Stücken von 15 bis 20 mm durch eine selbsttätige Schneckenauflage (49) aufgegeben. Es wird der Wirkung der sich drehenden Pendelrollen ausgesetzt und fällt dann in die Schüssel des Maschinenrahmens. Die Räumler (8), welche unterhalb der Pendelrollen angebracht sind, rühren fortdauernd das Mahlgut auf. Die Pendelwelle trägt Flügel (6), welche einen Luftstrom erzeugen, der seinerseits das Mahlgut gegen die Seitensiebe wirft. Die Rückstände fallen auf die Mahlbahn zurück, während das Feine durch das Sieb

hindurchgeht. Es wird durch Seitenkanäle in eine innere Transportschnecke abgeführt.

Eine Blechhülle umschließt die Maschine und verhindert jedes Entweichen des Staubes.

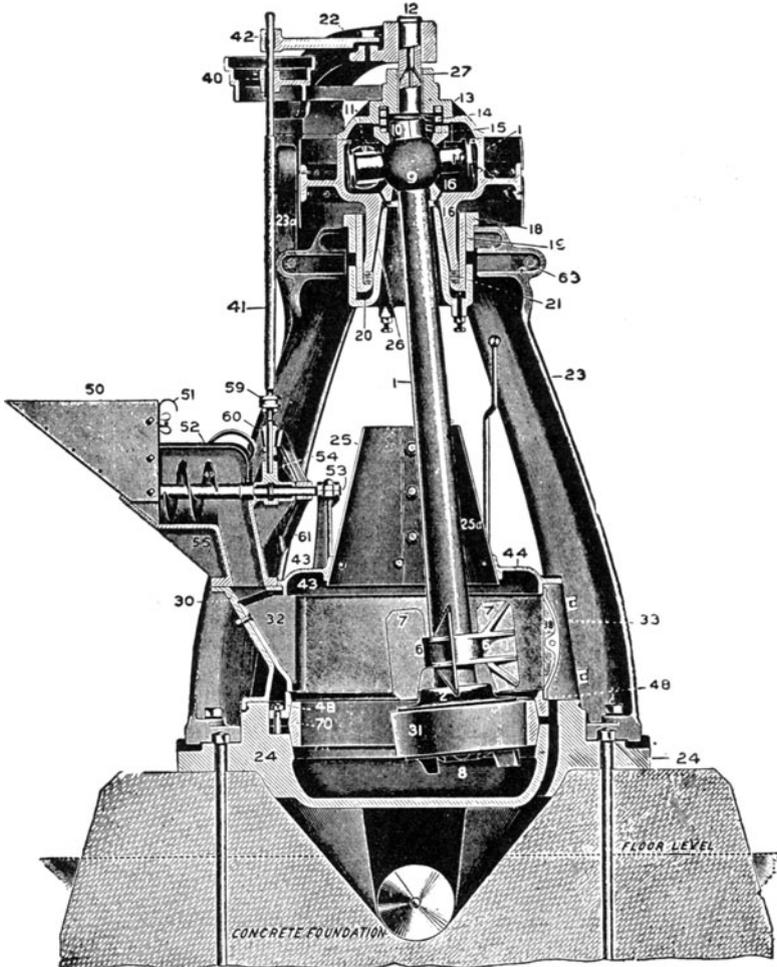


Abb. 105. Griffinmühle.

Der Kopf, welcher die Pendelachse (1) trägt, ist in einem sehr widerstandsfähigem Gehäuse (Abb. 105) aufgehängt, das von zwei starken Guß- oder Holzständern mit Zugankern (Abb. 105) festgehalten wird. Diese letztere Vorrichtung dient dazu, um die Erschütterungen aufzunehmen.

Die Antriebsscheibe (17) ist unmittelbar um den Kopf, in welchem der Pendelarm aufgehängt ist, montiert und erhält ihren Antrieb durch einen halbgeschränkten Riemen oder besser durch einen Elektromotoren mit senkrechter Antriebsachse.

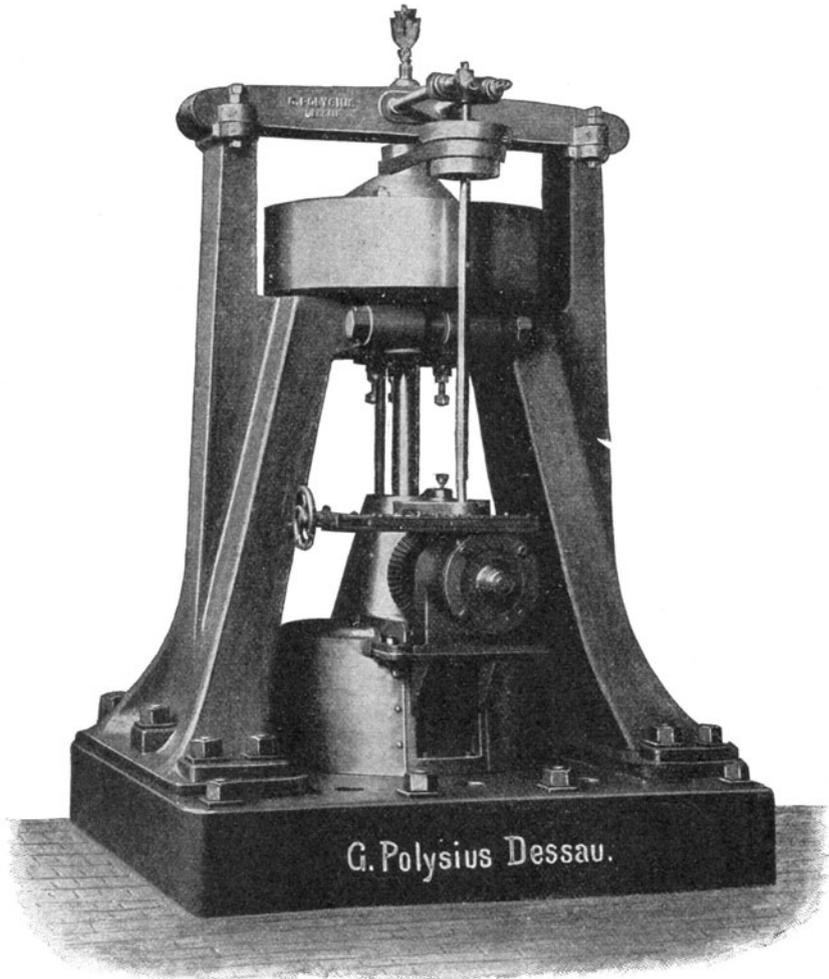


Abb. 106. Pendelmühle von G. Polysius, Dessau.

Die Griffinmühle ist im Schnitt dargestellt und wird von der Bradley Pulverizer Co in Boston gebaut.

Die Mahlbahn hat 30 Zoll, d. h. 762 mm inneren Durchmesser. Die Hauptangaben sind folgende:

Durchmesser der Pendelrollen . . . . .	457 mm
Ganze Höhe über dem Fundament . . . . .	2600 „
Abmessung über der Fundamentplatte . . . . .	2100 × 1600 „
Entfernung der Antriebs Scheibenmitte vom Boden . . . . .	2045 „
Abmessung der Riemenscheibe . . . . .	760 × 200 „
Umdrehungen in der Minute . . . . .	200 „
Notwendige Betriebskraft . . . . .	20—25 HP
Gewicht mit Holzgestell etwa . . . . .	5000 kg
Mahlruck . . . . .	etwa 2750 „

Die Mühle von G. Polysius ist im Aufriß durch Abb. 106 dargestellt und hat ungefähr die gleichen Abmessungen.

Die Leistungen bei der Vermahlung der nachstehenden Trockenrohstoffe, welche in Korngrößen von 15 bis 20 mm aufgegeben und auf verschiedene Feinheiten gemahlen werden, sind in der nachstehenden Zahlentafel 28 angegeben.

Die Firma Bradley Pulveriger Co in Boston bringt unter dem Namen „Géant“ eine Griffinmühle von 40 Zoll (1,016 mm Durchmesser) auf den Markt, deren Leistungsfähigkeit ungefähr gleich dem 2½-fachen der Mühle von 30 Zoll ist.

Die Griffinmühle „Géant“ (Riese) wiegt ungefähr 11,750 kg.

Sie nimmt einen Raum von 2135 × 2135 mm bei einer Höhe von 3125 mm ein. Die Pendelrolle hat 610 mm Durchmesser und arbeitet mit einer Zentrifugalkraftpressung von ungefähr 6800 kg.

Eine „Géant“-Mühle mahlt in der Stunde 9000 bis 12000 kg harten Kalkstein und 7000 bis 10000 kg Kohle mit einem Kraftbedarf von 65 bis 75 HP.

An Drehofenklinkern leistet sie nur 4600 bis 6000 kg mit einem Kraftbedarf von 75 bis 80 HP. In allen Fällen ist das Aufgabegut in Stücken bis 25 mm zulässig und das erzeugte Mehl hat einen Rückstand von 1% auf dem Sieb von 1600 Maschen p. qcm und von 10% auf dem Sieb von 4900 Maschen p. qcm.

Die Mühle von Bradley „Herkules“, die vor kurzem auf dem Markt erschienen ist, ist noch leistungsfähiger als die vorhergehend genannten. Sie verbraucht 250 bis 300 HP und kann 20000 bis 30000 kg Drehofenklinker in der Stunde leisten, so daß das Mehl durch Sieb Nr. 20 geht und nur 40 bis 50% Rückstand auf dem Sieb Nr. 100 zurückläßt.

Die „Herkules“-Mühle stellt also eine Vorschrotmühle von sehr großer Leistungsfähigkeit dar. Unter Nachschaltung von mehreren Feinrohmühlen ist sie von mehreren großen amerikamischen Zementfabriken aufgestellt worden, welche sich sehr befriedigend über sie aussprechen.

Zu bemerken ist noch, daß die neuesten Ausführungen mit einem mit Maschine geschnittenen Winkelzahnradantrieb, der im Ölbad läuft, versehen sind.

Zahlentafel 28. Leistungsfähigkeit der Griffinmühle.

Rohstoffe	Stundenleistung in t	Feinheit, Rückstand in % auf Sieb Nr.					
		60	76	100	120	180	240
<b>Zementklinker:</b>							
Rotierofenklinker . . . .	1—1,25	—	Spuren	1—2	—	10—12	—
Schachtofenklinker . . . .	1,25—1,75	—	0,5	1	—	12—14	—
<b>Chromerz:</b>							
Neukaledonien . . . . .	1,85—2	—	—	1	3—4	10—12	—
Hard . . . . .	1—1,25	—	—	—	3—5	12—14	—
Eisenoxyd . . . . .	0,6—0,7	—	—	0,5	—	10	—
<b>Feuerfester Ton:</b>							
a) . . . . .	3	—	19	28	—	—	—
b) . . . . .	0,9	—	—	0,7	1—2	8	—
<b>Graphit (Ceylon):</b>							
a) . . . . .	1,25—1,75	—	3	—	—	18—20	—
b) . . . . .	0,6—0,75	—	—	3	4	11	—
<b>Kalkstein (Zementherstellung):</b>							
hart . . . . .	1,75—2,25	—	0,5	1—2	4	12—14	—
weich . . . . .	2,25—2,75	—	1—2	—	—	14—16	—
<b>Kalk (Landwirtschaft):</b>							
hart a) . . . . .	2,75—3	5—6	8—10	14—16	—	30—34	—
„ b) . . . . .	2—2,5	1—2	2—3	6—8	—	18—20	—
weich a) . . . . .	3,25—3,5	8—10	—	16—18	—	—	—
„ b) . . . . .	2,5—3	5	—	10—12	—	—	—
<b>Kohle (für Drehöfen):</b>	1,5—2,25	—	Spuren	1—2	—	10—12	—
<b>Koks (für Gießereien):</b>							
a) . . . . .	1—1,2	—	3—5	8—10	—	—	—
b) . . . . .	0,5—0,6	—	Spuren	2	3	9—12	—
<b>Phosphate:</b>							
Florida High Grade. . . .	1,5—1,65	—	—	12—13	—	—	—
Gafsa . . . . .	2,6—2,7	—	—	12—13	—	—	—
<b>Quarz (kalziniert, Sand):</b>							
a) . . . . .	1,75—2	0,5	1	2—3	6	16—18	—
b) . . . . .	0,5—0,6	—	—	—	—	3—4	10—12
<b>Schiefer (Staub für Kohlenbergwerke)</b>	1—1,25	—	—	1	—	9—12	12—15
<b>Schwerspat (für Farben):</b>							
a) . . . . .	2,75—3	—	1—2	—	—	14—18	—
b) . . . . .	0,7	—	—	—	—	0,75	2,5
c) . . . . .	0,5	—	—	—	—	Spuren	—

Die Griffinmühlen haben zahlreiche Anwendung für die Vermahlung von trockenen, verschieden harten Rohstoffen gefunden. Eine gewisse Zahl von englischen und amerikanischen Zementfabriken gebrauchen diese Maschinen zum Mahlen ihrer Zementklinker, ebenso für ihre Rohstoffe und die Brennkohle. Besonders wenn man es mit Rohstoffen von ausnahmsweise großer Härte wie Drehofenklinker zu tun hat, wird der Verschleiß beträchtlich und um so unbequemer, als er sich in unangenehmer Weise äußern kann, indem er Stöße im Betrieb der Mühle herbeiführt und die Leistungsfähigkeit ernstlich vermindert. Das ist der Grund, weshalb in diesem Falle Kugelmühlen und Fein-

rohrmühlen allgemein mehr Verwendung finden. Dagegen für die Vermahlung von halbharten Rohstoffen wie Kohle, Kalkstein, Phosphate usw. bewahrt die Pendelmühle alle ihre Vorteile. Mit Rücksicht auf die Vergrößerung der Leistungsfähigkeit hat man Mühlen mit mehreren Pendeln gebaut, welche in demselben Mahrling arbeiten. Wir wollen uns nun einige solche Bauarten ansehen.

## 2. Mühlen mit mehreren Pendeln.

a) Bradleys Dreierollenmühle. Die Firma Bradley Pulverizer Co, die sich hauptsächlich auf den Bau von Griffmühlen eingerichtet hat, bringt besonders eine Mühle mit drei Pendeln, die zum Vermahlen von trockenen, halbharten Rohstoffen, wie Kalksteine, Kohle, Phosphate usw. ausprobiert ist, auf den Markt.

Diese Maschine ist im Schnitt in der Abb. 107 dargestellt. Die senkrecht stehende Hauptwelle ist in einem Kugelstützlager über einer oberen Traverse, die durch ein Profileisengerüst getragen wird, aufgehängt und wird außerdem durch ein Mittellager geführt. Am unteren Teil dieser Welle ist ein Mitnehmernebenstück aufgekeilt, das die drei Pendel trägt, sowie mehrere zum Umrühren des Rohmaterials bestimmte Schaber und endlich eine Verteilungsvorrichtung, die fortdauernd das Mahlgut mit Hilfe von drei sich mit dem Apparat drehenden Schaufeln vor den Pendelrollen ausschüttet. Diese Vorrichtung wird durch einen in der Mitte angebrachten Trichter, der seinerseits durch eine selbsttätige Schneckenauflage gefüllt wird, gespeist. Die Aufhängung der Pendelarme ist so angebracht, daß die Reaktion der Zentrifugalkraft einer senkrecht nach oben gerichteten Komponenten folgt. Diese Kraft versucht die Aufhängung um einen Teil des Gewichts des sich drehenden Pendels zu erleichtern und damit die Reibung zu vermindern.

Andererseits sind die Lagerungen der Pendel wirksam gegen Staub durch eine auf der Abbildung sichtbare Vorrichtung geschützt.

Die Sichtung und Entleerung vollzieht sich wie bei der Griffmühle. Die hauptsächlichsten Angaben über diese Maschine sind die folgenden:

Ausmaße der Fundamentplatte . . . . .	mm 2600 × 1625
Durchmesser der Antriebsriemenscheibe . . . . .	„ 1066
Ganze Höhe der Mühle. . . . .	„ 2500
Höhe der Mitte der Antriebsriemenscheibe . . . . .	„ 1854
Durchmesser des Mahlrings. . . . .	„ 1066
Durchmesser der Mahlrollen. . . . .	„ 406
Umdrehungen in der Minute . . . . .	160
Gesamtgewicht der Maschine . . . . .	kg 6125
Kraftverbrauch . . . . .	HP 30—40

Die Speisung findet statt mit Mahlgut, das durch den Ring von 20 mm Durchmesser geht. Die erhaltene Mehlfeinheit kann nach den

Abmessungen des Siebes Nr. 6 bis zu Nr. 100 oder sogar auch bis zu Sieb Nr. 200 wechseln.

Die erzielten Leistungen sind für Kohlen oder Kalkstein 6000 bis 8000 kg in der Stunde und für Phosphate 5000 bis 6000 kg in der Stunde.

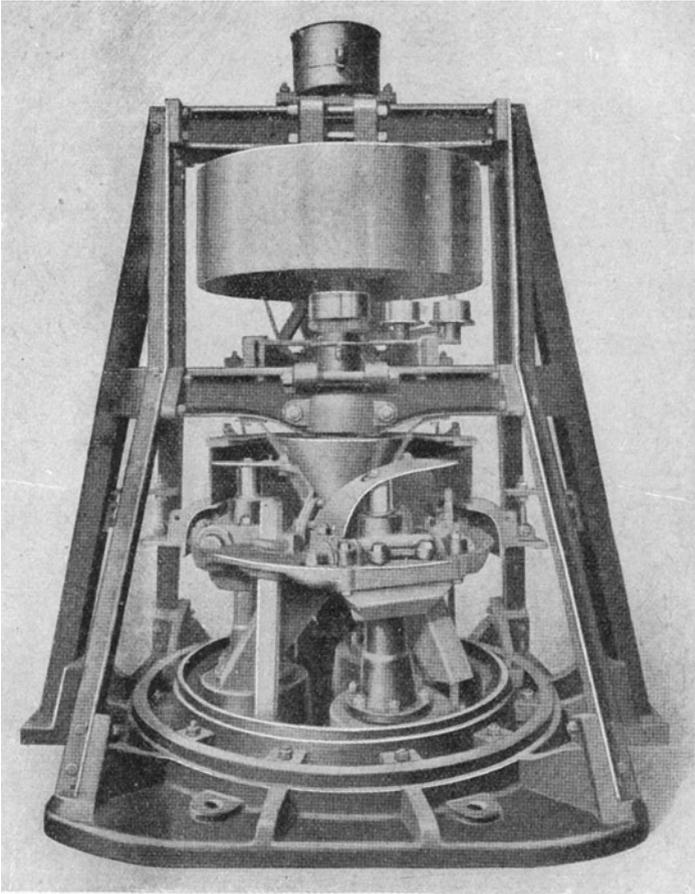


Abb. 107. Bradley-Mühle

b) Pendelmühlen, Bauart „Barthelmess“. (Rheinische Maschinenfabrik Neuß). — Diese Mühlen bestehen aus zwei wesentlichen Bestandteilen. Dem feststehenden Mahlring und dem Mitnehmer, der alle sich bewegenden Teile trägt.

Der Mahlboden oder Mahlteller (1) Abb. 108 trägt in seiner Mitte die vertikale Hauptwelle (2), um welche der Mitnehmer (5), der seinerseits

auf einem Kugelstützlager (3) ruht, sich dreht. Die Mahlfläche wird durch einen Mahlring (16), der durch einen Befestigungsring (17) festgehalten wird, gebildet. Auf diesen letzteren stützt sich ein aus austauschbaren Stücken zusammengesetztes Rundsieb (18). Dieses Sieb ist von einer mehrteiligen Hülle (20) umgeben, die gleichzeitig den Mahlraum einhüllt. Der Mitnehmer bildet gleichzeitig den Deckel für

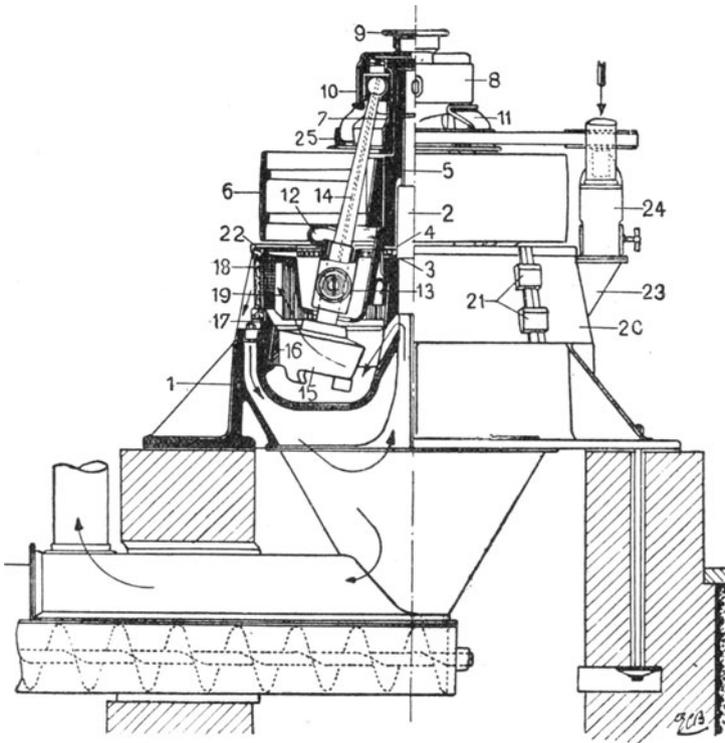


Abb. 108. Pendelmühle Bauart Barthelmess.

den Mahlraum. Er ist mit Öffnungen versehen, durch welche die Pendel und die oben gelegenen Supporte hindurchgehen. Die kugelförmigen Enden der Pendelarme (14) werden in zweiteiligen Lagern (10) festgehalten, die in einer zylindrischen Ausdrehung des Mitnehmerkopfes (8) geführt werden. Diese Lager werden durch Federn nach unten gegen einen Bund gedrückt. Die Pendel werden außerdem durch unten gelegene Lager (12), die mit dem Mitnehmer durch Federn verbunden sind und eine radiale Verschiebung gestatten, geführt. An den Enden der Pendel sind Rollen oder Hartstahlbrechkörper (15) befestigt. An dem Umfange des Mitnehmers befindet sich ein Ventilator (19), der

durch eine große Zahl von dünnen Flügeln gebildet wird. Er trägt gleichzeitig im Innern ein Schutzsieb aus gelochtem Blech. Die Schmierung sämtlicher sich drehender Teile wird durch einen, am oberen Teil der Mühle angebrachten Zentralschmierapparat (9) besorgt, von dem durch Kanäle das Schmiermittel an alle notwendigen Orte geleitet wird.

Das Mahlgut wird durch eine seitlich angebrachte, selbsttätige Aufgabevorrichtung geführt. Der Mahlvorgang vollzieht sich zwischen dem Mahlring und den Pendelrollen, die durch die Wirkung der Zentrifugalkraft gegeneinander gedrückt werden.

Die Verbindung der Siebe mit dem Windsichter gestattet eine große Mahlfeinheit zu erreichen mit Sieben von verhältnismäßig groben Maschen. Da die Siebe beständig durch den Luftzug ventiliert werden, ist keine Verstopfung zu befürchten; selbst im Falle der Verarbeitung feuchter Rohstoffe, vorausgesetzt, daß sie nicht klebrig sind.

Einer der Vorteile dieser Bauart ist der leichte Zugang zum Mahlraum. Durch einfaches Heben des Mitnehmers werden alle beweglichen Teile zutage gefördert und können dann bequem besichtigt werden. Außerdem ist die Raumbeanspruchung dieser Maschine sehr gering.

Die Rheinische Maschinenfabrik in Neuß baut Pendelmühlen oder Mörsermühlen in vier Größen, deren jede 2 oder 3 Pendel tragen kann.

Die nachstehende Zahlentafel 29 gibt die erforderlichen Angaben über diese Maschinen.

Zahlentafel 29. Pendelmühlen.

Modell Nr.	PM 60	PM 80	PM 100	PM 120	
Durchmesser des Mahlringes. mm	600	800	1000	1200	
„ „, oberer, der Pendelrollen . . . . . mm	230	315	390	475	
Raumbedarf { Durchmesser . . . . .	1250	1700	2000	2400	
{ Höhe . . . . .	1100	1400	1700	2000	
Umdrehungen i. d. Min. . . . .	200	180	160	142	
Riemenscheibenabmessungen. mm	625 × 200	900 × 265	1125 × 335	1250 × 400	
Kraftverbrauch: 2 Pendel . . . HP	4—6	8—12	16—24	30—40	
3 Pendel . . . „	6—8	12—16	24—30	40—50	
Ungefähres Gesamtgewicht:					
2 Pendel . . . . . kg	1250	2800	4750	6900	
3 Pendel . . . . . „	1380	3100	5100	7350	
Gewicht {	1 Mahlringes . . . . .	55	80	150	210
	1 Pendelrolle . . . . .	25	55	100	150
	1 Pendelarmes . . . . .	17	30	50	70
	1 Satzes Siebe (mit Holzrahmen) . . . . . kg	14	22	30	35
	1 Ventilators mit Schutzsieben . . . . . „	12	27	45	70

c) Feinmühlen Bauart „Raymond“. Die Firma Raymond Bros-Impact Pulverizer Co, Chicago hat sich schon seit vielen Jahren auf den Bau von Feinmahlmachines für trockene Rohstoffe

besonders eingerichtet. Der hauptsächlichste Teil ihrer Tätigkeit richtet sich auf den Bau von Pendelmühlen mit Windrichtung. Sie hat mehrere Modelle geschaffen, die wir nun kurz untersuchen wollen. Die Abb. 109 stellt einen Schnitt durch eine Raymond-Mühle dar. Die Rollen *R*, welche von den Pendelarmen getragen werden, wälzen sich auf den Mahlring *B*. Die Pendelarme, auf denen die Rollen festgekeilt sind, drehen sich in langen Lagerungen, die in einer, an den Mitnehmer seitlich bewegbar befestigten Hülse liegen.

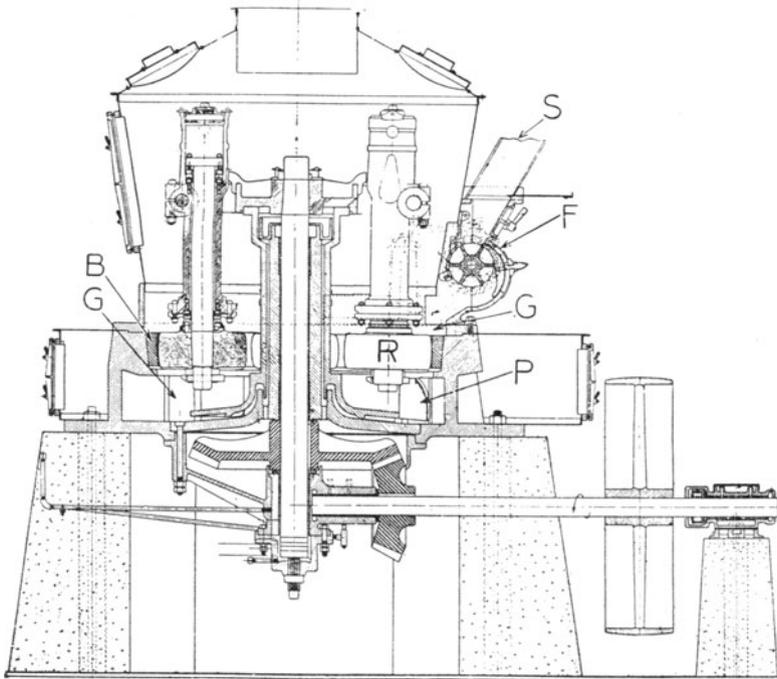


Abb. 109. Schnitt durch eine Raymond-Mühle.

Die Hauptantriebswelle, welche diesen Mitnehmer trägt, wird in einem langen, bis zur Mitte des Maschinenrahmens reichenden Lager geführt. Sie ruht auf einem Spurzapfen in einem Spurtopf mit Spurfanne. Der Antrieb erfolgt wie unten mit Hilfe eines konischen Zahntriebes. Der Mitnehmer (Abb. 110) hüllt das Lager der stehenden Hauptantriebswelle vollständig ein. Am oberen Teil trägt er die Gabellager *S*, die dazu bestimmt sind, die zwei, drei, vier oder fünf Pendelarme je nach der Type der Maschine aufzunehmen. An dem unteren Teil ist er mit den schrägliegenden Schabern *P* zusammen gebaut, von denen je einer vor jeder Mahlrolle liegt. Diese Schaber nehmen das Mahlgut von dem feststehenden Boden des Mahltellers und heben es

gegen die Mahlbahn, wo es der weiteren Zerkleinerung unterworfen wird.

Die Beschickung findet durch eine Fächerwalze *F* statt, über der ein Trichter *S* befestigt ist. Diese Walze hat den Zweck den Trichter immer unter Abschluß zu halten, denn jeder Eintritt von Luft bei der Zuführung des Aufgabegutes ist schädlich, da die Mühle unter Unterdruck arbeitet.

Die hauptsächliche Eigentümlichkeit dieser Ausführung beruht in der Tat in der Art der Trennung der genügend feinen Mehlteilchen.

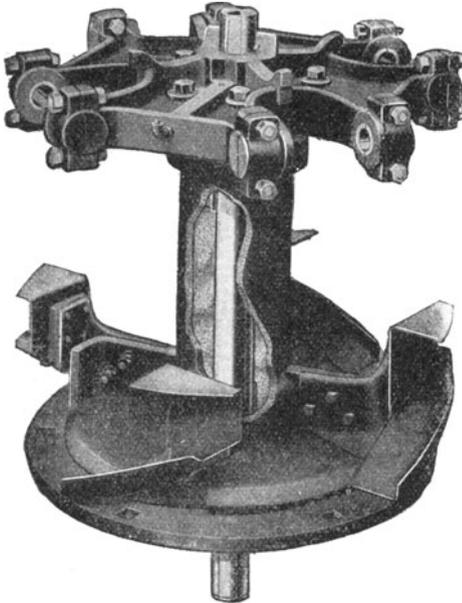


Abb. 110. Mitnehmer einer Raymond-Mühle.

Der Mahlvorgang vollzieht sich in einer abgedichteten Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech. Ein Saugrohr ist am oberen Teil dieser Blechumhüllung angebracht. Der untere Teil des Maschinenrahmens *G* (Abb. 109) besitzt seitliche Lufteinlässe, deren Form einem Turbinenregulator sehr ähnlich ist.

Die gemahlene Materialteilchen, welche die gewünschte Feinheit erreicht haben, werden durch den Luftstrom mitgerissen, die anderen fallen auf unbestimmte Zeit in den Mahlraum zurück.

Diese Vorrichtung vervollständigt sich notwendigerweise durch einen Ventilator, einen oder zwei Zyklon-Staubsammler und die Verbindungsrohrleitung. Eine solche Zusammenstellung ist in der Abb. 111 dargestellt. Diese Einrichtung arbeitet im geschlossenen Kreislauf, das heißt die nach dem Durchgang durch den Zyklon vom Staub gereinigte Luft kehrt in die Mühle zurück.

Die von Raymond frères gebaute Maschinenserie umfaßt folgende Mühlen:

1. Zwei Ausführungen „Low Side“ nach Abb. 109 mit vier und fünf Pendeln. Diese Maschinen eignen sich gut zum Mahlen von Kohlen, Koks, Gips, Kalk, Phosphaten und ähnlichen bis auf eine Mahlfeinheit von 95% durch das Sieb Nr. 100.

2. Zwei Ausführungen: „High Side“ von der gleichen Bauart, aber bei diesen ist der Mahlraum mit einem doppelkonischen Sichter überbaut, der eine Mehlfeinheit von 99% durch das Sieb Nr. 200 erzeugt.

Eine ähnliche Mühle ist in der Abb. 111 zu sehen.

3. Zwei Ausführungen geringerer Größe haben entsprechend nur

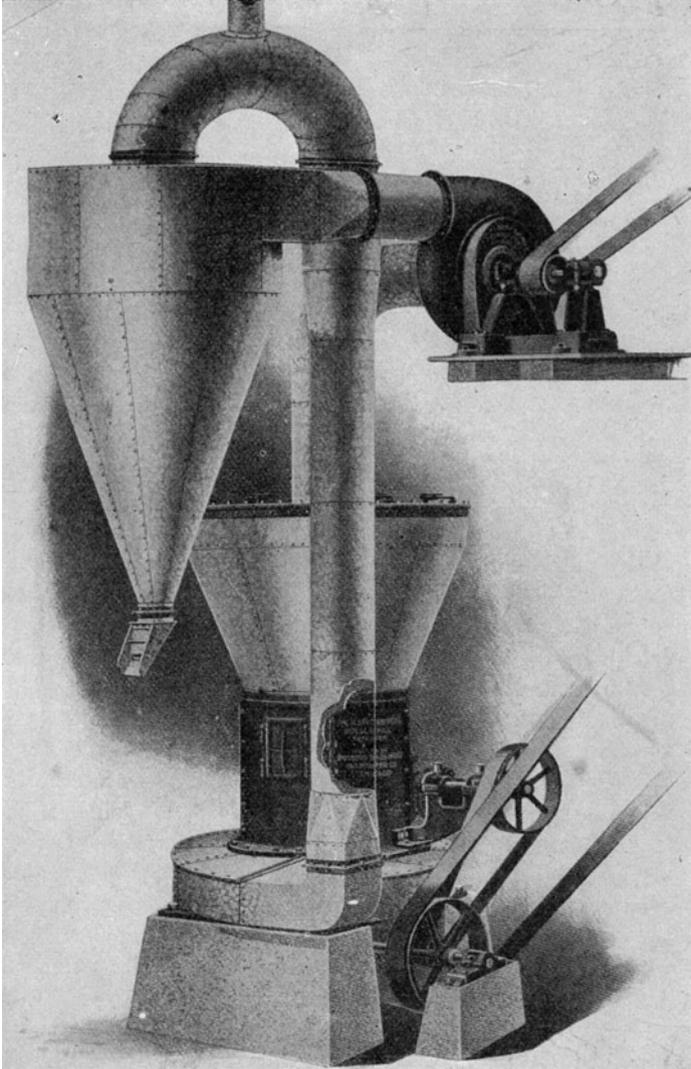


Abb. 111. Mühle mit Windsichter, Bauart Raymond.

zwei oder drei Pendelrollen. Die Bauart weicht etwas von den vorhergehend besprochenen Maschinen ab. Die Umhüllung des Mahlraumes

ist aus Gußeisen hergestellt und trägt an seinem oberen Teile einen Querträger, in dessen Mitte sich die senkrechte Antriebswelle dreht. Der Mitnehmer ist zweiteilig. An einem oberen Bügel sind die Pendelarme aufgehängt und er trägt am unteren Teil das Schaberzeug. Die Welle selbst ist auf ihre halbe Länge frei. Der übrige Teil der Maschine ist von ähnlicher Bauweise wie die schon beschriebenen Mühlenausführungen. Die erzielten Mehlfeinheiten sind die gleichen wie oben angegeben, je nachdem man einen einfachen oder doppelkonischen Windsichter verwendet.

Die Vorteile der Raymond-Mühlen sind unabhängig von denjenigen, die jeder Pendelmühle guter Ausführung gebühren, die folgenden:

1. Die Mehlfeinheiten, die erzielt werden können, sind sehr große, praktisch mit keinem Rückstand, weil man im geschlossenen Umlauf arbeitet, es sei denn, daß das gemahlene Gut nicht mahlbare Rohstoffe zum Ausscheiden enthält.

2. Das Abziehen der genügend feinen Teilchen geschieht sofort, so daß die Mahltätigkeit sich nur auf die gröberen Teilchen erstreckt. Es ist also keine Verstopfung des Austrages zu befürchten. Infolgedessen kann man große Leistungsfähigkeiten erzielen selbst bei sehr hohem Feinheitsgrade.

3. Keine Siebe, die man oft herausnehmen und wieder einbauen muß und die die Gefahr sich zu verstopfen in sich bergen.

4. Durch die Tatsache der lebhaften Luftbewegung wird das Mahlen von feuchten Rohstoffen erleichtert.

5. Welches auch die Mehlfeinheit sei, die ganze Maschinenanlage wird vollständig staubfrei sein, weil alle Maschinen absolut staubdicht sind. Alle Bedingungen der Sauberkeit und der Hygiene sind erfüllt.

6. Der Zyklon-Staubsammler kann an irgendeiner, von der Mühle beliebig entfernten Stelle oder auch in irgendwelcher Höhe aufgestellt werden. Das fertige Mehl wird selbsttätig ohne irgendeine Hilfsfördermaschine, Becherwerk oder Schnecke an den gewünschten Ort geführt.

7. Die ganze Einrichtung arbeitet vollständig selbsttätig. Das Mahlgut wird in einen Trichter in Stückgrößen von höchstens 6 bis 37 mm je nach Härte aufgegeben. Es wird vollkommen auf die gewünschte Feinheit gemahlen und im geeigneten Augenblicke ohne Beihilfe irgendeiner anderen Maschine als die Mühle und den Ventilator an seinen Bestimmungsort gebracht.

Die Raymond-Mühlen eignen sich für die Feinmahlung von Schwespat, Bauxit, Ton, Soda, Zement, Kohle, trockene Farben, Gips, Graphit, Kalk, Bleiglätte, Phospat, Talk usw.

Dieses sind im besonderen sehr geschätzte Maschinen zur Herstellung von Kohlenstaub. Es sind in Frankreich mehrere Anlagen aufgestellt.

In der nachfolgenden Zahlentafel 30 haben wir die Zahlenangaben zusammengefaßt, welche uns über die Raymond-Mühlen mitgeteilt worden sind:

Zahlentafel 30. Raymond-Mühlen.

Anzahl der Pendelrollen	2	3	4	5	6
Mittlerer Kraftverbrauch, Ventilator eingeschl. HP	50	60	70	80	95
Mittleres Gewicht, Mühle, Ventilator, Zyklon und Rohrleitung einschließlich . . . . . t	12	13	14	15	17
Mittlere Leistung an Kohlenstaub 85% des Mehles durch Sieb Nr. 100 in t/Std. . . . . t	2	3	4	5	6
Leistung bei 95% durch Sieb Nr. 100 . . . . . t	1,6	2,4	3,2	4	4,8
Leistung bei 95% durch Sieb Nr. 200 . . . . . t	1,2	1,8	2,4	3	3,6

Wie man aus der obigen Zahlentafel ersieht, ist die Leistung proportional der Anzahl der Pendelrollen. Sie ist ziemlich genau 1 t in der Stunde für 1 Rolle bei Kohlenstaub in einer Feinheit von 80 bis 85% Mehl durch das Sieb Nr. 100, eine Feinheit, die für eine wirtschaftliche Verbrennung fetter Kohle mit geringem Aschengehalt genügt. Die Leistung vermindert sich um  $\frac{1}{5}$  in dem Falle, in welchem nicht mehr als 5% Rückstand auf dem Sieb Nr. 100 und  $\frac{2}{5}$  im Falle, in dem nicht mehr als 5% auf dem Sieb Nr. 200 bleiben soll.

Eine Mühle mit 5 Pendelrollen kann 6000 bis 8000 kg/Std. an Gips, der auf die Feinheit von 95% Mehl durch das Sieb Nr. 100 gemahlen ist, leisten oder 4000 bis 6000 kg/Std. an Phosphat oder Kalkstein auf dieselbe Feinheit, oder 12000 kg/Std. gelöschten Kalk in gleicher Feinheit. Ferner 2500 kg/Std. gebrannten Kalk (für Zuckerraffinerien) auf 95% Mehl durch das Sieb Nr. 200 oder 1000 bis 2000 kg/Std. Talk gemahlen auf eine Feinheit, daß das ganze Mehl durch ein Sieb Nr. 300 geht. Das ist gewiß eine der größten Feinheiten, die bis heute hergestellt worden sind.

Die Leistungsfähigkeit der andern Mühlenausführungen sind ebenfalls genau proportional der Anzahl der Pendelrollen.

### C. Pendelmühlen zum Aufbereiten von Erzen.

Die Pendelmühlen finden eine große Verwendung bei der mechanischen Aufbereitung der Erze. Die in diesem Falle verwendete Bauart ist die „Huntington“-Mühle, von der wir eine kurze Beschreibung geben wollen.

Die Abb. 112 zeigt eine perspektivische Ansicht der von der Firma Fraser & Chalmers in London gebauten „Huntington“-Mühle. Ein Holzrahmen trägt eine feststehende Schüssel, in welcher der Chromstahlmahlring gelagert ist. Dieser Ring wird eingeklemmt und an seinem Platz durch eine Anzahl Hartholzkeile festgehalten. Der Schüssel-

rahmen trägt in seiner Mitte eine hohle Säule, die die senkrechte Hauptwelle umschließt. Der Gegendruck wirkt gegen die Pfanne des Gegen-drucklagers. Der Antrieb wird durch ein konisches Zahnräderpaar übertragen. Die wagrechte Vorgelegewelle ist auf dem Holzgerüst befestigt. Am oberen Teil der senkrechten Hauptwelle ist ein Mitnehmer befestigt, der vier in abgedichtete Lager eingeschlossene Pendelarme trägt und vier einstellbare Schaber.

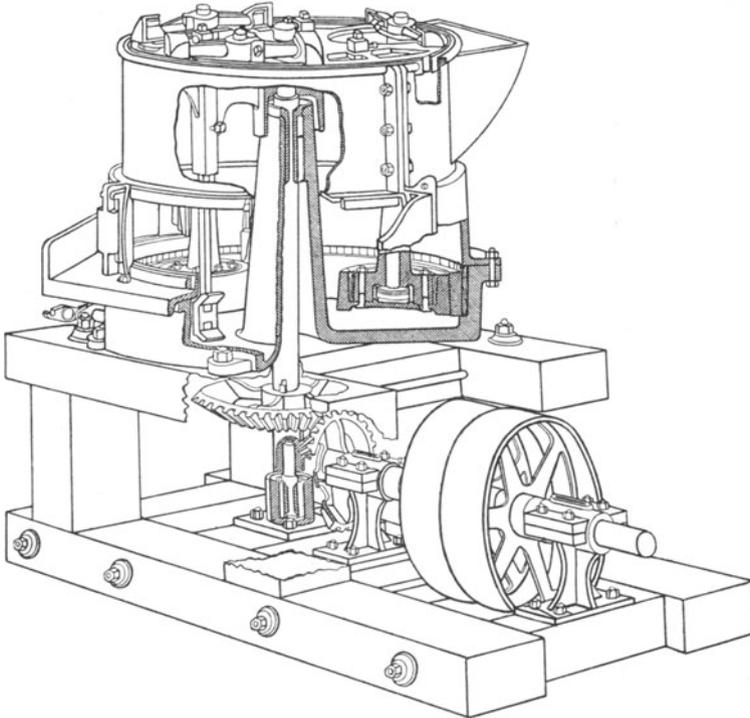


Abb. 112. „Huntington“-Mühle. Perspektiv-Ansicht.

Die Pendelrollen sind von einer Hartstahlbandage umgeben, welche in der Höhe genau dem Mahlring entsprechen. Zwischen der unteren Fläche der Pendelrollen und der Schüssel ist ein Zwischenraum von 1 Zoll (25 mm) vorhanden und ein Abstand zwischen den Schabern und dem Boden der Schüssel, der von 3 bis 6 mm wechselt, je nachdem die Mühle zum Mahlen von Mittelprodukten oder als Amalgamator verwendet wird.

Die leicht nach außen geneigten Siebe sind ganz um den Mahlring herum und über denselben verteilt angeordnet. Sie sind entweder aus Phosphorbronze oder für gröbere Mahlungen aus Blechen mit oblongen,

schräg stehenden Lochungen hergestellt. Endlich bildet die äußere Umhüllung bei der Naßmahlung eine Schüssel.

Bei der Erzaufbereitung finden die „Huntington“-Mühlen zweifache Verwendung.

1. Für das Nachmahlen des Mittelproduktes, welches von der Vorwäsche kommt;

2. Zum Mahlen und Amalgamieren von Golderzen in der gleichen Mühle.

Im ersten Falle werden sie mit Mahlgut von 2 bis 14 mm beschickt, je nach der Abmessung, die als Maschenweite am Kopf der Wäsche angenommen ist. Sie mahlen dieses Mahlgut auf die Feinheit von Sieb Nr. 20, 40 oder selbst 60 mit einem Minimum an Feinmehl oder Schlamm. In der Tat granuliert die Huntington-Mühle mehr, als sie Mehl mahlt, denn die Rohstoffteilchen werden, sobald sie die gewünschte Feinheit erreicht haben, sofort als fertiges Produkt abgeführt.

Für diesen Verwendungszweck arbeitet die Huntington-Mühle naß. Das Mahlgut wird dann mit Hilfe von Rundherden oder Schüttelherd „Vanners“ klassiert. Eine Mühle von 6 Fuß (1830 mm) kann täglich 75 t Erz mahlen, das von der Korngröße von 6 mm auf die Feinheit von Sieb Nr. 20 gebracht wird. Eine Mühle von 5 Fuß (1520 mm) leistet 25 t in 24 Stunden und mahlt von 19 mm Korngröße auf die Feinheit von Sieb Nr. 40.

Die „Huntington“-Mühle kann auch bei der Aufbereitung von goldhaltigem Quarz mit Erfolg zum Amalgamieren Verwendung finden. In diesem Falle bringt man das Quecksilber auf den Boden der Mahlschüssel. Da nun ein gewisser Zwischenraum zwischen den Pendelrollen und dem Boden der Mahlschüssel vorhanden ist, kann das Quecksilber durch die in Bewegung befindlichen Teile nicht getroffen werden und verspritzt infolgedessen nicht, wie bei den Pochwerken oder Stampfmühlen. Dennoch wird es genügend geschüttelt, um das Amalgam sich gut bilden zu lassen. Auf diese Weise kann man in der Mühle  $\frac{9}{10}$  des freien Goldes amalgamieren; der Rest wird außerhalb der Mühle auf kupfernen Amalgamationstischen aufgefangen.

Im allgemeinen gibt man dreimal so viel Quecksilber in die Mühle, als man Gold erwartet. Wenn man Erze mit  $\frac{1}{2}$  Unze Goldgehalt pro Tonne und 25 t in 24 Stunden aufbereitet, dann muß man alle 12 Stunden 18 Unzen Quecksilber zusetzen. Diesen Zusatz wird man auf einmal, während die Maschine stillsteht, zugeben.

Die Mühle soll zum Schmieren und oberflächlichen Nachsehen einmal jede 12 Stunden angehalten werden. Die Materialzuführung soll nur einen Augenblick vor dem Anhalten der Mühle unterbrochen werden ebenso der Wasserzufluß. Bei der Inbetriebsetzung und wenn die

Mühle voll Wasser ist, soll man Vorkehrungen treffen, daß das Einrücken langsam vor sich geht. Ohne diese Vorsicht riskiert man eine Gegenströmung zu erzeugen und das Quecksilber aus der Mühle hinauszuschleudern.

Zur Instandhaltung des Mahlrings baut man eine Spezial-Schleifrolle oder „grinder“, der sich an Stelle einer Mahlrolle einbauen läßt und läßt die Mühle damit mit vollen Umdrehungen laufen. In weniger als einer Stunde ist die Mahlfläche des Mahlrings wieder in Ordnung gebracht.

Die Huntington-Mühle wird von der Firma Fraser & Chalmers in drei Größen gebaut, deren Hauptangaben folgen (Zahlentafel 31).

Zahlentafel 31. Huntington-Mühlen.

Modell Nr.	1	2	3	
Durchmesser des Mahlrings . . . . .Fuß	3 $\frac{1}{2}$	5	6	
Durchmesser des Mahlrings . . . . .mm	1070	1520	1830	
Größte Maschinenabmessungen {	Breite . . . „	1260	1675	1980
	Länge . . . „	2000	3050	3350
	Höhe . . . „	685	865	940
Ganze Höhe der Maschine . . . . . „	1445	1725	1865	
Höhe des Auslaufes vom Fußboden . . . „	900	1015	1215	
Umdrehungen in der Minute . . . . .	90	70	55	
Ungefähres Gesamtgewicht . . . . . kg	3630	6800	9075	

Nach Ratel stellt sich bei gleicher Leistung ein Vergleich mit Poch- oder Stampfwerken wie folgt:

1. Der Preis ist fünfmal niedriger.
2. Die Betriebskraft ist weniger als die Hälfte.
3. Dauer der Aufstellung einige Tage an Stelle von sechs Monaten.
4. Beförderungskosten viermal weniger.

Die Huntington-Mühle ist eine in der Bergwerksindustrie sehr bevorzugte Maschine.

### III. Horizontal-Kugelmühlen (Fliehkraft-Kugelmühlen).

#### A. Allgemeines.

Der Hauptbestandteil dieser Mühlen ist ein wagrecht liegender Stahlring, dessen Innenfläche als halbrunde Mahlbahn ausgebildet ist, in der Kugeln rollen. Diese Kugeln liegen vor den Daumen der Mitnehmerarme, welche auf der, in der Mitte der Mühle sich drehenden, senkrechten Antriebswelle aufgekeilt sind. Sie werden durch diese in eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 130 bis 300 Umläufen in der Minute versetzt. Die Zentrifugalkraft drückt sie gegen die halbrunde

Höhlung der Mahlbahn, wo sie das mit Hilfe einer in der Mitte befindlichen Aufgabevorrichtung gleichmäßig über die Mahlfäche verteilte Aufgabegut zerkleinern.

Über der Mahlbahn ist ein Rundsieb befestigt, gegen welches das Mahlgut durch die Wirkung des Luftzuges geworfen wird, den die an den Mitnehmerarmen befestigten Flügel erzeugen. Das genügend gefeinte Mahlgut tritt durch das Sieb hindurch und wird unten an der Mühle abgezogen, während die Rückstände zur weiteren Vermahlung in die Mühle zurückfallen.

Die einzigen Teile, die bei der Arbeit verschleifen, sind die Kugeln und der Mahlring; aber der Verschleiß deformiert sie nicht. Die Mahlfächen drehen sich beständig in vollständiger Berührung miteinander, und daher können diese Teile bis zum vollständigen Verschleiß verbraucht werden, bis auf die Kugeln, deren mahlend wirkendes Gewicht sich mit zunehmendem Verschleiß vermindert. Man muß sie dann auswechseln, wenn nicht die Leistungsfähigkeit der Mühle sich fühlbar vermindern soll.

Der Antrieb vollzieht sich entweder durch eine unmittelbar auf der senkrechten Welle aufgekeilten Riemenscheibe, oder durch eine auf einem wagrechten Vorgelege befestigten Riemenscheibe mit Winkelradantrieb. In beiden Fällen kann der Antrieb über oder unter dem Mahlgehäuse angeordnet sein.

Dieses Mahlssystem ist zuerst von einem französischen Fabrikanten praktisch verwendet worden. Das ist die Fliehkraftmühle „Morel“, deren eine Ausführung in der Abb. 113 dargestellt ist. Die Bauart ist sehr einfach. Die Beschickung findet in der Mitte mittels eines Stoßschuhspeisers statt. Die Mühle ist besonders mit Rücksicht darauf geprüft worden, um alte Mahlgänge mit wagrecht liegenden Mühlsteinen auswechseln zu können. Bei gleicher Leistung verbraucht eine Fliehkraftmühle „Morel“ zwei- bis viermal weniger Kraft als ein alter Mahlgang.

Eine der hauptsächlichsten Anwendungen findet diese Mühle bei der Vermahlung der Kalkgrappiers, indem man die Mahlgänge ausschaltete, weil sie zu viel Kraft verbrauchten. Sie passen aber auch für alle trockenen, harten und halbharten Rohstoffe, wenn eine große Mahlfineinheit (Sieb Nr. 80 bis Nr. 200) gefordert wird.

Die „Morel“-Mühle wird in vier Größen ausgeführt, die von 100 bis 1000 kg in der Stunde leisten und 1,5 bis 15 HP Kraft verbrauchen.

Die Firma Morel baut auch eine Fliehkraft-Rohrkugelmühle. Die besteht aus einem senkrechten Gußeisenrohr, in welches Mahlringe stufenweise eingebaut sind. Kugeln, die durch Mitnehmerarme getrieben werden, zertrümmern das Mahlgut. Zwischen jedem Mitnehmerarm sind Zwischenwände eingebaut, die den Zweck haben, den Abfluß

des Mahlgutes zu verlangsamen. Jede dieser Zwischenwände ist mit einem Schieber versehen, der gestattet die Feinheit des Mehles nach Wunsch zu regeln. Die Aufgabe erfolgt am oberen Teil des Rohres. Das Mahlgut wird nacheinander der Wirkung jeder Kugelreihe ausgesetzt. Diese bewirken eine allmähliche Zerkleinerung des Mahlgutes, bis es unten als Mehl zerkleinert herausfällt.

Die Fabrik Amme, Giese & Konneggen in Braunschweig baut eine Mühle „Roulette“ genannt, die in Abb. 114 dargestellt ist. Der Mahlring (9) wird durch den zylindrischen Maschinenrahmen mit vier Füßen

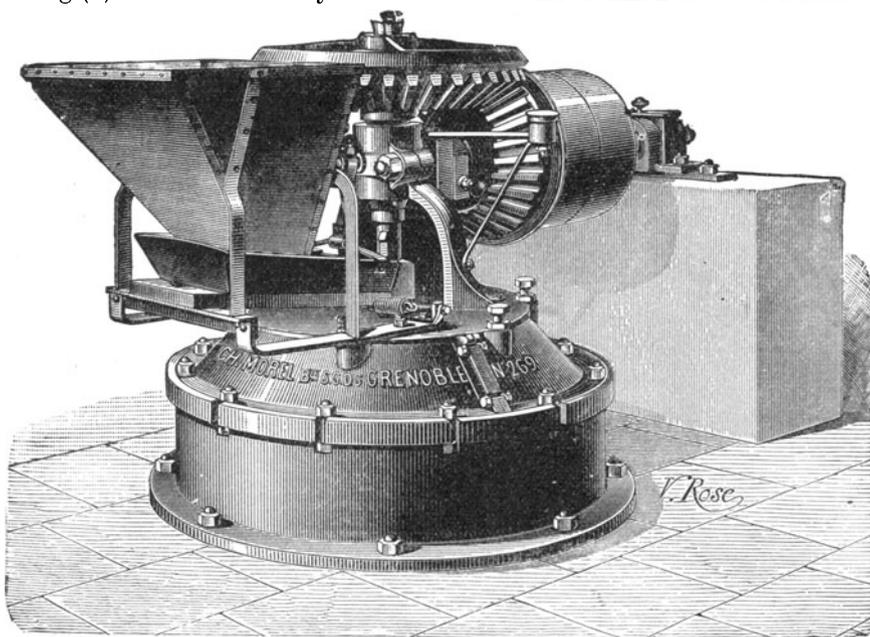


Abb. 113. „Morel“-Mühle.

aus Hohlguß getragen. Der konische Mitnehmer (6) ist am oberen Ende als Nabe ausgebildet und am oberen Teil der senkrechten Antriebswelle (2) aufgekeilt. Diese Welle ruht mit dem unteren Ende in einem Stützlager (20). Das Mahlgut wird durch die Mitte mittels einer Walzenaufgabe (31) zugeführt. Ein stumpfkönischer Trichter dreht sich mit dem Mitnehmer und trägt Flügel (4), welche die Dienste eines Ventilators versehen. Ein doppeltes, zylindrisches Sieb (11) bis (12) ist über dem Mahlring befestigt. Das fein gemahlene Mahlgut wird als Staub von dem Ventilator angezogen und durch die Siebe geschleudert. Der Abzug des Mehles vollzieht sich durch das Innere der hohlen Maschinenfüße in einen unter der Mühle angeordneten Trichter, während die Rückstände in den Mahlteller der Kugeln zurückfallen.

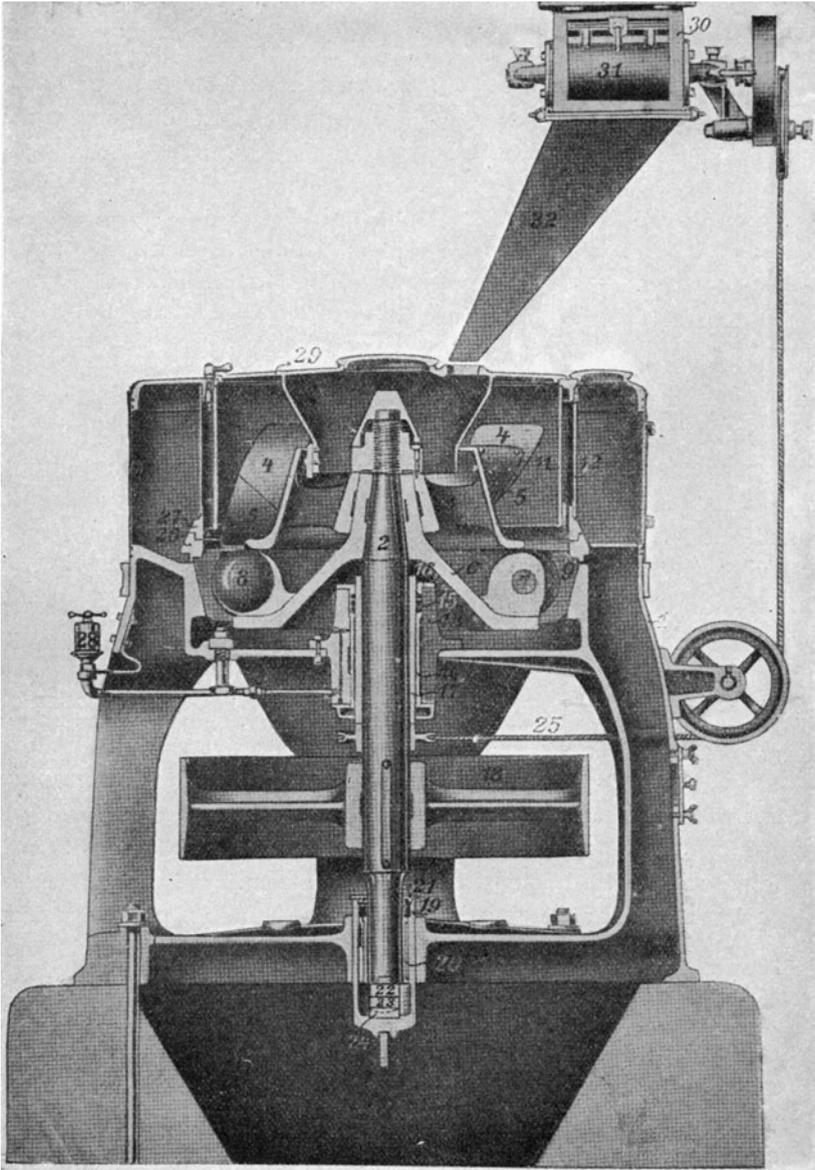


Abb. 114. „Roulette“-Mühle (Schnitt).

Der Antrieb erfolgt durch eine, unmittelbar auf die senkrechte Hauptwelle aufgekeilte, große Riemenscheibe (18).

Die Roulette-Mühlen werden sehr viel zur Kohlenvermahlung verwendet, hauptsächlich als Kohlenstaubmühle für Zementdrehöfen. Sie finden aber auch mit Erfolg zum Mahlen von Kalziumkarbür, Zyanamid und aller trockenen, halbharten Rohstoffe Verwendung.

Eine in Amerika für die Vermahlung von allen trockenen Rohstoffen sehr bekannte Mühle ist die Fuller-Mühle der Fuller Lehigh Co. in Fulleston (U. S. A.).

Die Abb. 115 stellt ein solche Mühle dar. Die Bauausführung ähnelt sehr den Maschinen, die wir oben schon behandelt haben, bis auf einen

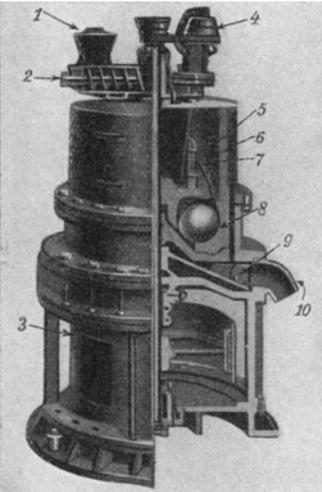


Abb. 115. Fuller-Mühle.  
 1 Aufgabetrichter. 2 Speisevorrichtung.  
 3 Antriebscheibe. 4 Antrieb für den  
 Speiser. 5 Windsichter. 6 Feinsieb  
 7 Schutzsieb. 8 Feststehender Mahlring.  
 9 Entleerungsventilator. 10 Mehlauslauf.

zweiten Ventilator, den sogenannten Entleerungsventilator. Er dreht sich unter der Mahlbahn und erzeugt einen Unterdruck, der das Mehl durch die zylindrischen Siebe saugt und dessen Wirkung sich der des Sichtventilators anschließt.

Der Austrag des fertigen Mehles findet ebenfalls an einem bestimmten Punkte des Umfanges statt, während die Aufgabe durch die Mitte mittels einer Schneckenauflage erfolgt. Diese Aufgabevorrichtung wird unmittelbar durch die senkrechte Welle mit Hilfe von dreistufigen, konischen Riemenscheiben angetrieben. Diese lassen eine Änderung der Geschwindigkeiten zu und damit auch eine Änderung der Leistungsfähigkeit der Mühle.

Der Hauptantrieb erfolgt durch eine unmittelbar auf die senkrechte Hauptwelle aufgekeilte Riemenscheibe oder auch durch ein konisches Zahnradvorgelege.

Im ersten Falle ist ein Elektromotor mit senkrechter Achse empfehlenswerter. Jedoch kann man den Antrieb durch einen Riemen ohne Ende und Führungsrollen von einer horizontalen Welle ableiten.

Diese Mühle ist verwendbar zum Mahlen aller trockenen oder nur wenig feuchten Rohstoffe auf die Feinheit von 95% durch Sieb Nr. 100 und 85% durch Sieb Nr. 200.

Sie wird in vier Größen laut der nachstehenden Zahlentafel 32 ausgeführt.

Die Mühle Nr. 1 kann nur weiche Rohstoffe aufnehmen, die andern Größen verarbeiten alle Härtegrade.

Die 57-Zoll-Fuller-Mühle wird bisweilen zum Vorschrotten von Dreh-

ofenlinkern verwendet. Sie ergibt ein Mahlgut, das ungefähr 60% Rückstand auf dem Sieb Nr. 200 und 10% auf dem Sieb Nr. 30 läßt, aber vollständig durch das Sieb Nr. 20 hindurchgeht.

Ihre Leistungsfähigkeit ist unter diesen Bedingungen 10 bis 12 t in der Stunde mit einem Kraftverbrauch von 65 bis 75 HP.

Zahlentafel 32. Fuller-Mühlen.

Modell Nr.	1	2	3	4
Durchmesser des Mahlringses { in Zoll . . . . .	24	33	42	57
{ in Millimeter . . . . .	610	838	1067	1448
Raumbedarf { Länge . . . . . mm	1270	1727	1880	2440
{ Breite . . . . . „	1270	1727	1880	2440
{ Höhe . . . . . „	2260	3022	3353	3705
Durchmesser der Antriebscheibe . . . . . „	610	813	1143	1905
Breite der Antriebscheibe . . . . . „	254	304	407	584
Umdrehungen i. d. Min. . . . .	300	210	160	130
Mehlfineinheit Sieb Nr. . . . .	200	200	200	200
Stückgröße des Aufgabegutes . . . . . mm	19	19	25	32
Kraftverbrauch { weiches Gestein . . . . . HP	10-15	—	—	—
{ halbhartes . . . . . „	15-18	30-35	50-60	100-125
{ hartes . . . . . „	—	35-40	60-75	125-150
Ungefähres Gewicht der Maschine. . . . . kg	3630	7260	14290	27215
Leistung in kg/Std. bei einer Feinheit von Sieb Nr. 200 { Weiches Gestein (Kreide, Ton, Flußpat, Gips, Kaolin, Kalk, Asphalt) . . . . .	500	3000	6000	12000
{ Halbhartes Gestein (Schiefer, Baryt, Kalk, Marmor, Kohle, Schachofenklinker, Phosphat) . . . . .	—	2000	4000	9000
{ Hartes Gestein (Drehofenklinker) . . . . .	—	—	2000	4500

Wenn man sehr große Feinheiten erreichen muß, wie solche durch Sieb Nr. 200, 250 oder 300, so liefert man die Fuller-Mühlen mit einer besonderen Siebeinrichtung, die durch einen zylindrischen Mantel, welcher auf dem Maschinenrahmen zwischen dem Mahlraum und der Absiebbteilung eingeschaltet wird, so daß dieser wegzunehmen und vom Mahlteller zu entfernen ist. Nur allein der unfehlbar feine Staub wird in den oberen Teil der Mühle gehoben und durch den von dem unteren oder Austragventilator erzeugten Luftzug an die Außenseite des Siebraumes gezogen.

## B. Die Einrichtung.

Das zu mahlende Rohgut wird in einem Vorratsbehälter aufgespeichert, der einen Fassungsraum von drei- bis viermaliger stündlicher Leistungsfähigkeit der Mühle hat. Das Rohgutfallrohr des Behälters oder der Aufgabevorrichtung soll nicht weniger als 200 mm Durchmesser haben und kann zweckmäßig mit einem Schieber versehen werden, der den Zulauf des Rohgutes einzustellen gestattet.

Eine Laufbrücke umgibt die Mühle in einer Höhe von etwa 75 mm tiefer, als der Flansch des oberen Mahlraumes.

Um das Auseinandernehmen der Maschine zu erleichtern, ist es vorteilhaft, ein Fahrgerüst für einen beweglichen Flaschenzug vorzusehen. Dieser Flaschenzug soll eine Tragkraft von 1500 kg für die Mühle Nr. 1 haben, 3000 kg für Nr. 2, 4000 kg für Nr. 3 und 6000 kg für Nr. 4.

Der Antrieb wird am einfachsten durch einen Elektromotoren mit vertikaler Achse eingerichtet. Um eine Ablenkung des Riemens zu vermeiden, wird in diesem Falle die Achse der Motorenriemenscheibe ein wenig über die Achse der Mühlenriemenscheibe gelegt, und der Motor wird gegen die Mühle ein wenig geneigt mit ungefähr 30 mm auf den Meter. Je nach Mühlengröße ändert sich die Entfernung der beiden Maschinen von Mitte zu Mitte von 4200 bis 5200 mm. Die Mehlauslaufrohre müssen mit einer Entspannungskammer verbunden werden, um das leichte Entweichen der Luft aus der Mühle zu sichern. Diese Kammer soll einen Querschnitt von wenigstens 10 dm<sup>2</sup> für Mühle Nr. 1 und 2, 15 dm<sup>2</sup> für die Mühle Nr. 3 und 20 dm<sup>2</sup> für die Mühle Nr. 4 erhalten. Ein Windrohr soll am oberen Teil dieser Kammer zu einem Zyklonstaubsammler führen.

Die „Fuller-Lehigh“-Feinmühle kann mit einer Windsichtung zu einer einzigen Maschine vereinigt werden. Das ist die Ausführung, die in der Abb. 116 dargestellt ist. Diese Maschine, die für direkten Antrieb durch einem Elektromotoren mit wagrechter Welle vorgesehen ist, läßt eine Mehlfinheit von Sieb Nr. 200 zu mit der Möglichkeit einer höheren Feinheit ohne Zuhilfenahme irgendeiner Hilfsmaschine.

Die Mühle wird durch eine seitliche Aufgabevorrichtung beschildet, welche durch eine Vorrichtung zur Änderung des Laufes von der Motorwelle angetrieben wird. Das Aufgabegut wird so geführt, daß unter dem Ventilatorluftzug kein Lufteintritt durch die Speiseöffnung möglich ist. Der Sichtventilator, welcher sich in der Maschine unmittelbar über dem Mahlraum dreht, hebt die genügend feinen Teilchen nach Maßgabe ihrer Erzeugung hoch, so daß die Mühle zu gleicher Zeit ein Minimum an Mahlgut verarbeitet. Der Absaugventilator, der sich in einem Raum, der auf dem Oberteil der Maschine angebracht ist, dreht, wird durch einen Riemen von der Motorwelle angetrieben und läuft mit der Mühle in gleichbleibender Geschwindigkeit.

Dieser Ventilator saugt die mit Staub beladene Luft an und bläst sie in einen Zyklon-Staubabscheider. Das zu unfühlbar feinem Mehl gemahlene Mahlgut wird teilweise abgezogen, während die Luft durch eine Rohrleitung von sehr großem Querschnitt zur Mühle zurückkehrt und durch einen Entspannungsraum um den Mahlring verteilt wird. Dieselbe Luft läuft beinahe beständig in der Mühle um, deshalb ist ein Minimum an Staubverlust vorhanden.

Endlich befindet sich bei dieser letzten Mühlenausführung ein freier Raum unter dem Mahlring. Dieser ringförmige Raum steht mit dem Äußeren der Mühle durch vier mit Deckeln verschlossenen Rohren in Verbindung. Jedes Metallstück, das zufällig eingeführt wird, fällt in diesen Zwischenraum und kann so, ohne Schaden anzurichten, aus der Mühle herausbefördert werden. Dennoch ist es empfehlenswert, einen Magnetscheider über dem Einlauf des Aufgabegutes vor dem Mahlen vorzusehen. Es ist aber ein unbedingtes Erfordernis, einen solchen Magnetscheider für die Speisung der vorher beschriebenen Fuller-Mühlen mit Metallsieben aufzustellen.

#### IV. Schlußbetrachtungen.

Es ist wohl schwer, in einem einzigen Urteil die sehr verschiedenen, im Laufe dieses Kapitels beschriebenen Maschinen zusammenzufassen. Zunächst bemerken wir, daß man zwei Arten von Arbeit verlangen kann:

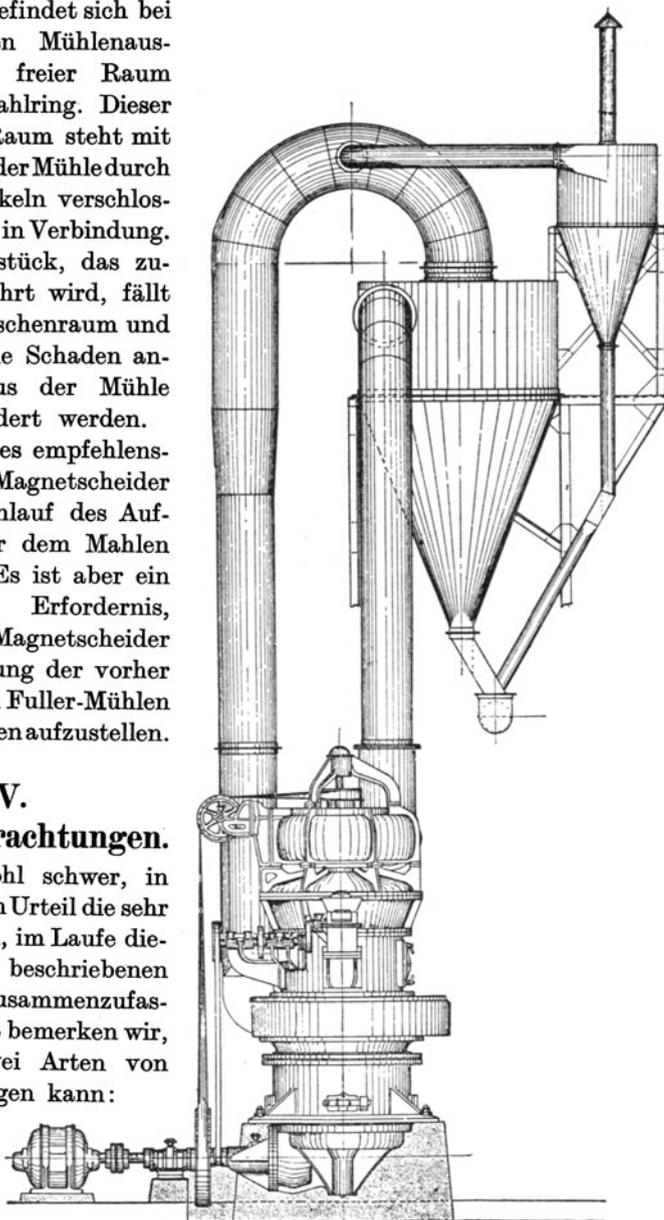


Abb. 116. Fuller-Mühle mit Windsichtung.

1. Als Vorzerkleinerungsmaschine (Vorschroter) verwendet, führen sie das zu verarbeitende Mahlgut in Mehl, mit Griefen gemischt, über.

2. Als Feinmühlen gebraucht, mahlen sie das Mahlgut bis zu den größten Feinheiten.

Die Ringmühlen (Kent, Maxecon usw.) dienen ausschließlich der ersten Anwendungsart. Denn sie können doch:

als Vorschroter für weitere Vermahlung in den Feinrohmühlen dienen;

sie geben ein regelmäßiges Erzeugnis von genügend großer Feinheit (Sieb Nr. 100 bis 150) unter der Bedingung, daß das Mehl durch einen Sieb- oder Windsichter nachgesiebt wird. Das ist der Fall beim Mahlen von Phosphaten, wo die Ringmühle fast ausschließlich verwendet wird.

Die Pendelmühlen sind allgemein Feinmahlmachines, die unmittelbar von einer Korngröße von 20 bis 25 mm bis auf die größte Feinheit mahlen können. Dasselbe gilt von den Horizontal-Kugelmühlen (Fliehkraft-Mühlen).

Die Maschinen geben eine sehr befriedigende Leistung bei der Vermahlung aller trockenen, harten und halbharten Rohstoffe; besonders Kohle, Oxyde, trockene Farben, Kalk, verschiedene chemische Erzeugnisse werden mit großem Erfolg durch Mühlen wie Griffin-, Raymond-, Morel-, Fuller-Mühlen usw. vermahlen.

Wenn man sehr harte Stoffe mahlen muß, wie Drehofenzement, werden diese Maschinen einer harten Probe unterworfen. Die ausgesprochene und unregelmäßige Abnützung der Mahlkörper führt eine schnelle Verminderung der Leistung herbei, die mit einer Steigerung des Kraftverbrauches verbunden ist. Nur zwei Ausführungen dieser Mühlen sind allein fähig gewesen, diesen schweren Dienst auszuhalten: die Griffin-Mühle „Herkules“ und die Fuller-Mühle von 57 Zoll. Ihre Verwendung ist übrigens örtlich sehr beschränkt, und in allen Fällen hat man nur dann Vorteil finden können, wenn die Mühlen allein als Vorschroter gebraucht wurden und die letzte Feinmahlung aber den Feinrohmühlen überließ.

## Zehntes Kapitel.

# Kugelmühlen.

## I. Allgemeines.

Stellen wir uns eine zylindrische Trommel mit wagrechter Welle vor, die wir um ihre Achse drehen können und in welche man Kugeln aus sehr hartem Material, zum Beispiel aus Stahl, eingeschlossen hat. Wenn man nun diese Trommel in eine drehende Bewegung versetzt, werden die Kugeln, welche sich in Berührung mit der Innenwand der

Trommel befinden, das Bestreben haben, der Bewegung derselben zu folgen durch die Tatsache der zwischen den Oberflächen entwickelten Reibung. Es wird außerdem noch ein teilweises Mitziehen der Kugeln stattfinden. Die ihnen erteilte Geschwindigkeit wird eine zentrifugale Kraftäußerung erzeugen, welche das Festhalten der Kugeln an der Innenwand noch vergrößert. Sobald aber eine gewisse, dem Reibungskoeffizienten beim Rollen der Kugeln auf dem Trommelkörper entsprechende Schrägstellung erreicht ist, beginnt die Schwerkraft ihr entgegen zu wirken, und die Kugeln werden in entgegengesetztem Sinne der Trommelbewegung sich zu drehen anfangen. Jede Kugel ist nun der Resultante dreier Kräfte unterworfen: der Schwerkraft, der Zentrifugalkraft und der Tangentialwirkung der Reibung. Wenn die Geschwindigkeit der Trommel sich steigert, wächst die Zentrifugalkraft proportional dem Quadrat dieser Geschwindigkeit und mit ihr der Reibungskoeffizient zwischen den Oberflächen, so daß die Resultante mehr und mehr den Einfluß auf die Zentrifugalkraft verliert. Wenn sich die Trommel schneller dreht, werden die Kugeln während noch längerer Zeit der Wirkung der Schwerkraft entzogen. Die Kugeln werden bis zu dem Punkte mitgenommen, wo die Schwerkraft die Oberhand über die Tangentialwirkung der Reibung gewinnt. In diesem Punkte fallen die Kugeln in der Richtung gegen den unteren Teil der Trommel zurück. In diesem Augenblick, der in Abb. 117 dargestellt ist, findet keine Reibung, sondern ein Stoßen der Kugeln auf die untere Innenwandung und untereinander statt.

Wenn man nun die Geschwindigkeit noch mehr vergrößert, überwiegt die Zentrifugalkraft und hält die Kugeln an der Trommelwandung fest. Es entwickelt sich dann überhaupt keine Mahlarbeit mehr in der Trommel.

Setzen wir nun voraus, daß das Mahlgut in Gegenwart von Kugeln in die Mahltrommel eingeschlossen ist. (Die Trommel ist bis ungefähr zur Mitte mit Kugeln gefüllt.) Im ersten Falle (langsame Drehung) werden die Kugeln im Drehungssinne über den wagrechten Durchmesser hinaus durch die Trommelwandung mitgenommen, bis sie, eine über die andere rollend, zurückfallen. Diese Bewegung entwickelt eine Zerreibungstätigkeit auf das zwischen den Kugeln verteilte Mahlgut und erzeugt so eine Zerkleinerung. Aber dieser Arbeitsvorgang tritt wenig hervor, und der Hauptteil der Kugeln bleibt beinahe unbeweglich.

Wenn man die Geschwindigkeit vergrößert, so daß eine Bewegung nach der Abb. 117 hergestellt wird, dann rollen die Kugeln nicht nur eine nach der anderen auf der Innenwand, sondern, an einer äußersten Grenze angekommen, fallen sie nach einer Kurve  $A_1A_2$  zurück und schlagen eine über der anderen auf die Innenwand und lassen in der Mitte dieses Kugelwirbels einen leeren Raum  $D$ .

Die Zerkleinerung vollzieht sich durch Reibung und häufige Stöße und ist sehr wirksam. Wenn die Geschwindigkeit nur noch ein wenig erhöht wird, dann schlagen die Kugeln aus größerer Höhe auf die gegenüberliegende Wandung, und ihre Wirkung ist verloren, denn das Mahlgut hält sich nicht in ihrer Fallbahn auf.

Es besteht also eine begrenzte Geschwindigkeit, die man nicht überschreiten darf, wenn man nicht die Leistungsfähigkeit der Mühle verringert sehen will. In der Praxis erkennt man den Zeitpunkt, daß die kritische Geschwindigkeit erreicht ist, daran, wenn die Kugeln über die Wurfbahn, die bei  $45^\circ$  in bezug auf den wagrechten Durchmesser liegt, hinauszufiegen beginnen. Wenn das Klappern der Kugeln zu laut hörbar ist, ist die Geschwindigkeit zu groß, wenn das Klappern

dagegen nur dumpf in der ganzen Mahltrommel bemerkbar ist, ist sie zu gering.

Man hat durch Versuche festgestellt, daß die Grenzgeschwindigkeit einer Mahltrommel nach der nachstehenden Formel gegeben ist:

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}}$$

$n$  = Umdrehungszahl in der Minute,

$D$  = innerer Trommeldurchmesser in Metern.

Seit etwa 30 Jahren hat sich die Verwendung der Kugelmühlen zu verallgemeinern angefangen.

Die lange Erfahrung derjenigen, die sie gebraucht haben, ebenso diejenigen, die sie bauen, haben Gelegenheit gehabt, praktisch die besten Betriebsbedingungen festzustellen.

Der relative Einfluß von verschiedenen Faktoren: Durchmesser und Länge der Mahltrommel, Zusammensetzung und Gewicht der Mahlkörper, Umdrehungsgeschwindigkeit, Korngröße des Aufgabegutes usw. ist durch Versuche nachgeprüft und elementare Grundsätze aufgestellt worden.

Vor kurzem hat man versucht, eine analytische Theorie der Kugelmühlen aufzustellen.

Im Jahre 1918 bis 1919 machte M. Davis in Amerika eine Reihe sehr eingehender Versuche und Berechnungen, deren Ergebnis er auf einer Zusammenkunft in New York 1919 bekanntgab. Man findet in der Revue des Matériaux de Construction vom April und Mai 1921 eine Berichterstattung über diese Theorien.

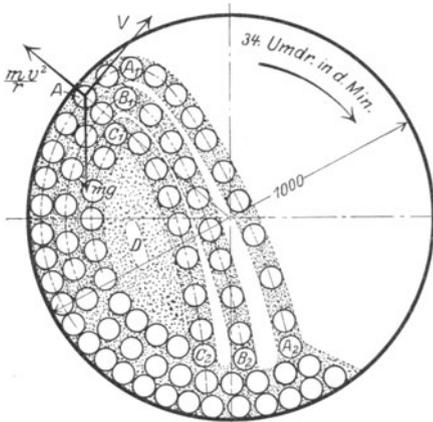


Abb. 117. Schema für die Arbeitsweise in der Kugelmühle.

Das analytische Studium der verwickelten Bewegungen des Mahlgutes und der Kugeln in der Mahltrommel bietet augenscheinlich ein großes Interesse, denn es kann den Weg zu neuen Vervollkommnungen zeigen. Unglücklicherweise gestattet uns der Umfang dieser Studie nicht, eine vollständige Wiedergabe der wichtigen Arbeiten von Davis zu bringen, und ein einfacher Auszug wird ohne praktisches Interesse sein.

Wir begnügen uns zum Beispiel, ein Diagramm (Abb. 118) zu bringen, das die Kugelflugbahnen in einer Mahltrommel von 2350 mm Durchmesser und  $29\frac{3}{4}$  Umdrehungen in der Minute nach ihrem Abstand vom Trommelmittelpunkte darstellt. Man wird bemerken, daß der Ort der Anfangspunkte der Fallparabeln ein Kreisbogen ist. Die auf dem Diagramm eingetragenen Bezeichnungen gestatten, die Wurfweiten davon leicht abzugreifen. Es zeigt sich, daß die Geschwindigkeit von  $29\frac{3}{4}$  Umdrehungen in der Minute viel zu hoch für einen Durchmesser von 2350 mm gegriffen ist, weil gewisse Kugeln am Umfang hängen bleiben. Diese

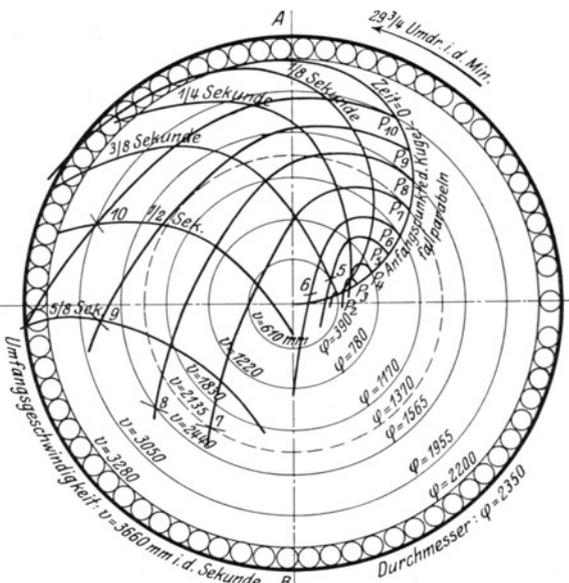


Abb. 118. Diagramm der Kugelflugbahnen in einer Mahltrommel.

Geschwindigkeit paßt nur für Durchmesser in der Nähe von 1400 bis 1500 mm.

**Kraftverbrauch der Kugelrohmühlen:** Der Betriebskraftverbrauch einer Kugelmühle im normalen Betriebe ist eine Funktion von sehr zahlreichen Einzelheiten, unter anderm: natürliche Beschaffenheit und Dichte der Mahlkörper, der von den Mahlkörpern eingenommene Volumenanteil der Mahltrommel, die Umdrehungszahl in der Minute, Anordnung der Mahlplatten, Zustand und Dichte (Härte) des Mahlgutes usw.

Die allgemein zur Berechnung der Betriebskraft angegebenen Formeln führen nicht zu richtigen Ergebnissen, denn sie tragen nicht allen Abweichungen genügend Rechnung.

Die nachstehende Formel, von der wir uns selbst die verschiedenen Koeffizienten nach den Versuchsergebnissen berechnet haben, hat uns dagegen immer eine genügend große Annäherung ergeben.

Wenn  $T$  das Gewicht in Tonnen des Mahlgutes ist und

$D$  der innere, nutzbare Durchmesser der Mahltrommel in Metern, dann ist

$$HP = c \cdot T \cdot \sqrt{D}.$$

Der Koeffizient  $c$ , der eine Funktion des Füllungsgrades der Mahltrommel und der Zusammensetzung der Mahlkörper ist, ist aus der nachstehenden Zahlentafel zu entnehmen.

Koeffizientenzahlentafel.

Werte von $c$	Füllungskoeffizient				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Flintsteinfüllung . . . . .	13,3	12,25	11	9,5	7,8
Große Kugelfüllung . . . . .	11,9	11	9,9	8,5	7
Kleine Kugelfüllung oder Cylpebse .	11,5	10,6	9,5	8,2	6,8

Alle diese Werte von  $c$  sind ein für allemal berechnet:

für eine Geschwindigkeit der Mahltrommel nach der Formel

$$V = \frac{32}{\sqrt{D}};$$

für eine Mahltrommel mit glatter Auspanzerung;

für ein Mahlgut von der Dichte (Härte), welche dem Zement entspricht;

für verschiedene Werte von  $V$  kann man schätzen, daß in erlaubten Grenzen die Betriebskraft fast der Geschwindigkeit proportional ist;

für eine Mahltrommel mit treppenförmiger oder gerippter Auskleidung vermehrt man die Werte von  $c$  um 10%;

für ein Mahlgut, welches härter (dichter) als Zement — zum Beispiel Kupfererz, Blei, Zink usw. — erhöht man noch um 5 bis 10%.

Beispiel: 1. Eine Kugelmühle von 2700 mm Durchmesser und 1400 mm Breite (Nr. 8 von Krupp), innerer nutzbarer Durchmesser 2400 mm, Kugelfüllung 2000 kg (große Kugeln). Diese Kugelfüllung (mittlere Dichte 4,5) macht ungefähr ein Zehntel des inneren Fassungsraumes der Mahltrommel aus. Es wird also

$$HP = (11,9 \cdot 2 \cdot \sqrt{2,4}) + 10\% = 41 \text{ HP}.$$

2. Eine Feinrohmühle 1400 mm Durchmesser und 5000 mm Länge. Innerer nutzbarer Durchmesser 1260 mm, Mahlkörperfüllung 4000 kg Flintsteine. Diese Füllung (mittlere Dichte = 1,6) stellt ungefähr 0,4 des inneren Fassungsraumes der Mahltrommel dar. Es wird also

$$HP = 9,5 \cdot 4 \cdot \sqrt{1,26} = 42,5 \text{ HP}.$$

Wenn diese Mahltrommel ein schweres Erz vermahlen soll (zum Beispiel Galmei), kann der Kraftverbrauch im normalen Betriebe 46 bis 48 HP erreichen.

Wir unterscheiden unter den Kugelmühlen fünf verschiedene Arten:

1. Kugelmühlen mit unterbrochenem Betrieb;
2. Kugelmühlen mit innerer Absiebung;
3. Kugelmühlen mit beständigem Umlauf;
4. Vor- und Feinrohmühlen;
5. Verbundmühlen.

## II. Kugelmühlen mit unterbrochenem Betrieb.

Diese Mühlen, die oft unter dem Namen Feinmühlen „Alsing“ genannt werden, sind von ganz einfacher Bauart. Die Mahltrommel wird bei den kleinen Maschinen aus Gußeisen oder bei den großen aus Stahlblech hergestellt. Die Seitenteile tragen zwei Stirnzapfen, die sich in Lagern drehen, welche sich auf Gußböcke oder auf Fundamentsockel aus Mauerwerk stützen. Die Umdrehungsbewegung wird bei den kleinen Laboratoriumsmaschinen durch eine Handkurbel hervorgebracht, bei den größeren durch Fest- und Losscheibe, die unmittelbar auf die Trommelwelle aufmontiert werden, und endlich bei den größten mit Stirnradvorgelege und Antriebsriemenscheiben (Abb. 119). Eine Öffnung an der Seite dient zur Einführung von Kugeln und Mahlgut. Ein Deckel mit innerem Verschuß schließt diese Öffnung während des Ganges ab. Man läßt die Maschine verschieden lange Zeit laufen, je nach dem Grade der gewünschten Feinheit und der Härte des Rohmaterials. Dann nimmt man den Verschußdeckel hinweg und ersetzt ihn durch einen Rost, der dazu bestimmt ist, das Herausfallen der Kugeln zu verhindern. Darauf läßt man die Mahltrommel mehrere Umdrehungen machen, die sich dann selbsttätig entleert. Es versteht sich auch von selbst, daß die Mühle sich in einer staubdichten Umhüllung aus Holz oder Blech dreht, wenn das Mahlgut trocken ist, um keinen Staub nach außen entweichen zu lassen. Wenn man auf nassem Wege arbeitet, ist die Umhüllung unnötig; es genügt, einen entsprechenden Hahn in der Wand der Mühle vorzusehen.

Wegen ihres unterbrochenen Betriebes genügt diese Mühle nur für kleine Leistungen vollständig.

Es ist eine sehr einfache und stark gebaute Maschine, die hartes oder weiches, in Korngröße von 1 bis 2 mm aufgegebenes Mahlgut auf die größte Feinheit (Sieb Nr. 200 bis 250) mahlt. Diese Feinheit ist allein eine Funktion der Mahldauer und bedarf keiner weiteren Sichtung.

Des weiteren stellt sie eine energische Mischmaschine dar, da das Mahlgut während des Mahlvorganges nach jeder Richtung hin durcheinander geworfen wird.

Sie findet hauptsächlich Verwendung zum Mahlen von Farben, Emaille, Salz, Gewürze, Holzkohle, Ton, Schmirgel usw.

Manchmal enthält die Gußtrommel nur eine oder zwei Kugeln, deren Durchmesser die ganze Breite einnimmt. Die Trommel dreht sich um eine wagrechte oder geneigt stehende Achse. Man verwendet die kugelförmige Mahltrommel, die bequemen Zugang hat, häufig in Drogerien und Apotheken.

Es kommt oft vor, daß man trockene oder feuchte Rohstoffe zu mahlen hat, die nicht mit dem Metall in Berührung kommen dürfen, so gewisse Emailen, Farben, pharmazeutische Erzeugnisse oder Erz-

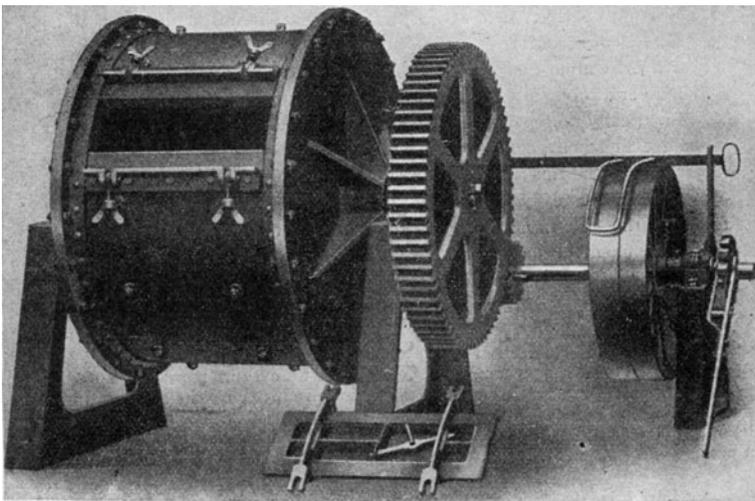


Abb. 119. Trommelmühle mit unterbrochenem Betrieb.

proben zur Analyse, bei denen man die Einführung aller metallischer Fremdkörper vermeiden muß. Diese Mahltrommel eignet sich bewundernswert gut für diesen Zweck, denn man kann sie innen mit Porzellan, Silexauskleidung, Zementausstrich oder manchmal selbst mit Holzauslage versehen. Als Mahlkörper werden Flintsteine oder Porzellankugeln eingelegt. Jede metallische Berührung wird dann vermieden. In dieser Weise wird die Alsing-Feinmühle ausgeführt.

Die Fabrik Dalbouze, Brachet & Co. baut die Alsing-Mühlen in neun Größen mit Innenmaßen von 420 mm Durchmesser und 200 mm Breite bis zu 1800 mm Durchmesser und 3000 mm Breite. Die entsprechenden Geschwindigkeiten sind 40 bis 24 Umdrehungen in der Minute; der Kraftverbrauch von  $\frac{1}{4}$  bis 30 HP und das Fassungsvermögen für eine Füllung 15 bis 2000 l.

In Deutschland bauen eine ganze Reihe von Spezialfabriken besonders für die Feinkeramik solche Mühlen für Naß- und Trockenmahlung von 500 mm Durchmesser und 500 mm Breite bis 2350 mm Durchmesser und 2350 mm Länge, bei einem entsprechenden Kraftverbrauch von 0,2 bis 10 HP und einer Mahlgutfüllung von 20 bis 3200 l.

Für die kleinsten Abmessungen, entsprechenden sehr geringen Leistungen, benutzt man nur ein Gefäß oder einen Topf aus Porzellan, dem man eine drehende Bewegung verleiht, sei es, indem man ihn auf zwei Drehrollen legt, oder sei es, daß man ihn zwischen zwei Kautschuk-Mitnehmerrollen klemmt. Diese erstere Vorrichtung gestattet, mehrere Töpfe nebeneinander auf die gleiche Maschine zu legen und einzeln wieder wegzunehmen ohne die Maschine anhalten zu müssen.

### III. Kugelmühlen mit ständiger Sichtung.

Wenn es sich darum handelt, bedeutende Mengen von Rohstoffen zu mahlen, würde die eben beschriebene Trommelmühle mit unterbrochenem Betrieb sehr unwirtschaftlich sein. In diesem Falle gebraucht man dann die Maschinen, zu denen die verschiedensten Bauausführungen gehören, welche wir nun einer Betrachtung unterziehen wollen. Alle sind mit einer Aufgabevorrichtung versehen und haben einen ständigen Austrag.

Die am längsten bekannte Maschine ist die Kugelmühle, deren hauptsächlichsten Bauarten wir zunächst kennenlernen wollen.

1. Kugelmühle mit durchlochtem Mahlbalken. Diese Maschine ist von musterhafter Bauausführung und in Abb. 120 im Schnitt dargestellt. Die Mahltrommel besteht aus Blechseitenwänden, die mit zwei Gußnaben verbunden sind. Diese Naben sind auf einer Hauptwelle aufgekeilt, die durch die Mühle hindurchgeht und sich in zwei Lagern dreht. Die eine Nabe ist voll, während die andere mehrere Aussparungen besitzt, die durch mehrere Schneckenflügel getrennt sind. Die schneckenartigen Einführungen besorgen die Aufgabe des Mahlgutes und der Kugeln in die Mühle. Im Sinne ihrer Drehrichtung verhindern sie jedes Herausspringen der Kugeln während des Betriebes.

Die Seitenplatten sind auf der inneren Seite mit Verschleißplatten *A* aus Temper- oder Hartguß oder Stahlguß ausgelegt.

Die Mahltrommel wird durch Mahlbalken *B* aus sehr hartem Material und besonderer Form vervollständigt, und diese letzteren verbinden die beiden Blechseitenwände. Die Mahlbalken werden konzentrisch so angeordnet, daß sie eine Trommel bilden. Sie sind leicht gekrümmt und bilden eine treppenförmige Oberfläche.

Meistens sind die Mahlbalken aus einem Stück aus Gußeisen oder Stahlguß und sind dicker an der Eintrittsseite als an der durchlochtem Seite, um gegen den stärksten Verschleiß Widerstand leisten zu können.

In den Kugelmühlen der Bauart Jenisch-Löhnert bestehen die Mahlbalken aus Grundmahlbalken aus Stahlblech, die nach dem erforderlichen Profil gewölbt sind. Auf diese sind Panzerplatten aus Stahlguß, deren Dicke nach der gelochten Seite hin abnimmt, aufgeschraubt. Diese können aus einem oder mehreren Stücken bestehen. Man kann sagen, daß

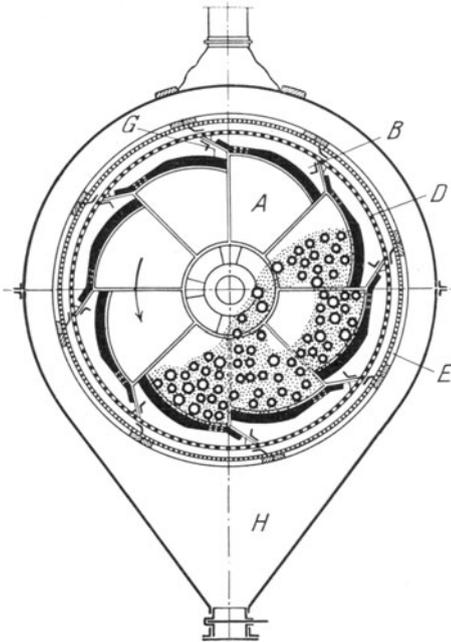


Abb. 120. Schnittansicht einer Kugelmühle.

1. sie eine große Haltbarkeit der Mühle sichern, dank der Elastizität des Zusammenbaues ;

2. die Panzerplatten vollständig aufgebraucht werden können. Die Stahlblechplatten bleiben erhalten. Das Gewicht der Ersatzteile wird nach dem Verschleiß auf ein Minimum zurückgeführt ;

3. man eine Mühle besitzt, die aus Teilen mit einheitlich leichten Gewichten hergestellt ist, die leicht zu handhaben sind. Derselbe Grundmahlbalken aus Stahlblech kann über seine ganze Breite eine Panzerplatte aus mehreren Teilen mit Dehnfugen tragen.

Die im Sinne des Pfeiles sich drehende Mühle zieht die Kugeln von verschiedenem Durchmesser mit sich, bis sie wieder zurückfallen. Sie rollen auf der gebogenen Oberfläche der Mahlplatte bis sie in kaskadenartigen Sprüngen auf die folgende Mahlplatte fallen. Das mit Kugeln vermengte Mahlgut wird dann durch Reibung und Stoß wirksam zerkleinert.

Die Löcher in jeder Platte sind in der Nähe der vorhergehenden Mahlplatte so angebracht, daß das in einer gewissen Feinheit ankommende Mahlgut durch die Löcher getrieben wird und dann auf Siebe fällt, welche um die Mühle herum angeordnet sind.

Gewöhnlich sind zwei Siebumhüllungen vorhanden. Die erste *D* bildet einen Schutz und ist aus Blech mit länglichen Durchlochungen hergestellt. Die zweite *E* besteht aus Siebbespannung mit der gewünschten Siebfeinheit.

Das Feine fällt durch diese Siebe hindurch, während die Rückstände wegen der Umdrehung des Ganzen von an den Sieben oder Plat-

ten befestigten Leitschaufeln zurückgehalten und durch den zwischen den Fugen  $G$  von zwei aufeinander folgenden Platten gelassenen Zwischenraum in das Innere der Mühle zurückgeworfen werden. Dieser Vorgang vollzieht sich in dem rechten Teile der Abb. 120. Wenn die zylindrische Wand in die Höhe geht, fallen die Rückstände durch ihr Eigengewicht in die Mühle hinein. Um das Austreten von nicht genügend feingemahlenem Mahlgut durch die Zwischenräume zwischen zwei aufeinander folgenden Mahlplatten in den unteren Teil der Mühle zu vermeiden, bringt man bisweilen in diesem Spalt ein gelochtes Blech mit denselben Abmessungen wie die Platten  $B$  an.

Ein Blechgehäuse, das in seinem unteren Teil einen Trichter bildet, umhüllt die Mühle. Dieses verhütet das Austreten von Staub und sammelt das fertige Mehl, damit man es unmittelbar am Auslauf absacken oder durch eine Schnecke oder ein Becherwerk wegschaffen kann.

Für die großen Mühlen ist es erforderlich, dieses Gehäuse mit einem Abzugsschlot, wie dies in der Abb. 122 ersichtlich ist, zu versehen.

Die Verbindung stellt man durch einen aus Sackgewebe hergestellten Übergangsschlauch her, der an das Blechgehäuse mittels eines Holzrahmens angeschlossen ist und mit Flügelmuttern befestigt wird.

Der durch den Schlot hervorgerufene Luftzug zieht den durch das Mahlen entstehenden feuchten Brüden ab und verhindert das Austreten von Staub aus dem Aufgabetrichter und ebenso die übermäßige Erwärmung der Mühle.

Um den Verschleiß der Kugeln auszugleichen, fügt man von Zeit zu Zeit eine solche durch den Aufgabetrichter hinzu.

Das Rohmaterial kann von Hand aufgegeben werden, aber es ist vorzuziehen, eine selbsttätige Aufgabevorrichtung zu verwenden, da die Gleichmäßigkeit der Zuführung des Mahlgutes einen großen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der Mühle hat.

Die Kugelmühle kann aber auch zum Naßmahlen dienen (Abb. 121). Eine Rohrleitung feuchtet das Aufgabegut an, während eine Spritzvorrichtung, die zwischen dem Blechgehäuse und den Sieben angeordnet ist, einen Wasserstrom unterhält, der die Verstopfung durch Mahlgut verhindert. Der untere Teil des Blechgehäuses ist so gebaut, daß er einen Spitzkasten zum Waschen des Kornes bildet. Dieses fällt auf den Boden des Kastens, während das Schlammwasser durch einen seitlichen Überlauf abfließt. Ein Rohr führt reines Wasser am Boden des Kastens ein und erzeugt einen aufsteigenden Strom, der dazu dient, die Wäsche des Kornes zu vervollständigen.

Die Kugelmühlen werden in verschiedenen Größen gebaut, von 535 mm Durchmesser, 270 mm Breite bis zu 3100 mm Durchmesser, 1600 mm Breite der Mahltrommel. Die kleinsten Ausführungen werden

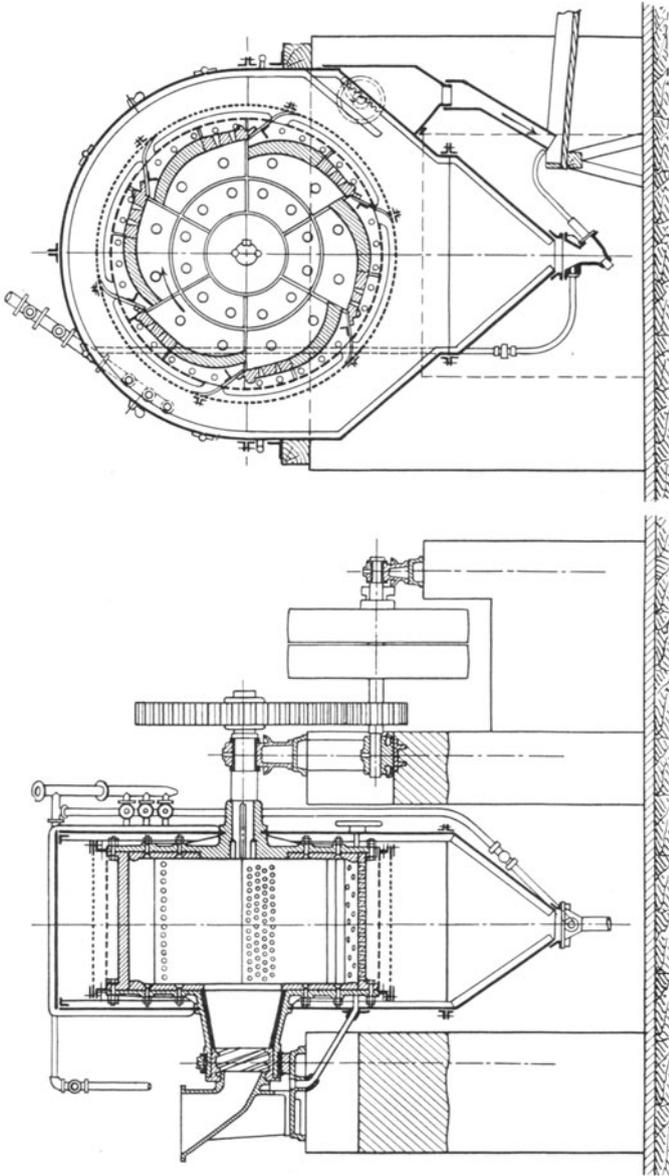


Abb. 121. Naßkugelmühle für die Erzaufbereitung (Fried. Krupp-Grusonwerk).

in Laboratorien gebraucht und sind auf Gußgestelle montiert. Die Mahltrommel dreht sich freitragend und sichert auf diese Weise eine große Zugänglichkeit zur Mühle.

Bis zu 1000 oder 1200 mm Trommeldurchmesser kann man das

Maschinengestellt aus Gußeisen herstellen. Darüber hinaus werden die Lager auf Mauerwerkssockel gesetzt, wie man es auf der Abb. 122 sehen kann.

Das Verwendungsgebiet der Kugelmühlen ist ein sehr verschiedenes.

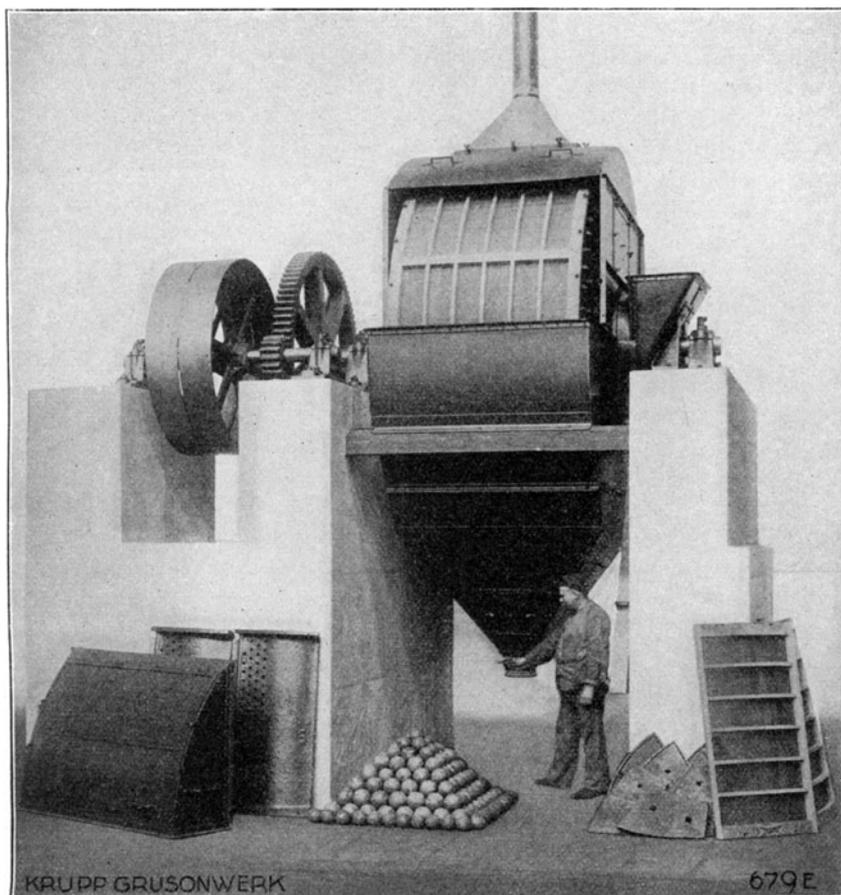


Abb. 122. Kugelmühle Nr. 9 von Fried. Krupp-Grusonwerk.

Sie können Stücke, wie sie gerade aus dem Bruche gefördert werden, bis 150 mm Größe, bei den größten Ausführungen aufnehmen. Dennoch ist es, wenn man eine gute Leistung erzielen will, vorzuziehen, mit Stücken zu speisen, die vorher durch einen Steinbrecher vorzerkleinert sind.

Die gewünschte Feinheit ist verschieden und leicht einstellbar. Man kann :

1. die Mühle wie einen Vorschroter arbeiten lassen und die Feinmahlung durch eine Feinmühle besorgen lassen. In diesem Falle läßt man das Sieb im allgemeinen weg, die Mahlplatten sind je nach der gewünschten Feinheit des fertigen Mahlgutes mit verschiedenen großen Löchern versehen;

2. die Mühle für grobe Mahlung mit Hilfe nur eines Siebsatzes, im allgemeinen aus gelochtem Blech, arbeiten lassen;

3. eine ausgesprochen feine Mahlung erzielen durch Verwendung feiner Siebe, die im Notfalle mit einer Klopfvorrichtung versehen werden, um eine Verstopfung der Maschen zu vermeiden. Man kann aber auch unter Verwendung von groben Sieben die Maschine allgemein im geschlossenen Kreislauf mit einer außen liegenden Sichtmaschine, gewöhnlich mit einem Windsichter, arbeiten lassen, der das Feine aussondert und die Rückstände zur Wiederaufgabe in die Mahltrommel zurückführt;

Zahlentafel 33. Kugelmühlen von G. Polysius, Dessau.

Modell Nr.	3	4	5	6	7	8	9
Durchmesser der Mahltrommel mm	1100	1400	1600	1980	2200	2650	2950
Breite der Mahltrommel . . . „	840	950	1120	1300	1460	1700	1850
Durchmesser der Riemenscheiben . . . . . mm	800	900	1000	1250	1500	1650	1800
Breite der Riemenscheiben . . . „	100	150	150	200	225	225	250
Umdrehungen der Riemenscheiben i. d. Min. . . . .	110	110	110	110	110	110	110
Umdrehungen der Mahltrommel i. d. Min. . . . .	34	33	30	27	25	21	20
Erforderlicher Kraftverbrauch HP	2	4	7	12	22	45	65
Gewicht der Maschine . . . kg	1900	3600	5400	7400	9900	15600	21600
Gewicht einer Kugelfüllung . . . „	150	300	500	850	1400	2500	3300

4. ungleichartige Rohstoffe mahlen, wie alten Formsand, Schlacken, Gekrätz und Metallaschen. Um die unmahlbaren, metallischen Bruchstücke, die in diesen Stoffen enthalten sind, auszuschneiden, ist eine, durch einen Deckel verschlossene Öffnung (Schlot) vorgesehen. Diese Öffnung geht durch die Mahltrommel und die Siebe hindurch. Dieser Deckel kann durch einen Rost mit geeigneten Abmessungen ersetzt werden, der wohl die Kugeln zurückhält, aber den Durchgang der metallischen Bruchstücke zuläßt, welche man von Zeit zu Zeit herausnehmen kann.

Wenn man auf trockenem Wege arbeitet, kann die Kugelmühle zum Vor- und Feinmahlen harter und halbharter Rohstoffe dienen, wie Zement, Hochofenschlacke, Schlacken, Gips, Kalk, Kohle, Phosphor, Gekrätz, Gießereisand, trockene Erden, Erze, Hammerschlag usw.

Die Zahlentafel 34 gibt die Leistungen in verschiedenen Feinheiten der verschiedenen, durch die Kugelmühlen, Bauart G. Polysius ver-

Zahlentafel 34. Leistungen der Kugelmühlen.

Gemahlene Rohstoffe	Sieb Nr.	Leistung der Kugelmühle in kg/Std.					
		4	5	6	7	8	9
Arsenik . . . . .	30	225	340	525	800	1200	1725
	40	190	295	450	700	1120	1500
	50	185	280	430	675	1000	1440
Asphalt . . . . .	10	375	560	875	1350	2000	2900
	15	360	295	840	1290	1900	2700
	20	330	280	770	1180	1750	2550
Backsteinbruch . . . . .	6	1025	1530	2380	3660	5500	7800
	25	450	680	1050	1600	2400	3450
	90	190	280	440	670	1100	1430
Flußspat . . . . .	30	990	1500	2300	3550	5300	7600
	80	450	680	1050	1600	2400	3450
	90	360	540	840	1290	1860	2760
Glas . . . . .	80	390	590	910	1400	2080	3000
	100	360	540	840	1890	1860	2760
	120	270	400	630	960	1430	2100
Graphit . . . . .	10	810	1210	1890	2900	4300	6100
	20	560	840	1290	2000	3000	4320
	40	410	600	950	450	2150	3100
Hochofenschlacke . . . . .	60	270	400	630	970	1450	2100
	80	220	330	500	780	1150	1660
	100	185	280	430	675	1000	1440
Holzkohle . . . . .	40	235	350	540	850	1250	1800
	60	190	290	450	695	1050	1500
	80	150	225	350	540	800	1150
Kalk (gebrannt) . . . . .	20	1050	1550	2400	3750	5500	7900
	40	470	700	1100	1700	2500	3600
	80	370	550	850	1300	1940	2800
Kalkstein (harter Mergel) . . . . .	20	990	1500	2300	3550	5300	7600
	60	450	680	1050	1600	2400	3450
	80	360	540	840	1290	1860	2760
Koks . . . . .	30	190	280	440	670	1100	1430
	40	165	250	380	590	900	1270
	50	145	220	345	530	790	1130
Knochen (entfettet und entleimt) . . . . .	40	375	560	875	1350	2000	2900
	50	320	490	760	1170	1700	2500
	60	280	420	650	1000	1480	2150
Kupfererz . . . . .	30	810	1250	1890	2900	4260	6200
	80	370	550	850	1300	1940	2800
	90	280	420	645	1000	1500	2160
Marmor . . . . .	25	840	1260	1960	3000	4400	6400
	60	375	560	875	1350	2000	2900
	80	300	450	700	1075	1600	2300
Phosphate . . . . .	25	500	820	1160	1780	2650	3800
	60	225	340	525	800	1200	1725
	90	180	260	410	630	950	1340

Zahlentafel 34. Leistungen der Kugelmühlen (Fortsetzung).

Gemahlene Rohstoffe	Sieb Nr.	Leistung der Kugelmühle in kg/Std.					
		4	5	6	7	8	9
Quarz . . . . .	6	480	720	1120	1720	2600	3680
	30	330	500	770	1180	1800	2550
	70	240	360	560	870	1300	1840
Schamotte . . . . .	6	840	1260	1960	3000	4400	6450
	12	690	1035	1610	2470	3750	5300
	18	450	680	1050	1600	2400	3450
Schwefelkies . . . . .	30	370	550	860	1330	1970	2800
	40	270	400	630	970	1450	2100
	60	180	270	420	650	950	1400
Schwerspat . . . . .	6	2250	3400	5250	8000	12000	17300
	25	925	1400	2150	3375	5000	7200
	70	420	630	980	1500	2250	3200
Steinkohle . . . . .	25	600	920	1370	2000	3000	4500
	40	400	600	920	1370	2000	3000
	60	300	440	670	1000	1500	2250
Ton (gebrannt) . . . . .	20	450	675	1050	1620	2380	3450
	60	190	280	440	670	990	1430
	100	85	130	200	300	450	650
Ton (lufttrocken) . . . . .	6	1650	2500	3800	5900	9000	12700
	30	750	1120	1750	2700	4000	5750
	70	540	810	1200	1950	2900	4200
Tuff . . . . .	6	1350	2000	3200	4850	7200	10400
	30	560	840	1290	2025	3000	4320
	80	260	380	600	920	1350	2000
Zementklinker . . . . .	25	650	1000	1500	2200	3350	5000
	70	330	500	770	1180	1800	2550
	90	270	400	630	970	1400	2100

mahlenenen Rohstoffe an, entsprechend den Angaben der vorhergehenden Zahlentafel 33.

Die mit Wasser arbeitende Kugelmühle dient besonders zum Mahlen von Erzen.

Sie kann Verwendung finden:

1. nach dem ersten Steinbrecher, wenn das Auslesen (Ausklauben) von Hand als wenig lohnend weggelassen wird. In diesem Falle kann sie so eingestellt werden, daß sie ein Mahlgut von 0 bis 4 mm oder 0 bis 6 mm ergibt. Eine feinere Mahlung würde allgemein die Aufstellung einer zweiten Mühle erfordern;

2. nach der Wäsche zum Mahlen des grobkörnigen Mittelprodukts, in diesem oder denjenigen Fällen, in denen sie einer nochmaligen Wäsche unterzogen werden, sowie ganz allgemein zum Nachmahlen aller früheren Waschrückstände, aus welchen man noch einen gewissen Prozentsatz Metall gewinnen will.

Die Kugelmühle ersetzt vorteilhaft die Walzenmühle jedesmal,

wenn, wie für die Verwendung unter I. angegeben, ein Ausklauben von Hand nicht ins Auge gefaßt ist.

In der Tat würden, um die Zerkleinerung von Rohmaterial, das mit 50 mm Stückgröße vom Steinbrecher gekommen ist, auf eine Korngröße von Sieb Nr. 20 oder 30 durchzuführen, wenigstens drei Walzwerke notwendig sein, die im geschlossenen Umlauf mit Becherwerk und getrennten Sieben arbeiten. Eine einzige Kugelmühle verrichtet dieselbe Arbeit mit einem geringeren Anschaffungspreis, mit einem  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  geringeren Betriebskraftverbrauch, geringerem Platzverbrauch und vermindertem Wasserverbrauch.

Bei einem bei Mount Morgan in Australien durchgeführten Vergleichsversuch haben die Selbstkostenpreise für die Tonne im Verhältnis von 8,5 zu 5 gestanden, je nachdem es sich um die Aufbereitung mit Walzwerk oder Kugelmühle handelte. Der Stahlverschleiß in den Kugelmühlen war 744 g für die Tonne. Der Vergleich mit einer Pochwerksbatterie ist ebenfalls sehr günstig für die Kugelmühle ausgefallen.

Eine Batterie von fünf Stempeln hat 780 kg harten Quarz auf die Feinheit von Sieb Nr. 40 mit einem Kraftverbrauch von 12,5 HP zerkleinert, während eine „Ferraris“-Kugelmühle Nr. 3 1200 kg bei derselben Mahlfineinheit mit 9 HP mahlte.

Nach Sir Argall erzeugt die Kugelmühle nicht mehr unfühlbar feine Mehlteilchen (slimes) als die Walzwerke. Versuche haben gezeigt, daß sie weniger davon erzeugt als Poch- und Stanzwerke.

Die Aufbereitung mit der Kugelmühle ist trotzdem für die spätere Klassierung auf dem „Wilfley“-Herd oder ähnlichen andern sehr günstig.

2. Grobmahlmühlen mit unabhängigem Sieb. Die für die unmittelbare Feinmahlung eingerichtete Kugelmühle wird zu einer Maschine mit schlechter Leistungsfähigkeit; denn die Siebe verstopfen sich, zerreißen und führen allerlei Betriebsstörungen herbei. In zahlreichen Fällen ist man dazu geführt worden, die Feinsiebe, ja selbst alle Siebe, herauszunehmen und einen unabhängigen Sichter aufzustellen.

Als im besonderen der Windsichter bekannt wurde, wurden zahlreiche Betriebe mit sieblosen Kugelmühlen in Verbindung mit Windsichtern eingerichtet.

Die durchlochten Platten sind ebenfalls der Verstopfung unterworfen durch sich künstlich bildenden Grat und Verstopfungen durch harte Stücke in den Öffnungen, welche dem unmittelbaren Stoß der Kugeln ausgesetzt sind. Auch hat man die durchlochten Mahlbalken durch volle ersetzt. Der Austrag des Mahlgutes findet dann durch die Zwischenräume zwischen den Mahlbalken statt. Die sieblose Mühle mit Windsichter von Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern, war die erste Mühle, die nach diesem Grundsatz gebaut wurde.

Eine andere Mühle dieser Bauart ist die Kugelmühle „Molitor“.

Diese Maschine wird hauptsächlich als Vorschroter bei der Zementklinkervermahlung verwendet. Sie ist wie die schon beschriebene Jenisch-Löhnert-Mühle gebaut, mit einer Mahltrommel aus Mahlbalken, die aus einer Stahlblechunterlage mit einer nach besonderem Verfahren befestigten Panzerplatte bestehen. Aber auch hier sind keine Siebe um die Mühle herum vorhanden. Die Zwischenräume zwischen zwei aufeinander folgenden Mahlbalken sind einfach durch auswechselbare Roste, die die Mehlfeinheit bestimmen, verschlossen. Diese Roste sind vor der Wurfwirkung der Kugeln geschützt.

Die Anordnung von Rosten mit großen Schlitzten, die über die ganze Breite der Mühle offen sind, ergeben ein grobes, wenig mehlhaltiges Mahlgut. Sie genügt als Vorschroter für Drehofenklinker, bevor sie in der Pendelmühle oder Feinrohmühle weiter vermahlen werden.

Die Anordnung von Rosten mit weiten Schlitzten, die nur einen Teil der Mühlenbreite einnehmen, der andere Teil (Einlaufseite) bildet eine geschlossene Mahlbahn, ergibt ein Gemenge, das sehr reich an Mehl ist. Diese Einrichtung paßt entweder zum Vormahlen oder zum Feinmahlen nur in Verbindung mit einem Windsichter.

3. Mühlen mit fugendichten Mahlplatten. Diese Mühlen besitzen einen Belag von Panzerplatten, die treppenartig und satzweise eine gegen die andere angeordnet sind. Die Aufgabe erfolgt gewöhnlich durch den einen Drehzapfen. Das fertig gemahlene Gut tritt am Umfang der gegenüberliegenden Seitenwand aus. Zu diesem Zwecke sind die Panzerplatten mit geeigneten Öffnungen versehen. Die Absiebung und der Rücklauf der Rückstände in die Mühle vollzieht sich in verschiedener Weise.

Die „Kominor“-Mühle, von F. L. Smith & Co. in Kopenhagen gebaut, besteht aus einer Stahlblechtrommel, die im Innern mit besonderen auswechselbaren, stufenartigen Verschleißplatten ausgelegt ist. Das durch den einen Lagerzapfen aufgegebene Mahlgut wird über die ganze Breite der Wirkung der Stahlkugeln ausgesetzt. Wenn es dann auf der anderen Seite angekommen ist, geht es durch geeignete, im Umfang vorgesehene und mit Regulierschiebern versehene Öffnungen.

Das aus der Mühle herausgeschaffte Mahlgut fällt dann in ein Sieb, welches die Mühle umgibt. Dieses Sieb ist konisch ausgebildet mit der Neigung gegen die Einlaufseite, so daß unter der Drehwirkung das Mahlgut sich auf der Siebfläche verbreitet und die Rückstände sich gegen die Wand, welche die Aufgabevorrichtung trägt, sammeln. Hier werden die Rückstände durch Spiralrinnen erfaßt, die sie durch die Einlaufnabe in die Mühle zurückführen.

Die „Kominor“-Mühlen neuester Bauart sind mit Fasta-Sieben ausgerüstet. Diese Anordnung wird in Abb. 123 gezeigt. Diese Fasta-

Siebanordnung besteht in einer gewissen Anzahl von Siebzyllindern, die als Begleiter der Mühle auf dem Umfang derselben befestigt sind.

Auf diese gleiche Weise werden die Rückstände durch Spiralkanäle wieder in die Mühle zurückgeführt. Die Überlegenheit dieser Ausführung ist durch die folgenden Vorteile gekennzeichnet :

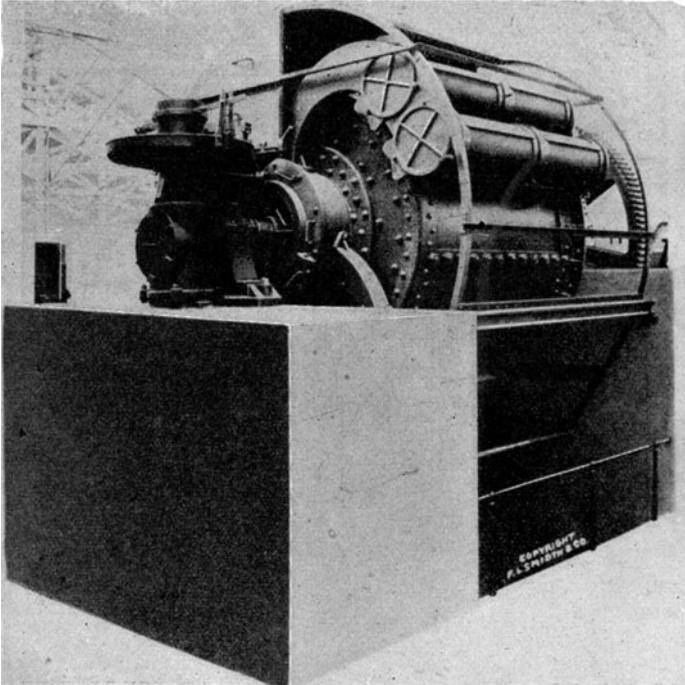


Abb. 123. „Kominor“-Mühle.

1. Der Mühlenkörper ist leicht zugänglich, ohne die Siebe wegnehmen zu müssen, wie in den vorhergehenden Anordnungen. Das Nachsehen oder das Auswechseln einer Mahlplatte kann augenblicklich bewerkstelligt werden ;

2. Die Sieboberfläche ist besser ausgenützt. Jeder der kleinen Siebzyllinder arbeitet während der ganzen Umdrehung ;

3. Die Reibungen auf dem Sieb sind geringer, weil die relative Umfangsgeschwindigkeit wesentlich vermindert ist (ungefähr im Verhältnis 1:6). Infolgedessen entsteht weniger Verschleiß der Siebe und geringerer Kraftverbrauch ;

4. Wenn sich die Siebzyllinder in der höchsten Stellung befinden, wirkt die Zentrifugalkraft der Schwerkraft der Rohstoffe nicht mehr

entgegen, die Reibung derselben auf den Sieben ist geringer, daher besserer Nutzeffekt. Die Sichtung vollzieht sich um so besser, je geringer der Druck des Materials auf die Siebe ist. In den großen Sieben erhöht sich im Gegenteil die Schwerkraft und die Zentrifugalkraft beständig;

5. Endlich sind die „Fasta“-Siebe einzeln auswechselbar. Man kann solche in Vorrat halten, die im Falle des Verschleißes eine leichte und schnelle Auswechslung ermöglichen.

Der „Kominor“ wird in 11 Größen gebaut, die Stahlkugelfüllungen wechselnd von 500 bis 5200 kg erhalten und einen Betriebskraftverbrauch haben, der von 7 bis 8 HP bis zu 90 bis 100 HP geht.

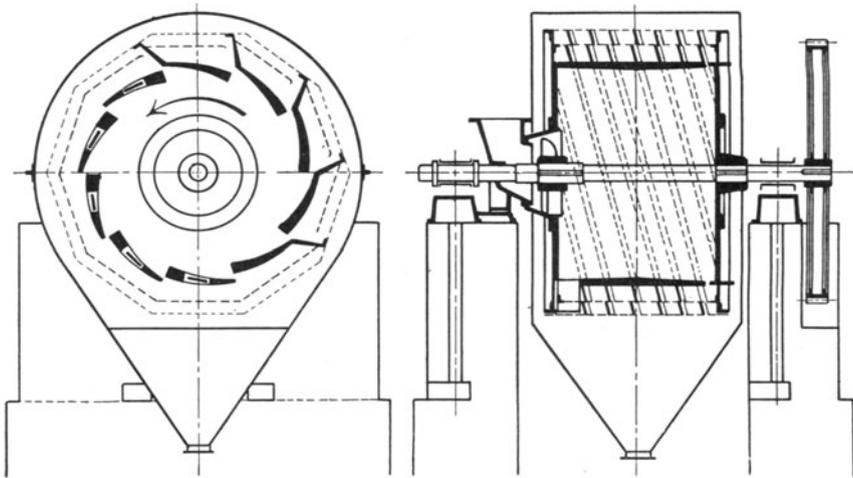


Abb. 124 und 125. „Cementor“-Mühle von G. Polysius, Dessau.

Von der Firma P. L. Smith & Co. in Kopenhagen gebaut, ist er allgemein bekannt und wird zum Vorschrotten mit Erfolg verwendet: zum Vermahlen von Zementrohmaterial auf trockenem oder nassem Wege;

Zum Vermahlen von Zementklinkern, besonders Drehofenklinkern;  
zum Vermahlen von Kohle zum Verfeuern als Kohlenstaub;  
zum Vermahlen von Kalk, Schlacken, Gekrätz;  
zum Vermahlen von Erzen auf trockenem oder nassem Wege;  
und im allgemeinen alle Rohstoffe von großer oder mittlerer Härte.

Beim „Cementor“ von G. Polysius, Dessau (Abb. 124 u. 125), findet der Austritt des gemahlten Gutes ebenfalls am Umfange statt. Die Siebe sind zylindrisch und mit Winkeleisenspiralen versehen, deren Steigung gegen den Einlauf der Mühle gerichtet ist, so daß unter der Wirkung der Umdrehungen das Mahlgut sich selbsttätig über das Sieb

verteilt und gegen den Einlauf der Mühle zurückkehrt. Angekommen an der Einlaufseitenwand, werden die Rückstände von den geneigt liegenden Schöpfbechern, wie auf der Abb. 125 ersichtlich, erfaßt und in die Mühle am Umfang mit Hilfe einer besonderen Vorrichtung an den Durchbrechungen der Panzerplatten wieder zurückgeführt.

Diese Mühle kommt besonders für das Vermahlen sehr harter Rohstoffe in Frage, wie: Drehofenklinker, Schlacken, Erze, feuerfeste Materialien, Kalk, Steinkohle usw., die in Stücken, welche Faustgröße erreichen können, aufgegeben und auf eine Feinheit von wenigstens Sieb Nr. 30 gemahlen werden. Jede größere Feinheit erfordert das Hinzulegen einer Feinrohmühle.

Der „Cementor“ wird in vier Größen gebaut nach den Angaben der nachfolgenden Zahlentafel:

Zahlentafel 35. „Cementor“-Mühle.

Modell Nr.	6	7	8	9
Durchmesser der Blechumhüllung. . . . . mm	2400	2650	3000	3300
Breite der Blechumhüllung. . . . . „	1470	1660	1850	2050
Durchmesser der Riemenscheiben. . . . . „	1500	1650	2000	2400
Breite der Riemenscheiben . . . . . „	225	250	275	300
Umdrehungen i. d. Min. . . . . „	125	125	125	125
Erforderlicher Raum in der Höhe . . . . . mm	4000	4100	4800	5200
Erforderlicher Raum in der Breite . . . . . „	4500	4900	5200	5700
Erforderliche Betriebskraft . . . . . HP	28	40	60	90
Leistung in der Stunde für Drehofenklinker . kg	1800	2700	4000	6000
Leistung in der Stunde für Schachtofenklinker . „	3100	4700	7000	10500
Gewicht der Maschine . . . . . „	7500	10000	16000	22000
Gewicht einer Kugelfüllung . . . . . „	1200	1800	2600	3700

Die Orion-Mühle mit Windsichter besteht aus einer Mahltrommel, in welcher die einzelnen Mahlplatten der Mahlfläche stufenartig angeordnet sind. Zwischen diesen und an der Seite des Einlauftrichters sind Austrittsöffnungen für das Mahlgut vorhanden. Diese Öffnungen befinden sich nur auf einer gewissen Länge der Mahlbalkenbreite, während der Rest der Mahlfläche geschlossen ist. Die Anordnung ergibt sich auf Grund der schraubenförmigen Gestaltung der Panzer-mahlplatten. So ist die Oberfläche der Mahltrommel gegen die Seitenwand, welche der Aufgabe gegenüber liegt, glatt und nur stufenförmig an der Aufgabeseite.

Das durch die Kugeln genügend zerkleinerte Mahlgut geht durch Schlitz *b* (siehe Abb. 126) und fällt zunächst auf ein Vorsieb *c* oder aber meistens unmittelbar in den Trichter *d* des Staubgehäuses. Von da aus wird es durch ein Becherwerk in einen ausprobierten Windsichter gehoben, der die Grieße vom Feinmehl trennt. Während das Mehl unmittelbar abgesackt werden kann, fallen die Grieße durch ein Gerinne bei *g*, die Rückführflügel *e* und die Öffnung bei *f* in die Mühle

zurück. Unter Benutzung des Vorsiebes *g* wird das Grobe durch dieses zurückgehalten und kehrt auf demselben Wege in die Mühle zurück. Das eben zurückgekommene Grobgut soll dort auf der geschlossenen Mahfläche *h* des Mahlbalkens durchlaufen und von den Kugeln zu Staub zerkleinert werden. Das Grobe, das fortdauernd bei *f* eintritt, läßt das Feingemahlene bis zu den Schlitzten bei *b* vorrücken, von wo es den Weg durch den Windsichter von neuem beginnt.

Die Länge der Schlitzte *b* kann beliebig verändert werden. Man kann den geschlossenen Teil *h* der Mahlbahn verlängern oder verkürzen und die Mühle genau auf den am wenigsten großen Widerstand der

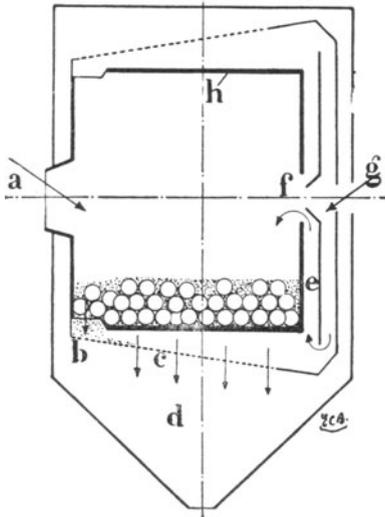


Abb. 126. Schema der „Orion“-Mühle.

Grieße gegen die Staubvermahlung einstellen. Für leicht zu vermahlende Rohstoffe (z. B. Kalk), wo es sich um die Erzielung einer minder feinen Mahlung handelt, wird der geschlossene Teil *h* kurz werden müssen, während er für schwer zu mahlende Rohstoffe verlängert werden muß. Das Vorsieb *c* wird fast immer entfernt werden müssen, aber es wird empfehlenswert in dem Falle, wenn die „Orion“-Mühle als Vorbrecher dienen soll, zum Beispiel in Verbindung mit einer Feinrohrmühle.

Die „Orion“-Mühle eignet sich gut für alle mahlbaren Stoffe, wie sie auch von der gewöhnlichen Kugelmühle vermahlen werden. Sie besorgt die Vor- und Feinmahlung von Zement,

Kalk, Phosphat, Schlacken, Gips, Erze, Kohle usw. mit großen Leistungsfähigkeiten.

Die Rohrmühle „Molitor“ (Hersteller Herm. Löhnert in Bromberg) besteht aus einem Stahlrohr, das inwendig mit Mahlplatten ausgekleidet ist. Das an der einen Seite durch den Stirnzapfen aufgegebene Mahlgut muß die ganze Länge der Mühle durchlaufen und verläßt dieselbe am entgegengesetzten Ende durch Öffnungen am Umfang. Es fällt auf ein Rundsieb, das die Mühle umgibt. Das letztere ist dazu bestimmt, die großen Stücke zurückzuhalten, während das Feinmehl von einer Blechumhüllung aufgenommen wird. Die Rückstände werden an einem Punkte der Trommellänge wieder in die Mühle zurückgeführt, und zwar so, daß der zweite zurückgelegte Mahlgang zur vollständigen Feinmahlung des Mahlgutes genügt.

Das Sieb und die Blechhülle umgeben die Mahltrommel also nur

zu einem Teil ihrer Länge, und zwar an der dem Einlauf gegenüberliegenden Seite.

Die „Molitor“-Rohrmühle wird als Vorschroter vor eine Feingrießmühle oder eine Pendelmühle verwendet. Aufgestellt im geschlossenen Kreislauf mit einem Windsichter, kann auch eine unmittelbare Feinmahlung erzielt werden.

Gebaut in 10 Größen von 1500 mm Durchmesser und 2500 mm Länge bis zu 1800 mm Durchmesser und 4000 mm Länge, mit einer von 5500 kg bis 14000 kg wechselnden Kugelfüllung, verbrauchen diese Mühlen eine entsprechende gestaffelte Betriebskraft von 65 bis 100 HP.

#### 4. Mühlen mit Seitensieben.

Die gewöhnliche für Naßmahlung vorgesehene Kugelmühle ist mit gelochten Mahlbalken ausgerüstet und von konzentrischen Rundsieben umgeben. Sie eignet sich zum Verarbeiten von Stücken oder grobem Kies, nur darf sie nicht mit schon feingemahlenem Gut beschickt werden. Dieses würde, ohne sich der Mahlwirkung der Kugeln auszusetzen, sofort durch die Löcher der Mahlbalken schlüpfen und würde den Raum zwischen den Mahlbalken und den Sieben verstopfen.

Zum Mahlen von feinem Mahlgut und ganz besonders zum Nachmahlen von Mittelprodukten, die von den Setzmaschinen, die das Feine bearbeiten, und von den Herden der Erzaufbereitungsanlagen kommen, dient am besten die Kugelmühle mit seitlichen Sieben, wie sie die Abb. 127 zeigt.

Bei dieser Mühle vollzieht sich der Mahlvorgang immer im Innern der Trommel mit Hilfe von Kugeln. Die Mahltrommel ist mit einer vollen Panzerung aus sehr hartem Metall versehen und hat keine Öffnungen am Umfang.

Das Mahlgut bleibt so lange der Wirkung der Kugeln ausgesetzt, bis es die gewünschte Feinheit erreicht hat. Dann wird es durch die seitlichen Siebe abgeführt, welche so eingerichtet sind, daß die Kugeln nie mit den Metallsieben, mit denen die Mühlen ausgerüstet sind, in Berührung kommen.

Die in der Abb. 127 dargestellte Maschine ist eine Kugelmühle „Ferraris“. Diese Mühle besteht aus einer Blechtrommel von 1400 mm Durchmesser und 1150 mm innerer Breite und rollt auf 4 Rollen, von denen 2 durch Riemenscheiben angetrieben werden. Sie übertragen durch einfache Reibung die Bewegung auf die Trommel. Der Mahlraum ist auf der einen Seite (Einlaufseite) von einem Boden begrenzt und auf der anderen Seite durch eine ringförmige Zwischenwand, die aus Platten mit  $15 \times 25$  mm Löchern gebildet wird. Diese Zwischenwand, die die Siebe trägt, befindet sich 130 mm vom Boden entfernt,

und ist mit diesem Boden durch verschiedene, radiale Zwischenwände verbunden, die mehrere Kammern bilden. Ein konzentrisch angebrachter, konischer Trichter hat den Zweck, die Rückstände durch die Drehung der Maschine in die Mahlkammer zurückzuführen. Die Mahlwirkung wird durch eine Kugelfüllung von 400 kg und in Kugelgrößen von 75 bis 150 mm Durchmesser erzeugt. Die Umdrehungsgeschwindigkeit beträgt 20 Umdrehungen in der Minute, und die erforderliche Betriebskraft 6 HP. Eine ähnliche Maschine mahlt 1500 kg Erze in der Stunde bis zur Korngröße von 3 mm bei einem Stahlverschleiß von 400 g oder 272 g für die Tonne.

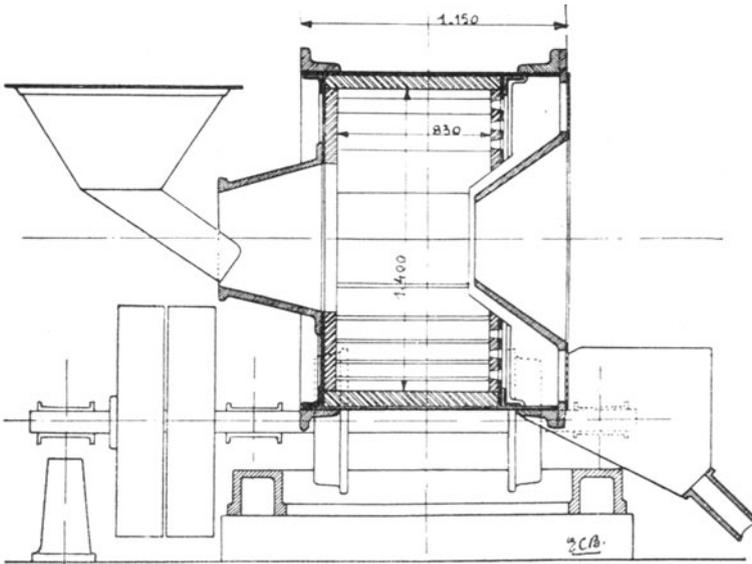


Abb. 127. „Ferraris“-Mühle mit Seitensieben.

Zum Vermahlen von Kalk und Tonschlamm bei der Zementherstellung auf nassem Wege baut die Firma Fried. Krupp-Grusonwerk 3 Größen Naßkugelmühlen ähnlicher Bauart, wie die eben beschriebenen, zum Vormahlen der Rohstoffe, die dann in Feinrohmühlen fertiggemahlen werden. Diese Mühlen haben 2500 mm Durchmesser und 2000, 2630 und 3300 mm Breite, machen in der Minute 23 Umdrehungen und haben bei einer Kugelfüllung von 2500, 3000 und 4000 kg einen Kraftverbrauch von 60, 75 und 90 HP. Die Leistungsfähigkeit richtet sich vor allem nach der Härte der zu vermahlenden Rohstoffe. Die größte dieser Mühlen leistet für 1 HP 30 bis 60 kg Rohschlamm in der Stunde bei einer Schlammfeinheit, die zur Aufnahme in die Feinrohmühle genügt. Bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 40% würde diese Mühle dann bei verschiedenen Härtegraden leisten:

Stundenleistung bei 1 PH in kg	Liter bei 40% H <sub>2</sub> O	kg Rohschlamm
30—40	18000	30000
40—50	23000	38000
50—60	27000	45000

### III. Kugelmühlen mit wiederholtem Umlauf.

Die Maschinen, die wir nun kennen lernen wollen, sind ohne Sieb zu arbeiten vorgesehen, sei es nun für feines oder grobes Mehl.

Es besteht eine Bauart, die „mit wiederholtem Umlauf“ bezeichnet wird. Bei dieser verläßt das Mahlgut die Mühle vor der vollständigen Vermahlung, um in einem Siebe oder in irgendeinem Sichter in Mehl und Rückstände getrennt zu werden. Diese Sichtvorrichtung schickt die ungenügend feinen Teilchen in die Mühle zurück.

Diese Maschinen bestehen aus einer Mahltrommel aus Gußeisen oder Stahlblech und mit Seitenteilen aus Stahlguß oder Stahlblech. Verschleißplatten aus Stahl- oder Hartguß bedecken das Innere der Mahltrommel, die zylindrische Wand und die Seitenteile (Böden). Diese Verschleißplatten werden durch Schrauben, die durch den Trommelmantel hindurchgehen, befestigt. Um die Wirkung der Kugeln zu verstärken, sind die Mahlplatten mit Rillen versehen oder treppenartig angeordnet.

Die Mahltrommel dreht sich entweder um eine starke Welle oder auf einem hohlen Stirnzapfen auf der einen Seite und einem Laufring auf Laufrädern an der anderen Seite oder auch auf zwei Laufringen. Der Antrieb wird allgemein durch einen Zahnkranz, der auf der Mahltrommel befestigt ist, hergestellt.

Die Mahlgutzuführung in der Größe von 25 bis höchstens 75 mm geschieht durch die Mitte der einen Seitenwand mittels einer selbsttätigen Schnecke oder Stoßaufgabe. Der Auslauf findet an der gegenüberliegenden Seite statt durch verschiedene Vorrichtungen, die wir schnell an unseren Augen vorbeigehen lassen wollen.

In der „Gallia“-Mühle von Anker stellen die Bekleidungsplatten, welche den Boden, der dem Einlauf gegenüberliegenden Seite bilden, Zwischenräume zwischen denselben her, durch die das Mahlgut fließen kann. Die radialen Rippen, die zwischen diesen Platten und der Mahltrommel liegen, leiten dann das Gut gegen die in der Mitte liegende Austragöffnung.

Bei den andern Mühlenarten, zum Beispiel die „Ergo“-Mühle von Amme, Giese & Konnegen, Braunschweig, vollzieht sich der Austrag am Umfang gegenüber der Einlaufseite, nachdem das Mahlgut durch die Verschleißplatten des Bodens hindurchgegangen ist. Diese mit länglichen Löchern versehenen Platten vertreten die Stelle der

Roste. Die „Centaure“-Mühle von Ch. Caudlot (Abb. 128) besitzt konische, gegen die Außenseite der Mahltrommel geneigt stehende Roste, die in Kreise um den Lagerzapfen herum angeordnet und gegen die Schläge der Kugeln geschützt sind. Das Feine fällt dann durch die Rostschlitze und wird durch eine Blechlaufhaube aufgenommen, während die Rückstände in die Mühle zurückfallen.

Eine Mühle, deren Erfolg in den letzten Jahren vor dem Kriege in den französischen Kalkwerken sehr groß war, war die Doppelhartmühle von Pfeiffer, Kaiserslautern die in der Abb. 129 dargestellt ist. Die besondere Eigentümlichkeit dieser Mühle besteht in der Tat-

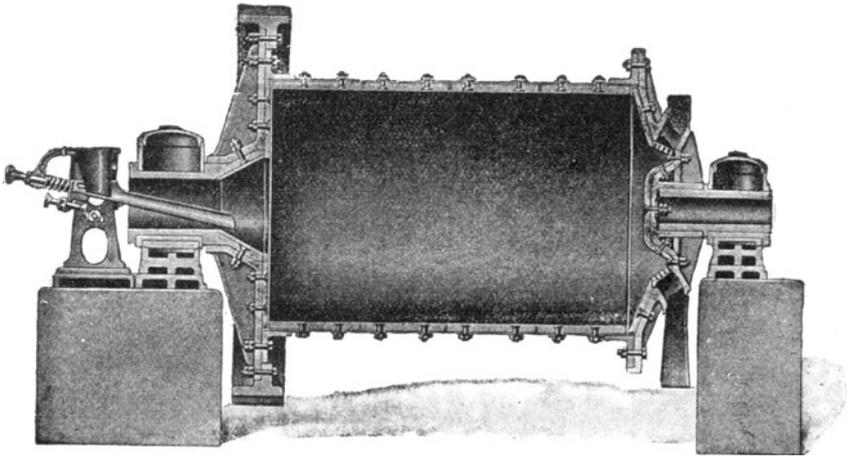


Abb. 128. Schnitt durch die „Centaure“-Mühle von Ch. Caudlot.

sache, daß der Einlauf wie der Auslauf des Mahlgutes sich gleichzeitig durch die beiden Außenseiten der Mahltrommel vollziehen kann. Allgemein führt man das Aufgabegut durch die eine Seite ein, dagegen die vom Windsichter zurückkehrenden Grieße durch die entgegengesetzte Seite.

Das Mahlgut verläßt die Mühle durch einen Spalt von einstellbarer Weite, der ringsum am Umfang der beiden Stirnwände angeordnet ist. Das herausfallende Gut wird in einem Blechtrichter aufgefangen und durch ein Becherwerk nach einem Windsichter oder Selektor (Feinwindsichter) gehoben.

Der Antrieb der Doppelhartmühle von Pfeiffer stellt eine neue, beachtenswerte Einrichtung dar. Die Mahltrommel ist mit zwei Laufingen, die mit Stahlbandagen versehen sind, ausgerüstet und ruht auf vier Laufrädern. Von diesen dienen zwei als Führungsrollen, während die beiden anderen den größten Teil des Mühlengewichtes aufnehmen und ihr die Drehbewegung durch einfache Adhäsion vermitteln. Genau

wie beim Zahnradvorgelege ist diese Einrichtung dem Verschleiß unterworfen. Aber sie hat den Vorteil, von einfacher und wirtschaftlicher Bauart zu sein. Das hat den Erfolg der Doppelhartmühle von Pfeiffer zum mindesten ebenso begünstigt, als die Anwendung eines mehr oder weniger bestreubaren Arbeitsgrundsatzes.

Die Maschinen, die wir beschrieben haben, können in zweierlei Weise arbeiten:

1. um ein grießiges Produkt zu erhalten (Sieb Nr. 20 bis 40) ohne Zuhilfenahme einer außenliegenden Sortierung;

2. um eine große Mehlfineinheit zu erzielen. In diesem Falle arbeitet die Mühle vorteilhaft im geschlossenen Umlauf mit einem Stoßsieb oder einem Windsichter, der das Feine abscheidet und die Rückstände in die Mühle zurückschickt.

Die Mahltrommeln sind in der Regel mit Stahlkugeln von 60 bis 120 mm Durchmesser gefüllt.

Die Zahlentafel 36 enthält die Angaben über die „Ergo“-Rohrmühle, die mit einem Windsichter im geschlossenen Kreislauf arbeitet.

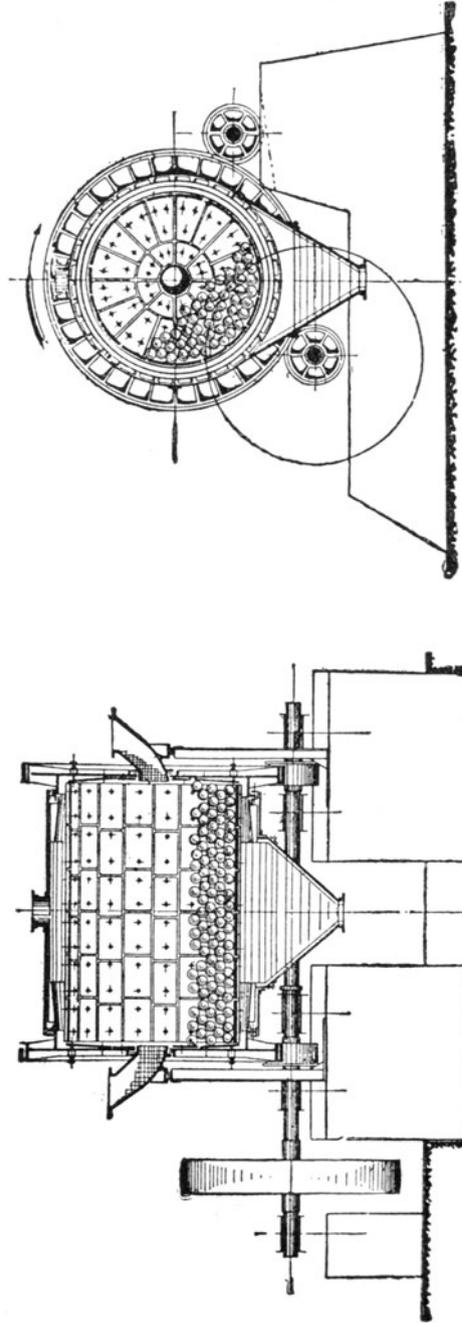


Abb. 129. Schmitte durch die Doppelhartmühle von Pfeiffer.

Zahlentafel 36. „Ergo“-Feinrohrmühle.

Modell Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchmesser der Mahltrommel . . . . . mm	1400	1600	1600	1800	1800	1800	1800	2000
Länge der Mahltrommel „ Leistung in der Stunde für Drehofenklinker . . . kg	3000	2650	3500	4000	5000	5500	6000	6000
Kraftverbrauch . . . . HP	2000	3000	4000	5500	7000	8000	9000	11000
Gewicht der Mühle allein für direkt. Motorenantrieb kg	60	85	120	160	200	225	280	320
Gewicht eines Satzes Kugeln kg	10000	14500	19200	26400	32500	34600	35700	44800
	5500	8240	11000	15000	18500	20000	23000	26000

Die in der Zahlentafel aufgeführten Leistungsangaben beziehen sich auf Drehofenklinker. Um die Leistungsfähigkeit für Schachtofenklinker zu erhalten, multipliziert man die angegebenen Zahlen mit 1,3 bis 1,5.

Für die Leistungen für Kalkstein und Ton multipliziert man mit 1,5 bis 1,8.

Wenn die Mühle als einfacher Vorschroter für eine Feinmühle verwendet werden soll, können die angegebenen Leistungszahlen verdoppelt werden.

Die in Europa gebauten, eben beschriebenen Mühlenbauarten: „Gallia“, „Centaure“, „Pfeiffer“, usw. sind hauptsächlich dazu bestimmt gewesen in Kalkwerken und Zementfabriken zu arbeiten, und in diesem Bereich haben sie auch ihre bevorzugte Verwendung gefunden. Erst neuerdings sind die Kugelmühlen von den Amerikanern aufgegriffen worden und haben auf dem Gebiete der Erzaufbereitung eine unerhörte Entwicklung genommen. Ausgestattet mit bedeutenden Mitteln zur Verwirklichung, wie sie nur in Amerika vorhanden sind, langdauernde und bis ins kleinste durchgeführte Versuche, Maschinen-aufstellungen, an welchen der Verdienst in technischen Kreisen beträchtlich gewesen ist, haben die amerikanische Kugelmühle zum Tagesgespräch gemacht. Eine recht ansehnliche Literatur hat in Frankreich schon den Wert der Kugelmühlen der verschiedenen Bauausführungen und besonders die konische Mühle von „Hardinge“ erkennen lassen. Wir wollen versuchen, die verschiedenen Gesichtspunkte methodisch zu ordnen und zusammenzufassen, die wir bis heute kennen. Wir müssen bedenken, daß wir mit diesem Teil unserer Arbeit in den Bereich der nächsten Wirklichkeit eintreten. Es wird uns nicht immer möglich sein, ganz klare Schlüsse aus den angekündigten Tatsachen zu ziehen; denn die Zeit allein wird erst ein gerechtes Urteil zu fällen gestatten über einen mehr oder weniger geschickten Bluff einiger Fabrikanten oder eine mehr oder weniger interessierte Schwärmerei gewisser Techniker.

Wir werden die amerikanischen Kugelmühlen in zwei Hauptgruppen

teilen: in die zylindrischen Mühlen (cylindrical mills) und die konischen Mühlen (conical mills).

In beiden Fällen werden die Mahlkörper aus Stahlkugeln oder aus Flintsteinen (pebbles) bestehen. Die Stahlkugeln dienen zum Vorbrechen bis zu Sieb Nr. 10 oder 20. Die Flintsteine dagegen werden allgemein in dem Falle gebraucht, wo eine größere Feinheit erreicht werden soll: Sieb 60, 80, 100 oder selbst Sieb 200. Im ersten Fall hat man eine „Kugelmühle“ und im zweiten eine „Flintsteinmühle“.

### 1. Mühlen mit zylindrischer Mahltrommel.

Diese Maschinen haben dieselbe Gestalt, wie die schon behandelte europäische Bauart der Vorgrießmühlen. Im allgemeinen ist der Durchmesser der Mahltrommel etwas größer als die Länge. Die Mahltrommel ist aus Stahlblech hergestellt und inwendig mit verschiedenartig geformten Platten aus hartem Metall ausgekleidet. Die Speisung erfolgt durch einen Hohlzapfen und der Austrag am Umfang, in der Mitte oder in einer mehr oder weniger ausgedehnten Ringfläche der gegenüberliegenden Seitenfläche.

Wir wollen nun die Einzelteile der Bauart einiger Maschinen untersuchen.

Der Antrieb erfolgt allgemein mittels einer Vorgelegewelle, die ein geschmiedetes Stahlantriebsrad trägt. Dieses greift in einen zweiteiligen Zahnkranz aus Gußeisen, der auf der Mahltrommel befestigt ist. Bei Verwendung von gefrästen Winkelzahnradern kann man ein genügend kleines Antriebsrad verwenden, um einen unmittelbaren Antrieb mit langsam laufenden Elektromotoren zu ermöglichen, der durch eine elastische Kuppelung mit dem Ende der Antriebswelle verbunden ist. In diesem Falle werden die Kraftverluste auf ein Minimum beschränkt. Mit Hilfe eines Kontrollers ähnlich demjenigen, wie er bei Hebevorrichtungen verwendet wird, kann man die Geschwindigkeit nach Belieben verändern (Abb. 130).

Eine bei Maschinen mit kleinem Durchmesser oft angewandte Betriebsweise besteht darin, eine große Riemenscheibe auf der Mahltrommel anzubringen. Der Antriebsriemen wird durch eine Lenix-Leitrolle geführt, die den Motoren neben der Mühle aufzustellen gestattet.

Die Mahltrommel dreht sich um zwei Hohlzapfen, die in Rollenlagern ruhen.

Die Aufgabe des Mahlgutes erfolgt im allgemeinen durch einen Löffelspeiser oder „scop feeder“. Diese Vorrichtung ist auf verschiedenen Abbildungen dieses Abschnittes ersichtlich und besteht aus einem, mit einer Spirale versehenen Rohr, das am Ende des Hohlzapfens befestigt ist. Durch die Einwirkung der Umdrehung schöpft

sie das Aufgabegut in einen Aufgabebehälter und führt davon bei jeder Umdrehung eine gewisse Menge in den Hohlzapfen. Dieser ist mit einer schneckenförmigen Rippe versehen und fördert das Aufgabegut in den Mahlraum. Dieser „scop feeder“ (Löffelspeiser) ist häufig umdrehbar eingerichtet, um die Umdrehung in beiderlei Drehrichtung zuzulassen.

Die einfachen Spiralaufgabevorrichtungen von Allis Chalmers werden in zwei Größen ausgeführt, und zwar von 750 und 1060 mm Halbmesser. Diese letztere Abmessung ist besonders vorgesehen, um die Rückstände aus den Sichtern, die mit der Mühle im geschlossenen Um-

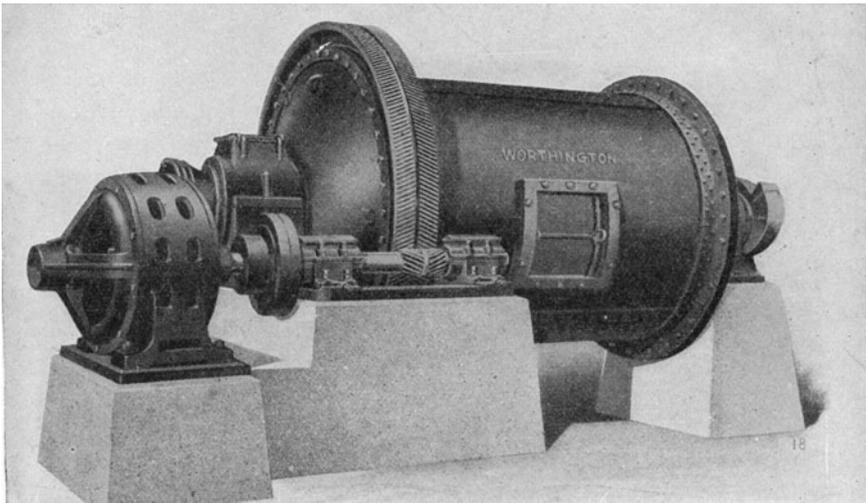


Abb. 130. Mühle mit zylindrischer Mahltrommel.

lauf arbeiten, wieder in den Mahlraum zurückzuführen. Diese „Löffelspeiser“ können Stücke bis 37 mm Größe für eine Leistung von 400 t in 24 Stunden bewältigen.

Für die größten Leistungen und größten Stücke verwendet man Trommelaufgaben, die aus einer zylinder-konischen oder doppelkonischen Trommel mit einer innen angebrachten Schnecke besteht. Diese ist an dem Hohlzapfen befestigt und entnimmt das Rohgut aus dem Aufgabetrichter durch eine Öffnung in der Mitte. Die Größe der zu entnehmenden Stücke kann 75 und selbst 100 mm erreichen.

Wenn es sich aber um einen Betrieb im geschlossenen Umlauf mit einem Sichter handelt, bringt man einen schneckenförmig gebogenen Arm in der Aufgabetrichter an, um die Rückstände wieder zurückzubefördern. Wenn es sich um trockene Rohstoffe handelt, kann man vorteilhaft Schneckenaufgaben oder Stoßschuhspeiser verwenden.

Die Auspanzerungen ändern sich, je nachdem Stahlkugeln oder Flintsteine in der Mühle Verwendung finden. Im ersten Fall werden sie aus Hartguß-, Chrom- oder Manganstahl hergestellt, und im zweiten Falle werden sie mit Silex ausgefüttert oder mit besonderen Auskleidungen, die wir im Abschnitt Rohrmühlen: „El Oro“, „Komata“, usw. kennenlernen werden.

Die aus Metall hergestellten Auskleidungen können glatt oder gerippt sein. Die erste Ausführung ruft geringen Verschleiß hervor, die

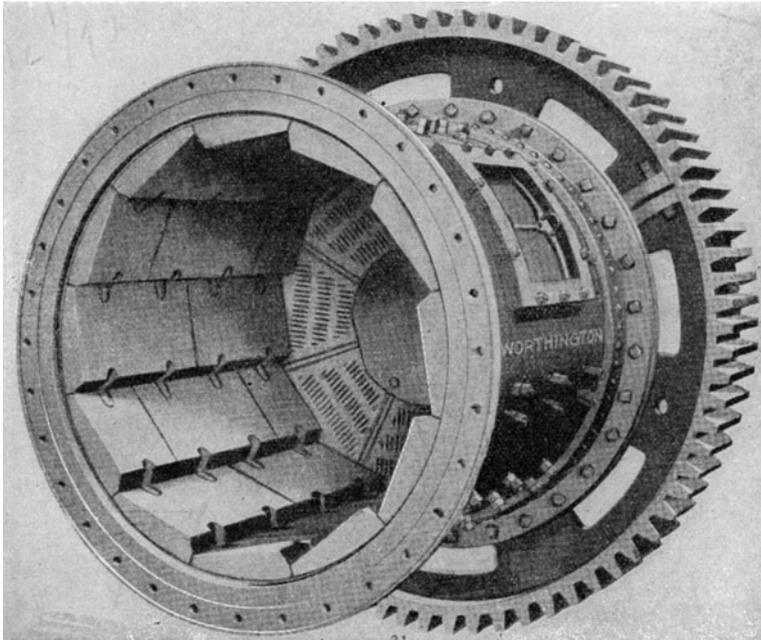


Abb. 131. „Worthington“-Kugelmühle.

zweite hat den Vorzug, die Mitnahme der Kugeln zu erleichtern, die, wenn sie aus größerer Höhe herabfallen, einen besseren Nutzeffekt ergeben. Allgemein werden die abgestuften Auskleidungen für grobe Mahlungen verwendet, während die glatten sich besser für die Feinmahlung eignen. Die Abb. 131 zeigt die innere Auskleidung der „Worthington“-Kugelmühle und läßt gleichzeitig die geschlitzten Platten der Austragscheidewand erkennen.

Die Auskleidungen bestehen im allgemeinen aus rechteckigen Platten, die durch versenkte Kopfschrauben, welche durch die Blechwand hindurchgehen, an ihrem Platz festgehalten werden oder auch

durch Keile aus hartem Metall, die zwischen zwei Platten geklemmt und verschraubt werden. Diese Keile *c* (Abb. 132 Ausführ. B) von trapezförmigem Querschnitt, deren Ränder erhöht sind, verkeilen die Panzerplatten *b*. Diese Keile können gleichzeitig als Rippen dienen, wenn man ihnen nur eine geeignete Höhe gibt. Die Abb. 132 zeigt die verschiedenen Befestigungsarten der Mahlplatten.

Die Panzerplatten der Seitenwände sind glatt und bestehen aus mehreren Segmenten. Sie bilden zuweilen einen Schutzring um die Einwurföffnung, um die Wurfbahn der Kugeln abzulenken und zu verhindern, daß sie den Eintritt des Rohmaterials stören oder gar durch den Hohlzapfen herauspringen.

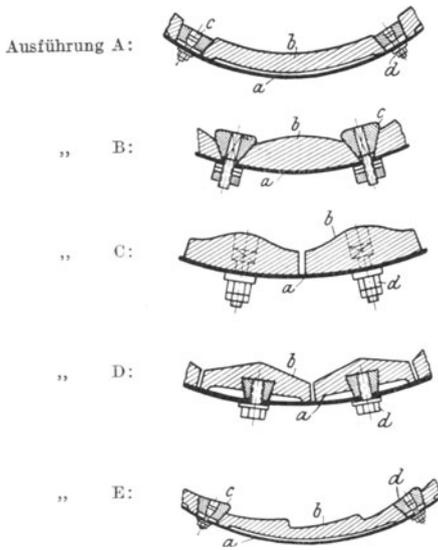


Abb. 132. Verschiedene Ausführungen der Auskleidungen.

Die Wand an der Auslaufseite ist im Falle des Austrages in der Mitte der Eintrittsseite ähnlich. Wenn das dagegen nicht der Fall ist, so ist die Wand doppelt und aus geschlitzten Platten, die in einer gewissen Entfernung von der Kopfwand eingebaut sind, gebildet.

Die Entleerung findet entweder am Umfang oder durch die Mitte der, dem Einlauf gegenüberliegenden Seitenwand statt. Bei der Entleerung durch die Mitte bleibt das Mahlgut länger der Wirkung der Kugeln ausgesetzt und erhält dadurch einen größeren Prozentsatz an feinem Mehl. Infolgedessen paßt die Entleerungsweise besser zum Mahlen von Erzen, die bestimmt sind, später durch Schwimm- oder Laugverfahren weiterverarbeitet zu werden.

Der Austrag am Umfang ist dann vorzuziehen, wenn grießiges Gut mit nur wenig feinem Mehlgehalt gewünscht wird. Die Abb. 133 zeigt die patentierte Anordnung einer auseinandernehmbaren Zwischenwand, die in der „Worthington“-Kugelmühle angebracht wird. Der Hohlzapfen an der Auslaufseite ist mit einem Rohstück, das durch Schneckenflügel in 4 Kanäle geteilt wird, versehen. Diese Einrichtung erleichtert den Austritt des Mahlgutes. Die vier Schneckenflügel bilden in der Mitte eine Nabe, die nach dem Innern der Mühle zu verlängert ist und in der Mitte eine Schraube trägt. Die geschlitzten Platten, welche die Zwischenwand bilden, werden einer-

Der Austrag am Umfang ist dann vorzuziehen, wenn grießiges Gut mit nur wenig feinem Mehlgehalt gewünscht wird.

Die Abb. 133 zeigt die patentierte Anordnung einer auseinandernehmbaren Zwischenwand, die in der „Worthington“-Kugelmühle angebracht wird. Der Hohlzapfen an der Auslaufseite ist mit einem Rohstück, das durch Schneckenflügel in 4 Kanäle geteilt wird, versehen. Diese Einrichtung erleichtert den Austritt des Mahlgutes. Die vier Schneckenflügel bilden in der Mitte eine Nabe, die nach dem Innern der Mühle zu verlängert ist und in der Mitte eine Schraube trägt. Die geschlitzten Platten, welche die Zwischenwand bilden, werden einer-

seits durch eine im Boden vorgesehene Nute festgehalten und andererseits in der Mitte durch eine Platte zusammengehalten, die mit der Schraube verschraubt wird, die durch die Mitte der Nabe geht. Diese geschlitzten Platten sind aus Manganstahl hergestellt. Vier Scheidewände trennen den Zwischenraum, den die ebene Zwischenwand von dem halbkugelförmigen Boden der Mühle scheidet. Diese auswechselbaren Platten entsprechen der Nabe mit Schneckenflügeln im Hohlzapfen und dienen dazu, das Mahlgut welches durch die Zwischenwand gegangen ist, gegen dieselben zu lenken. Es genügt, von der Außen-

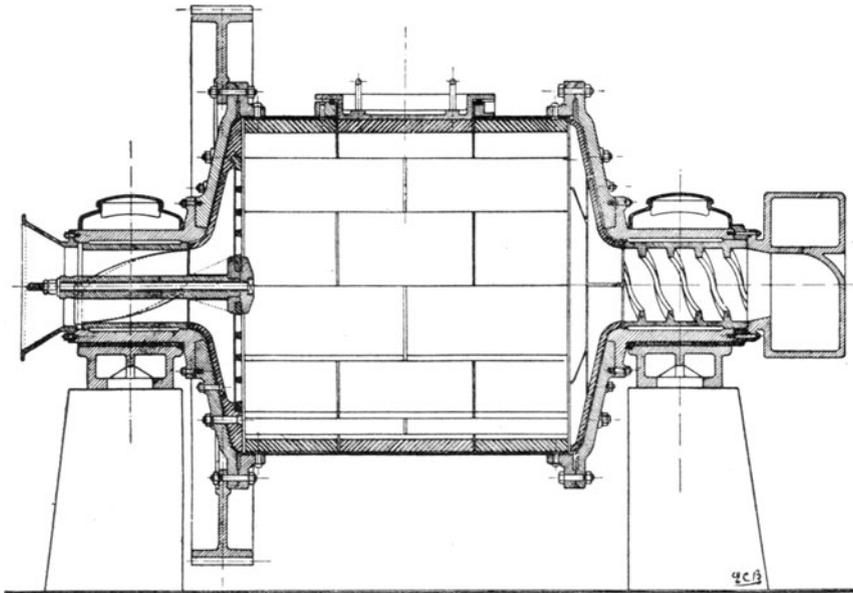


Abb. 133. Schnitt durch eine „Worthington“-Kugelmühle.

seite der Mühle aus, die Mittelschraube zu lösen, um leicht alle Stücke, aus denen die Zwischenwand besteht, auseinanderzunehmen und entfernen zu können. Man erhält auf diese Weise eine Mühle mit in der Mitte liegendem Austrag, die für die Naßmahlung geeignet ist. Eine oder zwei mit Deckeln verschlossene Öffnungen, die in der zylindrischen Wand vorgesehen sind, gestatten den Zugang zum Innern der Mühle, um die Vorrichtung zu besichtigen und Auswechslungen an der Auskleidung vornehmen zu können.

Die Abb. 134 zeigt die Anordnung einer einstellbaren Austragzwischenwand in der Kugelmühle von Allis Chalmers.

Bei dieser Mühle ist die Mahltrommel aus Gußeisen hergestellt und die Innenwandungen mit Platten von rillen- oder stufenförmiger Oberfläche verkleidet. Die gebogenen Stahlgußeisenwände sind mit dem

Hohlzapfen zusammen aus einem Stück gegossen. Die Austragseitenwand ist mittels Schrauben mit einer zweiten ebenen Zwischenwand verbunden, die in der Mitte einen, mit radialen Rippen versehenen, Konus trägt. Zwischen den Rippen sind runde Löcher angebracht, die mit Holzstopfen verschlossen werden können. Vor dem Raum, in welchem sich die Durchlochungen befinden, sind rechteckige, in entsprechenden Zwischenräumen zusammengenietete, aus Werkzeugstahl hergestellte Roste angebracht. Diese Roste werden durch Keilplatten an

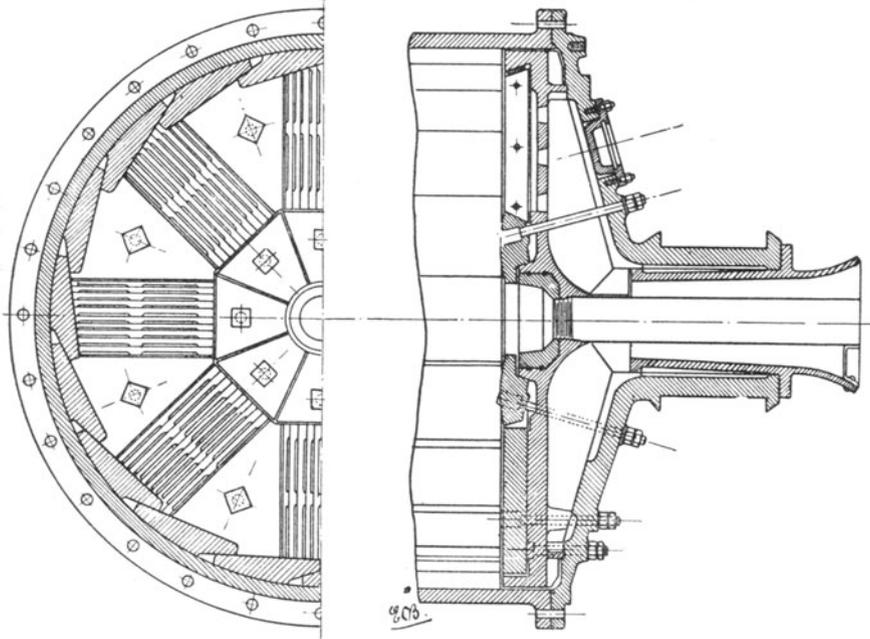


Abb. 134. Skizze des auswechselbaren Austrages der Allis-Chalmers-Mühle.

ihrem Platze festgehalten und an der Außenseite des Bodens verschraubt. Die dreieckigen Zwischenräume zwischen den Rosten werden mit Hartstahlplatten belegt und ebenfalls von außen verschraubt. Mit Deckeln verschlossene Mannlöcher sind auf dem Trommelboden, jedem Roste gegenüber vorgesehen, welche, ohne von der Mühle irgendeinen anderen Teil entfernen zu müssen, verschlossen oder geöffnet werden können.

Bei einer groben Mahlung, wenn alle Öffnungen frei sind, läuft die Trübe durch die Roste aus einer 75 bis 100 mm höheren Lage als der untere Teil der Mahltrommel heraus. Die radialen Rippen dienen als Hebevorrichtungen und schaffen das fertige Mahlgut zum Austragzapfen.

Um eine feinere Mahlung zu erzielen, schließt man mit Hilfe von

Holzstopfen die Löcher am Umfang, und das geschieht gerade durch die in dem Austragboden angebrachten Mannlöcher. Auf diese Weise kann man die Austragshöhe des Schlammes bis auf ein Niveau hinaufbringen, das auf der Mitte der Entfernung zwischen Mitte und Umfang liegt. Eine in der Mitte befindliche Öffnung mit einem Abflußrohr in der Mitte des Hohlzapfens sorgt für einen Abfluß durch die Mitte für den Fall, daß die Mühle überspeist ist.

Ebenso läßt die Kugelmühle von Chalmers & Williams die Ausführung einer schnellen Einstellung des Auslaufes zu. Die Wand ist aus gelochten Platten hergestellt, durch welche das gemahlene Gut hindurchgeht. Einstellbare Arme fördern das Mahlgut nach dem Hohlzapfen, der zum Austrag dient. Die Arme sind mit Hilfe einer außen angebrachten Schraube einstellbar, so daß man, ohne die Mühle öffnen zu müssen, diese entweder rechtwinkelig zur Wand stellen kann — in dieser Stellung entfernen sie das ganze Mahlgut, so wie es aus den Rosten herauskommt — oder aber parallel zur Wand, — dann aber nehmen sie kein Mahlgut mit und lassen es von selbst die Austrittsöffnung erreichen.

Die verschiedenen schrägen Zwischenstellungen gestatten, sich mehr oder weniger dem einen oder dem anderen Grenzpunkt zu nähern.

Das Anbringen dieser Vorrichtung erlaubt bei kurzen oder langgebauten Rohrmühlen eine genaue Einstellung der Produktion und bedeutet einen wirklichen Fortschritt.

Eine kombinierte Anordnung, die besonders bei den von der Denver Engineering Co. gebauten Kugelmühlen angewendet wird, besteht darin, daß an der Auslaufseite ein Hohlzapfen von sehr großem Durchmesser angebracht wird, dessen Öffnung durch eine Zwischenwand einstellbar ist. Dieser Hohlzapfen ist inwendig mit einer schneckenförmigen Rippe versehen, welche die Kugeln und die groben Stücke in die Mühle zurückführt, während das Feine durch einen Wasserstrom weggespült wird.

Diese Vorrichtung hat den Vorteil, eine Einstellung in gewissen Grenzen zuzulassen, das Nachsehen und die Überwachung des Mühleninneren zu erleichtern und die Einführung von Ersatzkugeln durch diese Öffnung zu ermöglichen.

Die Mahlkörper sind runde Stahlkugeln, besonders geformte Metallkörper, Flintsteine oder verschiedenartige, künstliche Steine.

Wir werden hierüber im Kapitel „Feinmühlen“ noch ausführlich berichten.

In den kurzen, zur Vorzerkleinerung verwendeten, Rohrmühlen werden fast immer Stahlkugeln gebraucht.

Der Durchmesser der Kugeln schwankt von 20 bis 150 mm.

Die größten dieser Kugelabmessungen finden nur dann Verwendung,

wenn die Mühle mit Aufgabegut gespeist wird, das unmittelbar vom Steinbrecher kommt (50 bis 75 mm). Wenn es sich aber um Gemisch handelt, ist ein Kugeldurchmesser von 75 mm vollständig ausreichend.

Die Anfangsfüllung einer Mahltrommel soll eine Mischung von allen Kugeldurchmessern von den kleinsten bis zu den größten enthalten. Infolgedessen begnügt man sich, im allgemeinen nur Kugeln von den größten Abmessungen hinzuzufügen, um den Verschleiß auszugleichen. Man hat erkannt, daß es von Vorteil ist, von Zeit zu Zeit eine Auslese der Kugeln zu veranstalten, derart, daß man die über eine gewisse Grenze abgenutzten Kugeln ausscheidet, da deren Wirkung in der Mühle gleich Null ist und in Anbetracht des Raumes, den sie nutzlos einnehmen, das Bestreben haben, die Leistungsfähigkeit zu vermindern.

Im Falle es sich um eine stufenweise Vermahlung handelt, wäre es möglich, daß die aus dem Vorschroter ausgeschiedenen Kugeln noch während einer gewissen Zeit in einer Feinmühle Verwendung finden könnten.

Die Ausmaße, von denen ab die Kugeln aufhören wirksam zu sein, sind tatsächlich um so größer, in je größerem Korn das Mahlgut die Mühle verlassen soll.

Das Gewicht, das einem Kubikmeter runder Stahlkugeln von gleichem Durchmesser entspricht, ist theoretisch 5780 kg, wie groß auch der Durchmesser der Kugeln sein mag. Im Falle, daß die Kugeln sorgfältig ausgesucht sind, kann das Gewicht bis auf 6250 kg hinaufgehen. Dennoch kann sich der letzte Fall nicht in einer Mahltrommel verwirklicht finden; denn man nimmt eine bestimmte Auswahl und eine Anordnung der Kugeln an, die natürlich nicht erzielt werden kann.

Indem man Rücksicht auf den Raum nimmt, den das in der Mühle im Umlauf befindliche Mahlgut einnimmt und die Unregelmäßigkeiten derselben, haben die Amerikaner ein praktisches, mittleres Gewicht von

Zahlentafel 37. Geschmiedete Stahlkugeln: Durchmesser und Gewichte.

Abmessungen		Gewicht für 1 m <sup>3</sup> kg	Gewicht für 1 Kugel kg	Anzahl der Kugeln für die Tonne
Zoll	mm			
6	150	4100	14,5	63
5	125	„	8,4	108
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	112	„	6,15	148
4	100	„	4,25	211
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	87	„	2,88	315
3	75	„	1,8	505
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	63	„	1,05	860
2	50	„	0,535	1690
1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	44	„	0,36	2520
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	37	„	0,230	4010
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	32	„	0,130	6230
1	25	„	0,068	13480
7/8	22	„	0,045	20250

4100 kg für den Kubikmeter (256 lbs. für den Quadratfuß) herausgefunden. Mit Rücksicht auf die Kugeln allein ist das scheinbare, mittlere spezifische Gewicht 4,5.

Die nebenstehende Zahlentafel 37 gibt das Gewicht der verschiedenen Stahlkugelabmessungen an.

Was nun die Zusammensetzung der Kugelfüllungen anbetrifft, so wechselt diese je nach dem zu behandelnden Rohmaterial.

Marcy empfiehlt folgende Verhältnisse in Prozent des Gesamtgewichtes.

Vorschroten: — Aufgabegutgröße 25 bis 75 mm.			
40 %	Kugeln	125 mm	Durchmesser
30 %	„	100 „	„
20 %	„	90 „	„
10 %	„	75 „	„
Feinmahlen: — Aufgabegutgröße 3 bis 12 mm.			
24 %	Kugeln	100 mm	Durchmesser
36 %	„	90 „	„
20 %	„	75 „	„
20 %	„	63 „	„

Allis Chalmers gibt an:

Vorschroten: 45 % Kugeln 125 mm Durchmesser			
30 %	„	100 „	„
25 %	„	75 „	„
Feinmahlen: 36 % „ 75 „ „			
32 %	„	50 „	„
32 %	„	37 „	„

Betrieb. Leistung. Stahlverbrauch. Die Mühlen mit zylindrischer Mahltrommel können Stücke bis zur Größe von 75 mm aufnehmen, Stückgrößen, wie sie aus dem Steinbrecher kommen, und sie bis zu einer beliebigen Feinheit mahlen. Jedoch arbeiten sie unter günstigeren Bedingungen, wenn man keine zu große Zerkleinerungsbeanspruchung von einer einzigen Mühle verlangt. Vier wohl abgegrenzte Verwendungsmöglichkeiten können ins Auge gefaßt werden:

1. Verwendung der Kugelmühle als Vorschroter, indem Stücke von 50 bis 75 mm Größe auf 2,5 mm Korngröße in einem einzigen Durchgang zerkleinert werden. Sie nimmt dann oft mit Vorteil die Stelle von mehreren Walzwerken ein.

2. Aufgabe von Stückgrößen bis 50 und 75 mm und Vermahlung bis auf Sieb Nr. 14, 20, 35 und 48 im geschlossenen Umlauf mit einem Sichter.

3. Aufgabe von Stückgrößen bis 50 und 75 mm und Vermahlung auf Sieb Nr. 48 bis 60 und selbst bis Nr. 100 im geschlossenen Umlauf mit einem Sichter.

4. Aufgabe mit einer Kornfeinheit von Sieb Nr. 4, 8 oder 10 und Vermahlung bis Sieb Nr. 80 und 100. In diesem Falle ist eine grundsätzliche Veränderung des natürlichen Gefüges des zu zerkleinernden Gutes erforderlich.

Also bei jeder wichtigen Anlage, wo die Faktoren Unkosten für Verschleiß und Kraftverbrauch in die Hauptrechnung gestellt werden, ist es die Aufgabe der Kugelmühle, das Aufgabegut so, wie es vom Steinbrecher kommt, auf eine Korngröße von Sieb Nr. 10 oder 20 zu vermahlen. Gefüllt mit Mahlkörpern (Flintsteine oder besondere Eisenkörper) und gespeist mit Mahlgut von der oben angegebenen Feinheit, kann man ein Feinschlamm erzielen von Sieb Nr. 80, 100 und 200.

Bei einer weniger wichtigen Anlage, wo der Preis der ersten Anlage besonders zu berücksichtigen ist, kann man doch den Vorteil haben, die Mühle mit Aufgabegut unmittelbar aus dem Vorsteinbrecher zu beschicken und doch von ihr die notwendige Feinheit ohne Weiteres verlangen.

In allen Fällen ist es vorzuziehen, diese Maschinen im geschlossenen Umlauf arbeiten zu lassen, d. h. daß das aus der Mühle kommende Mahlgut durch einen nach Korngröße sortierenden Siebter geht (Siebter von der Art wie „Dorr“ oder „Atkins“ zum Beispiel) und die Rückstände zur Aufgabevorrichtung zurückkehren. Auf diese Weise erhält man ein gut gesichtetes Erzeugnis mit wenig Feinmehlgehalt (slimes).

Der Verbrauch an Stahl durch Verschleiß der Auskleidung hängt von der Härte des Eisens ab, aus dem sie hergestellt ist, von dem Profil der Mahlplatten, von der Umlaufgeschwindigkeit der Mühle, von der Stückgröße und Härte des Mahlgutes, das vermahlen werden soll.

Der Verschleiß an Kugeln wechselt unter diesen Bedingungen von 150 bis 1600 g für die Tonne gemahlene Gutes und für die Auskleidung von 50 bis 250 g. Wenn man eine besonders ausgesprochene Feinheit von Sieb Nr. 100 oder 200 verlangt, muß man damit rechnen, daß zwei hintereinander arbeitende Mühlen notwendig werden, so daß der Gesamtverschleiß auf 1200 bis 2000 g für die Tonne steigen wird.

Zum Beispiel sind hier die Betriebsergebnisse einer „Kugelvormmühle“ (Ball Granulator) von Allis Chalmers angeführt, die goldhaltigen Quarz von der Stückgröße von 75 mm auf die Feinheit von Sieb Nr. 40 im geschlossenen Umlauf feinmahlt.

#### Betriebsergebnisse.

Abmessungen der Mühle: 6 Fuß × 6 Fuß (1800 × 1800 mm).  
Anzahl Maschinen im Betrieb: 1.

Art des Antriebes: unmittelbar mit einem 125-HP-Elektromotoren mit 435 Umdrehungen in der Minute gekuppelt.

Gemahlener Rohstoff: goldhaltiger Quarz.

Spezifisches Gewicht: 2,74.

Leistung in Tonnen in 24 Stunden: 170.

Betriebsart: Geschlossener Umlauf mit einem „Dorr Duplex“-Sichter.

Umdrehungen der Mühle i. d. Minute: 24.

Kraftverbrauch: 94 HP.

Stahlkugelfüllung: 8000 geschmiedete Stahlkugeln von 75, 100 und 125 mm Durchmesser.

Kugerverschleiß: 680 g für die Tonne Mahlgut.

Auskleidung: Manganstahl, die Mahlplatten treppenförmig ausgebildet.

Aufgabevorrichtung: Nr. 2, 1060 mm Halbmesser.

Feuchtigkeitsgehalt: 26%.

#### Volumetrische Analysen.

Aufgabegut: 1% größer als 75 mm  
 15% von 50 mm bis 75 mm  
 36% „ 25 „ „ 50 „  
 27% „ 6 „ „ 25 „  
 21% kleiner als 6 mm

Zahlentafel 38. Fertiges Mahlgut.

Feinheit Sieb Nr.	Zusammengezogene Prozentsätze		
	Direkter Austrag	Sand-Klassifikator	Überlauf-Klassifikator
10	11	13,4	—
20	29,5	39,3	—
30	47,5	66,4	0,5
40	57,5	79,9	4,5
60	70,8	91	21,5
80	74,8	93	29
100	77	93,9	33,1
150	84	95,7	44,4
200	90	96,8	52,3
200	100	100	100

Je härter der Rohstoff ist und in je größeren Stücken er aufgegeben wird, je stärker muß der Schlag der Kugeln zum Zerkleinern sein. Oder, wie wir am Anfang dieses Kapitels gesehen haben, daß die Höhe des Kugelfalles durch die größte Geschwindigkeit, welche auf einen gegebenen Trommeldurchmesser anwendbar ist, festgelegt und bestimmt ist. Um dann die Fallhöhe zu erhöhen, muß man den Mühlendurchmesser vergrößern. Daraus folgt, daß man, um große, harte Stücke zu vermahlen, Mahltrommeln von großem Durchmesser anwenden muß, d. h. von großem Fassungsraum.

Ganz allgemein gesagt, hängt die Feinheit des ge-

wünschten Mahlerzeugnisses von der Aufgabegeschwindigkeit ab. Tatsächlich, je größer die Menge des Rohmaterials ist, das bestimmt ist die Mühle in einem gewissen Zeitabschnitt zu durchlaufen, je kleiner ist der Zeitraum, während dessen eine gewisse Menge Mahlgut der Mahlwirkung der Kugeln unterworfen wird und je weniger groß wird die Endfeinheit sein.

Folglich wird eine gewisse Mühle, die täglich 120 t leistet, ein Mehl erzeugen von dem 88% durch das Sieb Nr. 10 und 20% durch das Sieb Nr. 200 geht, während dieselbe Mühle, die aber 400 t täglich leisten soll, ein Endprodukt ergeben wird, das nur 60% von der Feinheit des Siebes Nr. 10 und 15% von der Feinheit des Siebes Nr. 200 hat.

Um eine größere Feinheit zu erzielen, hat man ein Interesse daran, die Durchmesser der Kugeln auszuprobieren und einen kleinen Prozentsatz zu den Kugeln von kleinerem Durchmesser hinzuzufügen.

Also, wie wir es schon erwähnt haben, der Betrieb im geschlossenen Umlauf mit einem Wasserklassierer ist jedesmal wünschenswert, wenn man ein gut sortiertes Endprodukt erhalten will, das möglich wenig Schlamm enthält. In diesem Falle wird das Mahlgut von der Mühle ausgetragen, bevor sich eine zu weitgehende Zerkleinerung hat vollziehen können. Die groben Teilchen, die noch im Endprodukt enthalten sind, werden selbsttätig zur Aufgabe in die Mahltrommel wieder zurückgeführt.

Die nachstehende Zahlentafel 39 bezieht sich auf die üblichen Handelsgrößen und Leistungsfähigkeit der Marcy-Mühlen (The Mine and Smelter-Supply Co., Denver, U.S.A.).

Die Marcy-Mühlen sind durch eine Stahlgußtrommel, die aus zwei Stücken besteht, gekennzeichnet, deren jedes einen Boden hat und in der Mitte der zylindrischen Wandung mittels Flanschen zusammengeschraubt ist. Die Auslaufroste sind aus geschmiedetem und gehärtetem

Zahlentafel 39. „Marcy“-Mühlen.

Modell Nr.	32	43	54	64½	75	86	
Innerer Durchmesser der Mühle . . . . . mm	830	1067	1345	1727	2134	2286	
Innere Länge der Mühle . . . . . „	550	890	1180	1307	1524	1830	
Umdrehungszahl in der Minute . . . . .	35	31	29	25	23	22	
Kraftbedarf . . . . . HP	6-8	15-20	30-40	65-90	100-150	150-225	
Gewicht einer normalen Kugelfüllung . . . . . kg	450	1130	2270	4000	8160	12700	
Gewicht einer vollständigen Mühle ohne Kugelfüllung . . . . . kg	3400	6600	11000	19000	34000	45000	
Ungefähre Leistungsfähigkeit in Tonnen u. in 24 Stdn. bei einer Feinheit von	{ Sieb Nr. 8 t	20	50	90	300	685	1000
	{ „ „ 20 t	15	38	68	225	490	750
	{ „ „ 35 t	12	30	52	180	390	600
	{ „ „ 48 t	10	25	45	150	325	500
	{ „ „ 65 t	7	18	32	105	230	360
	{ „ „ 100 t	4	11	18	60	130	200

tem Stahl hergestellt und von großer Haltbarkeit. Ihre Lebensdauer schwankt zwischen 4 und 12 Monaten.

Man kann die Austragsmenge verändern, indem man einen mehr oder weniger großen Prozentsatz Wasser in die Aufgabevorrichtung unter Ausschluß eines jeden anderen mechanischen Hilfsmittels laufen läßt.

Diese Leistungsangaben beziehen sich auf Porphyrgestein von mittlerer Härte, das in Stückgrößen bis 75 mm aufgegeben wird. Die Mühle arbeitet im geschlossenen Umlauf mit einer Klassiervorrichtung Dorr.

Die Leistungsangaben können sich von der Hälfte bis auf das Doppelte der angegebenen Zahlen ändern, je nachdem der zu vermahlende Rohstoff sehr harter Quarz oder ein weiches Gestein ist.

## 2. Zylinder-konische „Hardinge“-Mühle.

Die zylinder-konische Mühle ist von einem amerikanischen Ingenieur H. W. Hardinge vor etwa 20 Jahren erfunden worden.

Die Erfolge dieser Mühle auf dem Gebiete der Erzaufbereitung waren ungeheuer. Ihr Erscheinen auf dem Markte kam gerade zu einer Zeit, als eine besondere Vergrößerung des Bedarfes eintrat, der durch die beginnende Ausbeutung von Porphyr-Kupferminen mit geringem Kupfergehalt eintrat. Bei dieser Kupfergewinnung mußte das ganze auszubeutende Rohmaterial vor jeder anderen Behandlung fein gemahlen werden.

Seitdem hat die Hardinge-Mühle zum Vermahlen von allen Arten von Rohstoffen verschiedener Härte und Stückgröße Verwendung gefunden wie: Kalkstein, Ton, Zement, Kalk, Kohle, Gekrätz, Erze aller Art, Phosphate, Kieselerde, Talk, usw. Ihr Ruf ist in der ganzen Welt verbreitet, der durch den Wert der erzielten Erfolge und einer vernünftig aufgelegenen Reklame unterstützt wird.

Beschreibung. Einzelteile der Bauausführung. Eine Hardinge-Mühle ist im perspektivischen Schnitt in der Abb. 135 dargestellt.

Die Mahltrommel wird durch zwei Hohlzapfen getragen. Der eine davon erhält einen „scop feeder“ oder Löffelspeiser, und der andere dient zum Austrag. Die Zapfen drehen sich in Rollenlagern, die auf gemauerten Fundamentsockeln vergossen sind. Die Mahltrommel besteht aus zwei konischen Teilen, die durch einen zylindrischen Teil getrennt sind. Auf der Aufgabeseite ist der Konus sehr groß (gewöhnlich  $120^{\circ}$  an der Spitze). Der folgende zylindrische Teil ist sehr kurz; im allgemeinen ist die Breite ungefähr gleich einem Drittel oder Viertel des Durchmessers. Der Konus am Austrag ist sehr verlängert, und der Winkel an der Spitze beträgt im Mittel  $60^{\circ}$ .

Die Mahltrommel ist aus Stahlblech hergestellt mit Ausnahme der kleinen Maschinenausführungen (Durchmesser 900 und 1350 mm). In

diesem Falle wird die Mahltrommel aus Gußeisen hergestellt. Die Mahltrommeln größerer Abmessungen sind aus zwei Blechkonen hergestellt, die an ihrem größten Durchmesser durch einen zylindrischen Ring verbunden sind. Die Stahlgußhohlzapfen sind an ihren Verbindungsflanschen bearbeitet und werden an den Blechkonus angenietet. Alle Nieten sind im Trommelinnern versenkt, um eine glatte Oberfläche zu erhalten, auf der die Auskleidungsplatten aufliegen.

Die Auskleidungsplatten sind aus Chrom- oder Manganstahl, seltener aus Kokillenhartguß hergestellt. Sie sind leicht zu handhabende Stücke, die durch das Mannloch eingeführt werden können.

Geeignet angeordnete Schneckenrippen auf den Mahlplatten erleichtern das Einziehen des Aufgabegutes und verhindern das Herausgleiten der Mahlkugeln. Da diese schneckenartig angeordneten Rippen schneller verschleifen können als die Oberfläche der Platten, so werden diese in Gestalt von angeschraubten Leisten, die durch die ganze Mahltrommel hindurchgehen, angebracht. Diese Leisten halten die Platten durch ihre konischen, beiderseitig vorspringenden Seiten an ihrem Platze fest

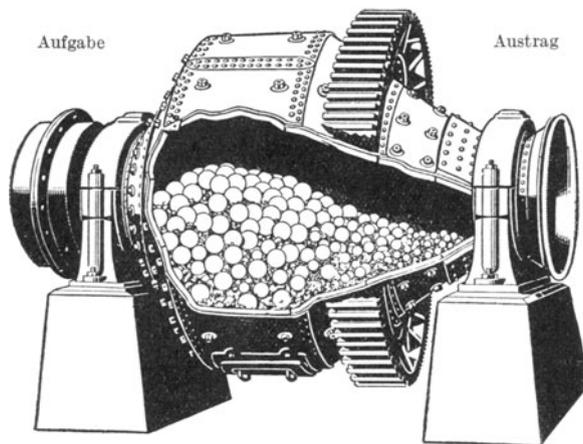


Abb. 135. Zylinder-konische „Hardinge“-Mühle.

nischen, beiderseitig vorspringenden Seiten an ihrem Platze fest (Abb. 132, Ausführung B).

Die Kugelfüllung der Kugelmühle besteht aus Chromstahlkugeln, deren Durchmesser und Menge sich nach der zu verrichtenden Arbeit ändert. Die Kugeln von größerem Durchmesser als 50 mm werden aus geschmiedetem Stahl hergestellt. Für die kleineren Durchmesser werden Kugeln aus besonderem Gußeisen empfohlen.

Die für die Feinmahlung verwendeten „Hardinge“-Flintsteinmühlen sind in der allgemeinen Bauausführung ähnlich der eben beschriebenen, nur, daß sie leichter gebaut werden können, weil sie eine weniger schwere Mahlkörperfüllung zu tragen haben und infolgedessen weniger Kraft verbrauchen. Sie werden mit Flintsteinen oder mit Metallkugeln von kleinem Durchmesser gefüllt. In diesem Falle kann die Auskleidung aus in Zement verlegten Silexsteinen oder aus einer Schicht von in Zementbrei eingebetteten Flintsteinen hergestellt wer-

den. Die dabei entstehende unregelmäßige Oberfläche dieser Ausführung ist für die Mahlwirkung der freien Mahlkörper günstiger.

Übrigens sind alle Auskleidungen aus Silex, Eisen oder Mischungen (El Oro, Komata, usw.), die wir noch im Kapitel Rohrmühlen kennenlernen werden, auch in den zylinder-konischen Mühlen verwendbar.

Der Antrieb vollzieht sich mit Hilfe der gebräuchlichen Anordnung durch Zahnrad mit Winkelverzahnung und Antriebsrad, das unmittelbar durch einen, mit mittlerer Geschwindigkeit von  $n = 490$  Umdrehungen in der Minute laufenden, Elektromotoren mit einer elastischen Kuppelung angetrieben wird, oder aber mit Kettenrad und Trieb, das unmittelbar durch den Elektromotor angetrieben wird.

Die Mühle von 900 mm Durchmesser wird mit nur einer auf dem zylindrischen Teil befestigten Riemenscheibe für direkten Riemenantrieb von der Transmission oder vom Motor geliefert.

Durch die besondere Anordnung der Mahlplatten kann die „Hardinge“-Mühle ohne Unterschied in der einen oder der anderen Drehrichtung laufen, ohne die Leistungsfähigkeit in irgendwelcher Weise zu beeinflussen.

Die Aufgabe erfolgt durch einen umkehrbaren Löffelspeiser oder eine Schneckenaufgabe.

Die doppelkonische Gestaltung der „Hardinge“-Mühle ist an und für sich äußerst widerstandsfähig und erklärt die Tatsache, daß bei gleichem Volumen, das heißt bei gleicher Mahlkörperfüllung, das Gewicht der Maschine viele geringer ist.

Betrieb. Das Diagramm, Abb. 136, gestattet uns, die Betriebsweise einer derart gebauten Mühle zu erklären.

Die zylinder-konische Mahltrommel enthält eine Kugel- oder Flintsteinfüllung von verschiedenen Abmessungen. Unter der Einwirkung der Umdrehung ordnen sich die Kugeln oder Flintsteine nach dem Volumen; die größten bleiben in dem zylindrischen Teil mit großem Durchmesser liegen, während die kleineren an der konischen Wandung am Auslauf gegen den kleineren Durchmesser hinaufsteigen. Die Mahlkörper sind dann immer selbsttätig nach dem Durchmesser gegen den Auslauf abnehmend geordnet.

Diese Tatsache des sich Ordnen erklärt sich auf folgende Weise:

Die Achse der Mühle ist leicht gegen den Auslauf geneigt. Die durch die Drehbewegung der Mahltrommel mitgenommenen Teilchen beschreiben einen Bruchteil einer konischen Schneckenlinie. Wenn sie nun unter der Wirkung ihrer Schwere zurückfallen, begegnen sie der geneigten Wandung in der Nähe der unteren Seitenlinie des Konusses. Sie haben das Bestreben, über diese Wandung zu gleiten und gegen den Teil des größeren Trommeldurchmessers zurückzugelangen. Aber der Widerstand gegen das Gleiten durch die Reibung auf der Wandung

ist um so stärker, je kleiner die kleinsten Teilchen sind; denn bei gleichem Gewicht haben sie eine größere Reibungsfläche.

Folglich vollzieht sich die selbsttätige Sortierung der Kugeln nach dem Volumen von dem Augenblicke an, wo man die Mühle in Bewegung setzt. Man kann übrigens den Versuch machen, indem man Sand mit Kies vermischt in zwei Laboratoriumsfußgläser schüttet, dann Rand gegen Rand kehrt und einige Zeit um die horizontale Achse dreht. Man wird dann die vorerwähnte Sortierung feststellen können.

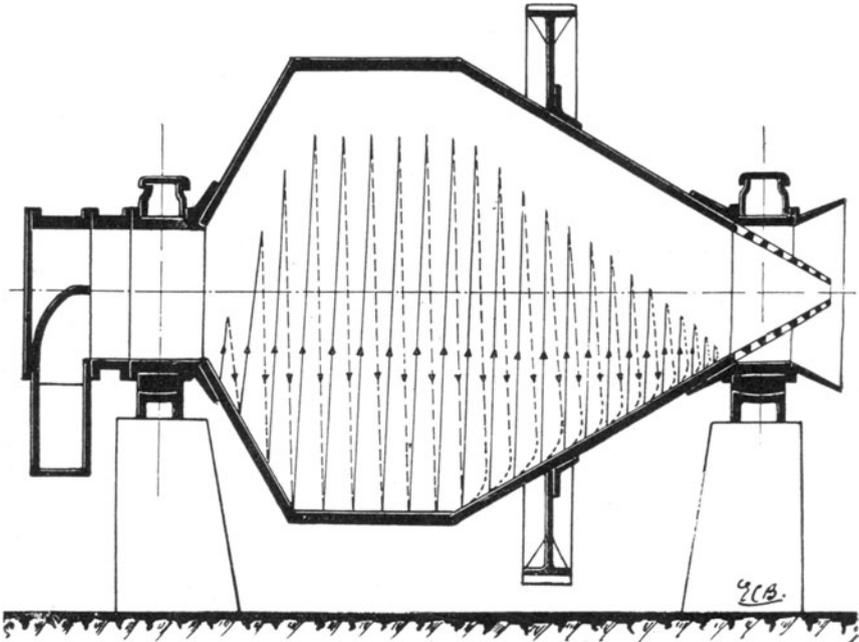


Abb. 136. Schema des Betriebes einer zylinder-konischen Mühle.

Das Ergebnis von allen diesen Betrachtungen ist, daß wir die größten Kugeln in den Teilen mit den größten Trommeldurchmessern finden werden und daß dieselben zur größten Geschwindigkeit mitgerissen werden, sowie dann der größten Fallhöhe unterworfen sind.

Demnach werden auf Grund der Tatsache der Sortierung der Kugeln nach dem Volumen in der zylinder-konischen Mühle die größten Kugeln, welche auch die größte Fallgeschwindigkeit haben, in der Nähe des Einlaufes wirksam sein. Die lebendigen Kräfte eines jeden Mahlkörpers vermindern sich in der gleichen Zeit ebenso wie die Anzahl der Mahlkörper in gleichem Maße, wie man sich dem Auslauf nähert.

Das in die Mühle eingeführte Aufgabegut ordnet sich in der gleichen Weise nach der Größe. Die großen Stücke verbleiben in dem zylind-

drischen Teil der Mahltrommel mit großem Durchmesser. In dem Maße wie nun die Zerkleinerung fortschreitet, bewegen sich die Mahlgutteilchen, längs der konischen Wandung emporsteigend, vorwärts.

Also:

1. An allen Punkten der Mahltrommel ist die Mahlwirkung proportional der erzeugten Arbeitsleistung.

Die größten Stücke erhalten den Schlag der größten Kugeln, die die größte Fallhöhe besitzen. Die schon zerkleinerten Mahlgutteilchen erfahren eine Behandlung, die ihren Größenverhältnissen entspricht.

2. Die feinen Teilchen sind je nach der Leistung von den noch groben getrennt und werden selbsttätig an einer Stelle der Mühle festgehalten, wo sie der Mahlwirkung, ihrer weiteren Zerkleinerung besser angepaßten Mahlkörpern unterzogen werden.

Die am äußersten Ende der Mühle ausgetragenen Mahlgutteile haben demnach theoretisch die gewünschte Mehlfeinheit erreicht, ohne daß Roste, Siebe oder irgendwelche Sichtmaschinen notwendig waren.

Die aufgewendete Kraft ist in jedem Zeitpunkte proportional der gewünschten Arbeitsleistung. Man nimmt an, daß der Kraftverbrauch der Hardinge-Möhlen gering ist. Auf Grund der zylinder-konischen Gestalt der Mahltrommel liegt der Schwerpunkt der Mahlkörperfüllung viel näher an der Drehachse als bei anderen Mühlen. Deshalb ist der Kraftverbrauch bei dem gleichen Gewicht geringer.

Wir geben nun hierunter die Schlußfolgerungen der Versuche wieder, die 1918 in Amerika auf der Universität von Yale auf Kosten der Hardinge Conical Mill Co. ausgeführt wurden. Diese Ergebnisse sind sehr interessant, denn die meisten können ebensogut auf die Trommelmühlen Anwendung finden als auf die zylinder-konischen Mühlen.

#### Aufgabe.

1. Die Eigenschaften der Gangart haben nur geringen Einfluß auf die mechanische Leistung der Mühle.

2. Die Mühle paßt nicht für mürbe und weiche Rohstoffe.

3. Sie arbeitet unter den günstigsten Bedingungen und dem besten Zerkleinerungsverhältnis, wenn die Mühle mit Mahlgut von 12 bis 18 mm Korngröße beschickt wird.

4. Die mechanische Leistungsfähigkeit vergrößert sich verhältnismäßig mit der Zunahme der Speisung bis zu dem Punkt, in dem die Überfüllung erreicht wird.

5. Die Leistung ist fühlbar besser, wenn das Mahlgut auf nassem Wege gemahlen wird, als wenn es trocken zerkleinert wird. Die Leistung erreicht ihr Maximum, wenn das Mahlgut mit 40 bis 50% Feuchtigkeitsgehalt verarbeitet wird.

Die Vergrößerung des Feuchtigkeitsgehaltes ruft eine Vergrößerung der Mahlwirkung und eine leichte Erhöhung des Kraftverbrauches hervor.

#### Kugeln.

6. Die Stahlkugeln sind besser als die Flintsteine, mahlen auch feiner und sogar mehr bei der gleichen Aufgabegutmenge.

7. Die Vermehrung der Stahlkugelfüllung vergrößert, wenn alle andern Verhältnisse die gleichen bleiben, die Mahlwirkung und entsprechend die mechanische Leistung der Mühle.

Der Arbeitsaufwand wächst mit der Zunahme der Kugelfüllung, aber nicht im direkten Verhältnis zur Vergrößerung der Mahlgutfüllung.

8. Der Arbeitsaufwand vermindert sich und die mechanische Leistung vergrößert sich verhältnismäßig mit dem Kugeldurchmesser, bis dieser 125 mm erreicht.

9. Eine Füllung mit Kugeln von 125 mm Durchmesser ergibt eine größere Mahlwirkung bei einem einzigen Durchgang, als eine Kugelfüllung, die aus Kugeln von 125, 100 und 75 mm Durchmesser zusammengesetzt ist.

#### Zylindrischer Teil der Mahltrommel.

10. Das Zunehmen des zylindrischen Teiles der Mahltrommel erhöht auch den Ertrag der Mahlwirkung zum Nachteil der entsprechenden mechanischen Leistung. Dieser zylindrische Teil soll keine größere Länge erhalten, als ein Drittel des Mühlendurchmessers.

#### Neigung der Achse.

11. Die Neigung der Mühlenachse vermindert die Kugelfüllung, aber sie vermindert nicht in dem gleichen Verhältnis den Arbeitsaufwand. Sie ist ohne Einfluß auf die mechanische Leistung.

Allgemein hat diese Neigung den Erfolg, ein gleichmäßiger gekörntes Erzeugnis zu ergeben, als wenn die Achse der Mühle wagrecht liegt.

#### Verschiedene Bauausführungen der „Hardinge“-Mühlen.

Die zylinder-konische „Hardinge“-Mühle ist in zwei fast gleichen Bauarten ausgeführt worden, aber für verschiedene Arbeitsarten bestimmt.

Die Kugelmühle und die Feinmühle von „Hardinge“.

Allgemein versteht man unter der Kugelmühle eine Maschine, die Stücke von 25 bis 75 mm Größe aufnimmt und diese bis auf eine Korngröße zerkleinert, die vorteilhaft zur Speisung von Feinmühlen dient. Das ist eine Mahlfineinheit, die im Mittel dem Sieb Nr. 10 oder 20 entspricht.

Sie wird mit einer Mangan- oder Chromstahlauskleidung versehen und erhält eine Kugelfüllung von großen Abmessungen, etwa 75 bis 125 mm Durchmesser.

Die nachfolgende Zahlentafel 40 gibt die Maße und die Hauptangaben der Kugelmühlenreihe Standard. Die angegebenen Leistungsziffern beziehen sich auf die Vermahlung von Quarz mittlerer Härte.

Zahlentafel 40. Kugelmühle „Hardinge“.

Abmessungen <sup>1)</sup> der Mühle in m	Ungefähres Gewicht der			Kraft- verbrauch	Erforderl. Motor	Leistung in t/Std.		
	Mühle in kg	Aus- kleidung in kg	Kugel- füllung in kg			37 mm auf Sieb 8	37 mm auf Sieb 48	12 mm auf Sieb 65
0,9 × 0,2	1720	635	453	5	7,5	0,6	0,3	0,3
1,37 × 0,4	3000	2175	2050	18	25	2	1	1,3
1,5 × 0,55	4600	3850	3400	30	35	3	2	2,5
1,8 × 0,55	5450	4530	5450	45	50	6	4	5
2,1 × 0,55	6350	6350	9000	70	75	10	7	8
2,1 × 0,9	6800	7400	12200	90	100	12	8	9,5
2,4 × 0,55	9250	8000	13600	100	100	14	9,5	11
2,4 × 0,9	10000	8800	15400	135	150	18	14	16
2,4 × 1,2	12200	10200	17200	170	175	24	19	21
2,7 × 1,2	16000	13600	24000	230	250	33	26	29
3,0 × 1,2	18000	16000	31000	300	300	45	35	38

Größere Feinheiten können erzielt werden, wenn man im geschlossenen Umlauf mit einer Siebvorrichtung arbeitet; aber in diesem Falle vermindert sich infolgedessen die Leistungsfähigkeit.

Die Feinmühle erhält das von der Kugelmühle oder irgendeinem anderen Vorschroter vorgemahlene Aufgabegut und mahlt es zu irgendeiner gewünschten Feinheit. Die Mühle kann mit Eisenplatten, Silixsteinen, Porzellan, Holz oder irgendeinem anderen Material, je nach den zu verarbeitenden Rohstoffen, ausgekleidet werden.

Die Mahlkörper sind Flintsteine, Porzellankugeln oder kleine Metallkugeln aus Hartguß oder Stahl. In dem letzteren Falle ist nur zu berücksichtigen, ob das Mahlerzeugnis ohne Nachteil Metallspuren enthalten kann, oder die Wirkung der Mühle erhöht wird, das heißt, sie erhält bei dem gleichen Volumen eine schwerere Füllung an Mahlkörpern. Folglich leistet sie mehr und verbraucht mehr Kraft. Im Falle, daß metallene Mahlkörper Verwendung finden sollen, muß die Mühle kräftiger gebaut werden als bei Verwendung von Flintsteinen.

Die nachstehende Zahlentafel 43 enthält die Maße und Hauptangaben der „Hardinge“-Feinmühle.

Verwendung. Wir fassen dabei besonders die Anwendung der „Hardinge“-Mühlen ins Auge:

<sup>1)</sup> Anmerk. Die erste der Zahlen bedeutet den Durchmesser, die zweite die Länge des zylindrischen Teiles der Mahltrommel.

Zahlentafel 41. „Hardinge“-Feinmühle.

Abmessungen <sup>1)</sup> der Mühle m	Platzverbrauch		Ungef. Gewicht d.		Leistung in t/Std. t	Kraft- bedarf HP	Er- forderl. Motor HP
	Länge mm	Breite mm	Mühle kg	Füllung kg			
0,9 × 0,2	1500	2100	1360	136	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$	3	5
1,37 × 0,4	2100	3000	3100	1140	0,8—1	8	12,5
1,8 × 0,56	2750	3350	4100	2000	2—2,5	18	25
1,8 × 0,76	2750	3650	4200	2200	2,5—3	21	30
1,8 × 1,2	2750	3950	4450	2500	3—3,5	27	35
2,4 × 0,56	3350	4500	6800	4500	4—5,2	40	50
2,4 × 0,76	3350	4850	7300	5000	5—6 $\frac{1}{4}$	48	60
2,4 × 1,2	3350	5200	7750	5000	6—7	55	60

a) Bei der maschinellen Behandlung der Erze und ihre Anreicherung durch Gleichfälligkeit oder durch Schwimmverfahren.

b) Bei der Aufbereitung der Golderze durch Amalgamation oder Zyanlaugerei.

c) In der Metallurgie zum Mahlen von Abfällen, die wiedergewinnbare Metalle enthalten.

d) In der Zementindustrie.

a) Verwendung der Hardinge-Mühlen bei der Anreicherung der Erze durch Gleichfälligkeit oder durch Schwimmverfahren.

Die „Hardinge“-Mühlen, Kugelmühlen und Feinmühlen werden zum Mahlen aller Arten Erze, in denen enthalten sind: Kupfer, Blei, Zink, Silber, Zinn, Tungstein, Graphit, usw. zur Behandlung durch Gleichfälligkeit oder das Schwimmverfahren verwendet.

Die Leistungen bei diesem Verfahren waren so befriedigend, daß es nach Vergleichsversuchen von einer Anzahl großer Bergwerksgesellschaften eingeführt wurde.

Man hat herausgefunden, daß das Mahlerzeugnis der zylindronischen Mühle innerhalb weiter Grenzen reguliert werden kann unter Verwendung verschiedener Mahlmöglichkeiten für jeden Arbeitsvorgang. Das ist aber sehr wichtig bei der Zerkleinerung für die Anreicherung, denn das gewünschte Mahlgut soll ein Maximum an groben und körnigen Teilchen enthalten und ein Minimum an Feinem oder Schlamm.

Für die Anreicherung durch Schwimmverfahren kann das Mahlerzeugnis so eingerichtet werden, daß es ein Maximum an Körnung von der am günstigsten gefundenen Größe enthält.

Die Einstellung der Korngröße erfolgt durch Verändern der Aufgabemenge, der Abmessungen der verwendeten Kugeln oder Flintsteine, der Neigung der Mühlenachse und des Grades der Schlammverdünnung.

<sup>1)</sup> Das erste dieser Maße bedeutet den Durchmesser, das zweite die Länge des zylindrischen Teiles der Trommel.

Die durch Versuche unten festgestellte Berechnung zeigt deutlich, daß die „Hardinge“-Kugelmühle so eingestellt werden kann, um nach Bedarf ein regelmäßig gekörntes Mahlerzeugnis zu erhalten, oder ein Mehl, das reich an feinsten Teilchen ist. In beiden Fällen wurde der Versuch mit einer „Hardinge“-Kugelmühle von 6 Fuß  $\times$  16 Zoll durchgeführt. Beim ersten Versuch (Mahlen von verwittertem Schiefer für die Anreicherung durch Gleichfälligkeit) entsprach das erhaltene Mahlerzeugnis nicht den gewünschten Anforderungen, da nur 21% desselben durch das Sieb Nr. 200 ging. Im zweiten Falle (Vorschroten von Quarz, die Rückstände auf dem Sieb Nr. 200 vor der Wiedervermahlung in der Feinmühle für die Zyanlaugerei) hat man ein besonderes Interesse an einer ausgesprochenen Feinheit, und dann wird die Mühle so eingestellt, daß sie ein Mehl erzeugt, das feiner ist, als das Sieb Nr. 200.

## Erster Versuch.

Mühlenart: Zylinder-konische Kugelmühle 1800  $\times$  400 mm.  
 Mahlgut: Verwitterter Schiefer auf 50 mm Korngröße vorgebrochen.  
 Leistung in Tonnen in 24 Stunden: 351.  
 Kugelfüllung: 3600 kg.  
 Umdrehungen in der Minute: 28.  
 Kraft am Motoren: 35 HP.  
 Verhältnis von Wasser zu Erz: 1:1.  
 Verbrauch an Kugeln: 260 g für die Tonne.  
 Sorte und Lebensdauer der Mahlplatten: Chromstahl, 9 Monate.  
 Mahlprodukt: Zusammengezogene Prozentsätze.

4 %	auf Sieb Nr.	4,
10 %	„ „ „	6,
24 %	„ „ „	10,
52 %	„ „ „	35,
79 %	„ „ „	200,
21 %	durch das Sieb Nr.	200.

## Zweiter Versuch.

Mühlenart: Zylinder-konische Kugelmühle 1800  $\times$  400 mm.  
 Mahlgut: Auf 50 mm vorgebrochener, harter Quarz.  
 Leistung in Tonnen in 24 Stunden: 175.  
 Kugelfüllung: 3600 kg.  
 Umdrehungen in der Minute: 29.  
 Kraft am Motor: 38 PH.  
 Verhältnis von Wasser zum Erz: 0,82:1.  
 Stahlkugelverbrauch: 230 g für die Tonne.  
 Sorte und Lebensdauer der Mahlplatten: Chromstahl, 9 Monate.  
 Mahlprodukt: Zusammengezogene Prozentsätze.

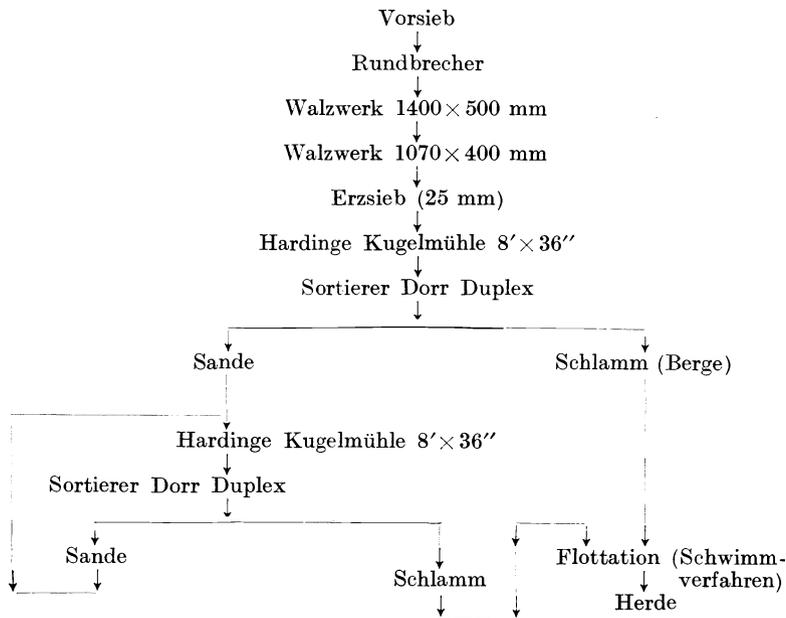
1 %	auf Sieb Nr.	10,
5 %	„ „ „	14,
11 %	„ „ „	20,
34 %	„ „ „	48,
57 %	„ „ „	150,
68 %	„ „ „	200,
32 %	feiner als Sieb Nr.	200.

Die „Hardinge“-Kugelmühle kann also mit Vorteil Walzenmühlen, Kugelmühlen, Rohrmühlen ersetzen und wird verwendet, um vorgebrochenes Rohgut zu einer Mehlfeinheit zu vermahlen, die genügt zum Gebrauch für die Schüttelherde.

Die Mittelprodukte und die Berge dieses Arbeitsvorganges können in den „Hardinge“-Flintsteinmühlen nachgemahlen werden für eine weitere Anreicherung auf Herden oder durch Schwimmverfahren.

In diesem Falle ersetzt die „Hardinge“-Mühle vorteilhaft die chilenischen Mühlen, Huntington-Mühlen und die Rohrmühlen, die sonst gewöhnlich für diesen Zweck verwendet werden.

Als Beispiel einer solchen Anlage führen wir die von der Miami Copper Co. an, welche nach vergleichenden Versuchen die Aufbereitung in zwei Abteilungen ausbaute nach dem nachstehenden Schema:



Die „Hardinge“-Feinmühle wird zum Nachmahlen des Produktes aus den Kugelmühlen, Walzenmühlen oder Pochwerken verwendet.

Eine andere Verwendung der Feinmühle bietet sich zum Nachmahlen der Mittelprodukte und Berge, wie sie aus der erstmaligen Anreicherung durch Setzmaschinen oder Herde kommen. Die Photographie Abb. 137 zeigt eine der größten nach diesem Ideengange gebaute Anlage der Welt. Sie zeigt den Nachmahraum Nr. 2 der Calumet and Hecla Mining Co., bestehend aus 64, unmittelbar durch Elektro-

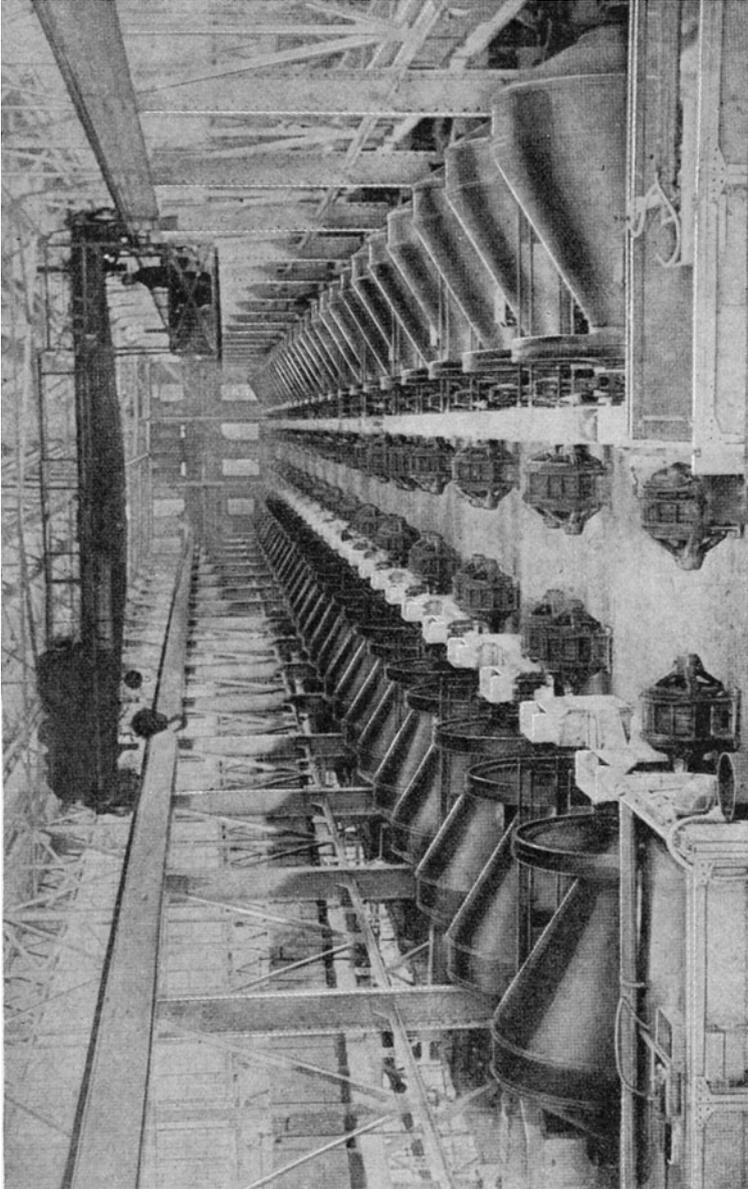


Abb. 137. Nachmahlraum der Calumet and Hecla Mining Co.

motoren angetriebene „Hardinge“-Mühlen von 2450 mm Durchmesser, die vollständig selbständig arbeiten. Zwei Überwachungsleute genügen vollständig zur Beaufsichtigung der gesamten Einrichtung. Diese

Mühlen werden mit Bergen aus den Setzmaschinen, die ein kleineres Korn als 5 mm haben und die geringste Kupfermenge von 0,6% enthalten, beschickt.

Die „Hardinge“-Mühle wurde ausgewählt auf Grund eines Vergleichsversuches mit verschiedenen anderen Mühlenarten wie „Huntington“-Mühle und Kugelrohrmühle.

Beim Aufbereiten der Erze für das Schwimmverfahren (Flottation), sei es mit Kugel- oder Flintsteinmühlen, können Öle oder andere Reagenzien bei der Aufgabe in die Mühle mit zugegeben werden, und die Mühle mischt sie selbst vollständig mit dem Erz.

b) Verwendung der „Hardinge“-Mühlen für die Aufbereitung durch Amalgamation oder Zyanlaugerei.

Die zylinder-konischen „Hardinge“-Mühlen werden in den Goldbergwerken gebraucht zum Nachmahlen der Erze für die nochmalige Behandlung durch Amalgamation oder Zyanlaugerei. Durch die Tatsache, daß die Anschaffungskosten, ebenso die Betriebskosten der Anlage sehr niedrig sind und ihre Wirtschaftlichkeit verglichen mit anderen Mühlen sehr groß ist, werden sie für Neuanlagen eingebaut oder auch in schon bestehende, um Poch- oder Stampfwerke, chilenische Mühlen, usw. dagegen auszuwechseln.

Lange Zeit wurde das Pochwerk als die beste Zerkleinerungsmaschine zum Aufbereiten von Erzen vor der Amalgamation angesehen. Wir werden weiter sehen, wie die Rohrmühle mit Erfolg in die bestehenden Anlagen eingebaut wurde. Man hat den Pochwerken nur die Arbeit der Vorzerkleinerung überlassen und der Rohrmühle die weitere Vermahlung übertragen. Die zylinder-konische „Hardinge“-Mühle hat erfolgreich für die gleiche Arbeit verwendet werden können. Eine der ersten Aufstellungen wurde bei der Plymouth Consolidated Gold Mines Co. in Kalifornien vorgenommen. Bei dieser Anlage wurden grobe Siebe an dem Austrag der Pochtröge angebracht, so daß dieselben nur wie Vorbrecher Verwendung fanden.

Das Gut aus den Pochwerken wird auf der „Hardinge“-Feinmühle weitervermahlen ohne Einschaltung von Amalgamationstischen. Trommelamalgamatoren, Bauweise „Hardinge“, sind am Austrage der zylinder-konischen Mühlen angebracht. Das Amalgam des Hardingeschen Trommelapparates enthält etwa 50% Gold. Die Tische nehmen dagegen davon viel weniger auf.

Ein anderes Goldbergwerk in Kalifornien verwendet drei „Hardinge“-Mühlen: Eine Vorschrotkugelmühle und zwei Feinmühlen zum Nachmahlen. Eine Untersuchung des Mehles der Feinmühle ergab 12% Rückstand auf Sieb Nr. 80 und 15% Feines durch Sieb Nr. 200. Die höchste Leistungsfähigkeit durch Amalgamauszug und Anreicherung ist im Mittel 88% für einen langen Zeitraum gewesen.

Die „Hardinge“-Kugelmühlen werden auch zum Aufbereiten von schwefelhaltigen Golderzen zur Verarbeitung durch Amalgamieren und nachfolgendem Schwimmverfahren verwendet.

c) Verwendung der „Hardinge“-Mühle zur Wiedergewinnung von Metallen.

Die „Hardinge“-Kugelmühle ist mit gutem Erfolg zum Vermahlen von Hobelspänen und Drehspänen von Gußeisen, Stahl, Messing usw. verwendet worden. Diese Rohstoffe enthalten allgemein unmahlbare Metallstücke wie: Schrauben, Muttern, zerbrochene Werkzeuge usw. Zu deren Vermahlung ist es durchaus erforderlich, eine Maschine zu verwenden, die durch sie nicht beschädigt, werden kann. Folglich sind solche Maschinen ohne Sieb und solchen Teilen, die nicht mit großer Geschwindigkeit laufen, vorzuziehen.

Zum Beispiel verbraucht eine Kugelmühle vom 1370 mm Durchmesser zum Mahlen von Gußeisenhobelspänen auf eine Korngröße von Sieb Nr. 12 bis 14 eine Kraft von 25 HP und leistet ungefähr 1000 kg in der Stunde.

In gleicher Weise wird die Kugelmühle zum Vermahlen von anderen Metallabfällen als Eisen zur Wiedergewinnung angewendet.

So kann man vermahlen: Abschaum von Blei, Zink, Kupfer, Gießereiasche von Kupfer, Aluminiumgekrätz, usw.

Beim Durchgang durch die Kugelmühle werden die Aschen oder das Gekrätz zermahlen, während die so befreiten Metallteilchen kaum der Mahlwirkung der Kugeln unterliegen. Jedoch genügen die Schläge der Kugeln, um sie zu reinigen und von der Oxydschicht zu befreien. Ein Zylindersieb, bespannt mit Siebgewebe Nr. 20, das am Auslauf der Mühle angebracht ist, hält die Metallteilchen zurück, während die Schlacken oder die Oxyde durch das Sieb fallen. Das wiedergewonnene Metall kann unmittelbar wieder zum Schmelzen benützt werden. Die Vermahlung findet auf trockenem oder nassem Wege statt. Im Falle der Verarbeitung von Zinkasche oder Aluminiumgekrätz genügt die Absiebung zur Wiedergewinnung von allem reinen Metall.

Wenn man Abfälle aus der Kupfergießerei verarbeitet, folgt der Absiebung noch eine Klassierung der Aschen, die noch bis 25% wiedergewinnbares Metall enthalten können. Die Klassierungen werden auf Schüttelherden, Spitzluten usw. ausgeführt.

Eine Anlage, die etwa 1000 kg Rückstände stündlich zu verarbeiten hat, erfordert eine Kugelmühle von 900 mm Durchmesser und 200 mm Breite, 2 Schüttelherde und eine Pumpe zur Bewegung des Schlammes, sowie zum Betriebe des Ganzen einen etwa 15 HP-Motoren.

Endlich kann die zylinder-konische Kugelmühle zum Zerkleinern und Mahlen von Metallen dienen wie: Aluminium, Bronze und Tung-

stein (Wolframerz). Sind die zu vermahlenden Rohstoffe von großer Härte, so ist die Leistungsfähigkeit selbstverständlich sehr gering.

Es kann mit einem einzigen Durchgang eine große Mehlfeinheit erzielt werden. Selbst eine Kugelmühle von 900 mm Durchmesser und 200 mm Breite, die mit Tungstein in Stückgrößen von 25 bis 37 mm gespeist wird, ergibt ein Mehl von 95% durch das Sieb Nr. 150.

d) Verwendung der „Hardinge“-Mühlen in der Zementindustrie.

Die zylinder-konischen Mühlen können auch in den Zementfabriken Verwendung finden zum Vermahlen von Rohgemengen von Kalk und Ton, zur Kohlenvermahlung und zum Feinmahlen von Schacht- oder Drehofenklinkern.

Wenn die „Hardinge“-Kugelmühle als Vorschroter verwendet wird, erhält sie eine Kugelfüllung von 50- bis 150 mm-Kugeln. Sie kann dann mit Stücken bis 75 mm Größe beschickt werden und ergibt dann ein Mehl, das zur Aufgabe in die Feinmühlen genügt. Diese Mühlen sind von der gleichen Ausführung wie die Vorschroter, werden aber mit kleineren Kugeln gefüllt. Man kann außerdem den Vorteil ausnutzen, den Vorschroter in geschlossenem Umlauf mit einem Sieb oder Windsichter arbeiten zu lassen. Auf diese Weise kann man die Entleerung der Mühle beschleunigen. Ein gewisser Anteil der Rückstände muß zur Aufgabe zurückkehren, aber die Leistungsfähigkeit wird bedeutend erhöht.

Die „Hardinge“-Mühle kann die Feinmahlung von Kalkstein, Kohle oder Zementklinkern in einem einzigen Durchgang herbeiführen. In diesem Falle ist es aber vorzuziehen, die Mühle mit vorgebrochenem Aufgabegut bis 20 mm Körnung oder noch besser bis 12 mm Korn zu speisen. Auf diese Weise verwendet man eine besonders ausgewählte Kugelfüllung von 20 bis 37 mm Durchmesser. In gleicher Weise ist es auch hier empfehlenswert, im geschlossenen Umlauf mit einem Sieb oder Windsichter zu arbeiten.

Die Mahlergebnisse mit einer einzigen Mühle sind nicht so befriedigend ausgefallen, als bei der Vermahlung in zwei Abschnitten. Aber dennoch kann es vorzuziehen sein, eine einzige Mühle mit großem Durchmesser besonders bei kleinen Anlagen zu verwenden, deren Wirkung günstiger ist, als die von mehreren kleineren Einheiten.

Die nachstehende Zahlentafel 42 zeigt die Leistungsergebnisse der „Hardinge“-Mühle bei der Vermahlung von Drehofenklinkern.

Bei der Erzeugung dieser Leistungsmengen überschreitet der Verschleiß an Kugeln nicht 375 g für die Tonne gemahlene Zements, und die Lebensdauer der Auskleidungen beträgt drei bis vier Jahre. Ein Vergleich der Leistungszahlen der obigen Zahlentafel mit den schon früher angegebenen für die zylindrischen Vorgrießmühlen erscheint für die

Zahlentafel 42. Leistungsergebnisse der „Hardinge“-Mühle bei der Vermahlung von Drehofenzement.

Abmessungen des zylindrischen Teiles	Kraft- verbrauch  HP	Kugel- füllung  kg	Tonnen in der Stunde		
			Mehl vom Vorschroter (1)	Mehl von der Feinmühle (2)	Mehl von der kombinierten Mühle (3)
1800 × 560	55	5400	3,6	2,65	1,2
2140 × 560	90	8400	5,4	3,95	1,8
2140 × 900	115	10600	7,5	5,5	2,5
2400 × 760	150	13800	10,2	7,5	3,5
2400 × 900	165	15200	11,4	8,3	3,8
2400 × 1050	190	16200	12,6	9,2	4,2
2400 × 1200	215	17600	13,8	10	4,6
3000 × 900	280	27400	19,2	14,2	6,6
3000 × 1200	325	31500	22,8	19,2	8,4

(1) Vorschroter — Aufgabegut 37 mm, Austrag Sieb Nr. 20.

(2) Feinmühle — Aufgabegut Sieb Nr. 20 — 85% durch Sieb Nr. 200 bei dem ersten Durchgang.

(3) Kombinierte Mühle — Aufgabegut 28 mm — 85% durch Sieb Nr. 200 im geschlossenen Umlauf.

„Hardinge“-Mühlen wenig günstig. Der Vergleich mit Rohr- und Verbundrohrmühlen, die wir im letzten Abschnitt dieses Kapitels behandeln werden, ist nicht mehr maßgebend. Aus Mangel an genauen Versuchsergebnissen enthalten wir uns eines weiteren Urteils. Trotzdem erscheint es wahrscheinlich, daß die „Hardinge“-Mühlen sehr interessante Ergebnisse auf diesem Gebiete liefern dürften.

Den Beginn des Baues der zylinder-konischen Mühlen, der schon seit längerer Zeit fertige Tatsache in Frankreich ist, ebenso wie die Ergebnisse ihrer Verwendung in der Zementvermahlung, können wir nur mit Ungeduld erwarten, die auf alle Fälle nur ihren Erfolg verkünden werden.

**Mahlkosten.** Die Mahlkosten für die gemahlene Tonne sind begreiflicherweise verschieden, da sie von der Eigenart der Erze, von der gewünschten Mehlfeinheit und den Kosten für Betriebskraft, Kugeln und Auskleidungen abhängen. Die Auskleidungen aus Chrom- oder Manganstahl erleiden einen mittleren Verschleiß von 45 bis 90 g für die gemahlene Tonne.

Die zur Verwendung kommenden Kugeln haben verschiedene Durchmesser von 50 bis 125 mm und sind gewöhnlich aus Chromstahl hergestellt. Zum Mahlen auf die Feinheit von Sieb Nr. 20 wechselt der Kugelverbrauch von 225 bis 340 g für die gemahlene Tonne. Zum Mahlen im geschlossenen Umlauf mit einem Sieb auf Sieb Nr. 48 steigt der Verbrauch auf etwa 570 g für die Tonne. Zum Zwecke der Angabe kann sich der Mahlkostenpreis einer Tonne Quarz, der von 63 mm Stückgröße auf die Feinheit von Sieb Nr. 20 gemahlen wird, wie folgt stellen (amerikanischer Preis 1917):

Betriebskraft 4,8 HP-Stunden . . . . .	2,88
Chromstahlkugeln 215 g . . . . .	3,29
Chromstahlauskleidung 52 g . . . . .	0,81
Arbeitslohn . . . . .	1,50
Verschiedenes . . . . .	1,00
Zusammen:	9,48 Cents

Der Mahlkostenpreis der in der Feinmühle gemahlene Tonne unterliegt denselben Bemerkungen wie der der Kugelmühle.

Der Verbrauch an Flintsteinen von guter Qualität wechselt von 450 bis 900 Gramm für die gemahlene Tonne, je nach Härte des zu mahelnden Erzes und der verlangten Feinheit.

Der Verschleiß an Mahlplatten ist außerordentlich veränderlich, je nach der zur Verwendung kommenden Maschinensorte. Die eisernen Mahlplatten kosten wahrscheinlich viel mehr als die Silexmauerungen; aber man darf nicht aus dem Auge verlieren, daß diese letzteren ein großen Zeitverlust erfordern, um sie einzubringen.

Hierunter ein Beispiel für die Mahlkosten von 9,5 mm Korngröße auf Sieb Nr. 28.

Arbeitslohn . . . . .	0,5050
Betriebskraft 5,1 kw/Std. . . . .	5,6389
Flintsteine 525 g . . . . .	1,5658
Ausbesserungen . . . . .	0,2331
Ausmauerung . . . . .	0,6572
Zusammen:	8,6000 Cents

Vergleich mit den Mühlen mit zylindrischer Mahltrommel.

Seit ihrem Auftreten ist die „Hardinge“-Mühle in den Wettbewerb mit den verschiedenen Kugelmühlenarten mit zylindrischer Mahltrommel eingetreten. Vergleichende Versuche sind für die Rechnung verschiedener Bergwerksgesellschaften während ganzer Jahre durchgeführt worden. Die darüber veröffentlichten Ergebnisse in ihrer Gesamtheit sind etwas verworren.

Nach theoretischer Anschauung möchte es scheinen, daß sie den Sieg davontragen müßte auf Grund der selbsttätigen Einstellung der Kugeln und des eingeführten Mahlgutes nach Größe während des Durchganges durch die Mühle. Aber man muß dem Rechnung tragen, daß wir es in den beiden Fällen mit Mühlen mit wiederholten Umlauf zu tun haben, in denen das Mahlgut die Mühle sehr schnell durchläuft und sie vor vollständiger Vermahlung verläßt, um dann durch einen Klassifikator oder Separator zu gehen, der die genügend fein gemahlene Teilchen ausscheidet, während die anderen in die Mühle zurückkehren. Da die sich in Bewegung befindliche Mahlgutmenge ganz von selbst einen gewissen Widerstand dem Sortiervorgang entgegensetzt, wie wir es am Anfang dieses Abschnittes bereits beschrieben haben,

erscheint es unter diesen Umständen wahrscheinlich, daß diese Sortiertätigkeit nicht die erforderliche Zeit hat, sich mit der ganzen Sauberkeit zu vollziehen, die man erwarten könnte.

Ein anderer Punkt, auf den man bestehen muß, ist der folgende: Die „Hardinge“-Mühle gebraucht eine große Menge von großen Kugeln zum Vorschroten und eine gewisse Menge gegen den Auslauf der Mahltrommel hin mehr und mehr kleiner werdende Kugeln. Oder, wenn es vorteilhafter erscheint, kleine Kugeln mit geringer Fallhöhe für den Feinmahlvorgang zu verwenden, so ist es gewiß nicht überall richtig, die Anzahl dieser Kugeln in dem Maße auf eine unbedeutende Menge zu verringern, als die zu mahlenden Teilchen feiner werden. Die Theorie und die Praxis stimmen in der Erkenntnis überein, daß man die Reibungsfläche vermehren muß.

Diese Betrachtungen führen uns die Tatsache klar vor Augen, daß die „Hardinge“-Mühle nicht die erdrückende Überlegenheit bewiesen hat, die man ihr hat beilegen wollen.

Die veröffentlichten Versuchsergebnisse sind tatsächlich genügend widersprechend.

Auf Veranlassung der Inspiration Consolidated Copper Co, wo die Vergleichsversuche im Frühjahr 1917 zwischen zwei „Hardinge“-Mühlen von 8 Fuß und zwei „Marcy“-Mühlen von dem gleichen Durchmesser stattfanden, mußten sie das gleiche Erz bis zur Feinheit des Siebes Nr. 48 mahlen. Der Erfolg fiel den „Marcy“-Mühlen zu. Diese ergaben eine mittlere tägliche Leistung von 1118 t mit einem mittleren Kraftverbrauch von 8,2 kW/Std. für die geleistete Tonne Mehl, während die „Hardinge“-Mühlen nur 485 t mit 11,42 kW/Std. für die Tonne fertig gemahlenes Mahlgut erreichten (Neues Urteil über die Kugelmühlmahlung von C. T. Van Winkle, *Bull. A. I. of Min. Eng.*, Januar 1918). Infolge dieser Versuche richtete die Inspiration Copper Co. einen Betrieb mit 48 „Marcy“-Mühlen ein, die täglich mehr als 20000 t Erz verarbeiten können.

Andere Gesellschaften dagegen, wie die Federal Mining and Smelting Co, die Calumet and Hecla Mining Co. usw. haben nach diesem Versuche die „Hardinge“-Mühle aufgestellt.

In der Zeitschrift *L'Outillage* hat M. Sylvany die verschiedenen Berechnungen, die sich auf die Vergleichsversuche zwischen zylindrischen und konischen Mühlen beziehen, alle günstig für die konische Mühle angegeben. Im Verlaufe der gleichen Abhandlung hat er bestätigt, daß die „Marcy“-Mühlen der Inspiration Copper Co. dieser Gesellschaft nur Verdruß bereitet hätten. Trotzdem hätten wir gerne die Quelle der Unterlagen des Herrn Sylvany erfahren, ebenso die Angaben über die verschiedenen zylindrischen Kugelmühlen, mit denen die „Hardinge“ so leicht fertig werden konnte.

Wie man sieht, müssen wir auf diesem Gebiete die größte Vorsicht walten lassen. Von der einem wie der anderen Seite soll man nicht vollständig den Versicherungen der Fabrikanten vertrauen. Und selbst wenn es sich nur um die Frage eines Vergleichsversuches handelt, können örtliche Umstände eintreten, die den einen Fabrikanten zum Nachteil des anderen begünstigen. Es kann auch vorkommen, daß alle Bedingungen der Unparteilichkeit nicht vereinigt werden usw. Wenn die verglichenen Mühlen von fühlbar gleichem Wert sind, nehmen dann die kleineren Einzelheiten eine große Wichtigkeit an.

Wir werden aus allem den Schluß ziehen, daß die konische „Hardinge“-Mühle vielleicht nicht all das Gute verdient, was man über sie gesagt und geschrieben hat, daß ihre Verbreitung kräftig durch den Reiz der neuen Form unterstützt wurde, durch eine geschickte Veröffentlichung oder durch die Güte seiner Bauart: aber trotz allem ist es eine vorzüglich ausgeführte Maschine, die ihre Probe bestanden hat, die zahlreiche Anwendung zur vollkommenen Zufriedenheit aller gefunden hat, die sie gebrauchten, und die infolgedessen einen wirklichen und bedeutenden Fortschritt in der Mahltechnik darstellt.

### 3. Stabmühlen oder „Rod mills“.

Eine Abart der Mühlen mit zylindrischer Mahltrommel sind die als Mahlmaschinen verwendeten Mühlen, die mit Rundeisenstäben von der ungefähren Länge der Mahltrommel als Mahlkörper gefüllt sind. Die ersten Versuche, die in dieser Richtung unternommen wurden, ergaben keine Erfolge, und erst seit einigen Jahrzehnten sind verschiedene praktische Ausführungen in Amerika und Deutschland (Pfropfe, Hildesheim) verwirklicht worden.

Die Aufnahme dieses Mahlsystems hat zu Veränderungen der Mahltrommelverhältnisse und der Anordnung ihrer einzelnen Teile geführt. Die Stabmühlen bilden doch eine scharf begrenzte Abart und deshalb wollen wir ihr einen besonderen Abschnitt widmen.

Allgemeines. Die Mahltrommel, deren Länge wesentlich größer als der Durchmesser ist, ist ungefähr bis zur Mitte mit runden Stahlstangen gefüllt, deren jede ungefähr die Länge der inneren Mahltrommel hat. Der Anfangsdurchmesser dieser Stahlstangen wechselt von 40 bis 80 mm. Man entfernt sie erst dann, wenn sie durch Verschleiß auf ungefähr 15 mm abgenützt sind.

Unter der Umdrehungswirkung der Trommel rollen die Stäbe und fallen einer über den andern nach einer Fallbahnlinie zurück, die ähnlich der bei den Kugeln in der Kugelmühle ist. Aber hier drängen sich noch mehrere Bemerkungen auf:

1. Bei gleichem Volumen ist das Gewicht der Stabfüllung ungefähr 20% höher als bei Verwendung von Kugeln. Das mittlere prak-

tische spezifische Gewicht erreicht ungefähr 5000 kg für den Kubikmeter.

2. Die Berührung mit dem Mahlgut findet auf einer Linie statt, d. h. in einer unendlichen Reihe von Punkten anstatt in einem einzigen, wie im Falle der runden Kugeln.

3. In der Kugelmühle ist die Flugbahn einer jeden Kugel frei, während in der Stabmühle eine jede einzelne Stange gezwungen wird, unbedingt parallel der mittleren Richtung zu bleiben. Die großen Stücke werden dann mehr die Wahrscheinlichkeit haben, nicht der Mahlwirkung zu entgehen, während die kleinsten Teilchen, die schon die mittlere gewünschte Feinheit erreicht haben, weniger einer unnötigen und nachteiligen Überfeinerung ausgesetzt werden. Die Erfahrung hat tatsächlich bestätigt, daß die Stabmühle ein sehr regelmäßig gekörntes Mahlerzeugnis ergibt. Sie arbeitet wie eine Reihe von hintereinandergeschalteten Walzwerken, zwischen deren Walzen das Mahlgut selbst die Spaltweite bilden würde.

Bauausführung. Es bestehen verschiedene Bauarten von Stabmühlen oder Rod mills.

Alle diese Maschinen entsprechen den folgenden Bedingungen:

Die Länge der Mahltrommel beträgt das Zwei- bis Vierfache des Durchmessers.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit ist 25 bis 30% geringer als diejenige der Kugelmühle von gleichem Durchmesser.

Es ist eine Vorrichtung zum schnellen Entfernen der verschlissenen, gebogenen oder zerbrochenen Stäbe vorgesehen.

Der Austrag des fertig gemahlten Gutes erfolgt sehr tief unter der Achse, d. h. eine sehr geringe Menge Mahlgut läuft zu gleicher Zeit in der Mühle um.

Eine Mühle, die den Anspruch hat, die erste und bekannteste unter den Stabmühlen zu sein, ist die „Marathon“-Mühle von Sir E.-C. Johnson (Abb. 138). Diese Maschine besteht aus einem Stahlblechrohr, das inwendig mit auswechselbaren Mahlplatten versehen ist. Die beiden Böden der Mahltrommel werden durch verschraubte Flanschen festgehalten und mit Scharnieren versehen, so daß man leicht Zugang zu dem Innern der Mühle hat. Zwei Laufringe, die am Umfang der Mahltrommel befestigt sind, gestatten derselben auf je einem Satz Stütz- und Widerlagerrollen zu laufen. Ein in der Mitte der Mahltrommel befestigter Zahnkranz erhält seinen Antrieb durch einen Stirnradantrieb. Die Tragrollen, Lager, Antriebrad und Antriebscheibe sind auf einem U-Eisenrahmen befestigt. Dieser Rahmen ist auf einem drehbaren mit vier Regulierschrauben versehenen Gestell aus Stahlguß montiert. Auf diese Weise kann man in jedem Augenblick die Neigung der Mühle einstellen. Andererseits kann die Maschine unmittel-

bar nach Ankunft auf ihrer Arbeitsstelle in Betrieb gesetzt werden; denn man kann die Mühle vollständig zusammengestellt befördern.

Die nachstehende Zahlentafel 43 enthält die Hauptangaben über die normale Ausführung der „Marathon“-Mühlen.

Zahlentafel 43. Marathon-Mühlen.

Mühlengröße	22 Zoll × 5 Fuß	26 Zoll × 7½ Fuß	26 Zoll × 9 Fuß	36 Zoll × 7½ Fuß	36 Zoll × 9 Fuß	48 Zoll × 8 Fuß	48 Zoll × 9 Fuß	48 Zoll × 18 Fuß
Äußerer Durchmesser mm	560	660	660	915	915	1220	1220	1220
Innere Länge . . . . .	1500	2300	2750	2300	2750	2450	2750	3000
Kraftverbrauch ungefähr HP	4	8	10	20	25	35	40	45
Ungefähres Gewicht t	3,2	6,4	7,3	11,4	13,6	20,5	23	25
Kleinste Leistung in t/Std. . . . .	2—3	4—5	5—6	10—12	12—15	25—30	30—35	35—40

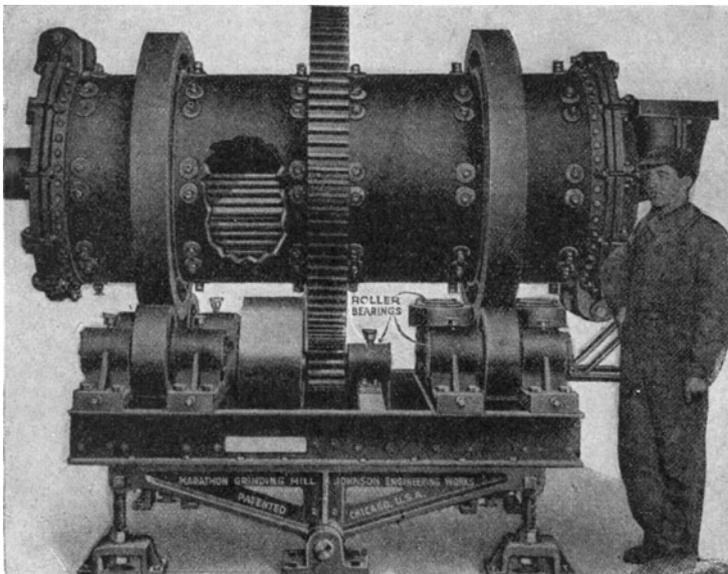


Abb. 138. „Marathon“-Mühle.

Die Stabmühlen von „Marcy“ werden auf einem Hohlzapfen an der Aufgabeseite und einem Laufring auf der Austrageite gelagert, um eine große Öffnung in dem Boden anbringen zu können.

Sie werden in vier Größen gebaut.

Innerer Durchmesser mm	Innere Länge mm	Normale Füllung kg	Kraftverbrauch HP
840	1830	3000	15—18
1070	2440	7000	40—45
1370	3050	13000	90—95
1670	3660	18000	140—150

Die Allis Chalmers Co., Colorado Iron Works Co. und Pfropfe, Hildesheim, bauen ebenfalls Stabmühlen.

Anwendung. Leistungsfähigkeit. a) Anwendung der Stabmühle in der Erzaufbereitung. Ihre hauptsächliche Verwendung findet die Stabmühle zum Nachmahlen der Mittelprodukte in den Erzwäschen. Wir haben gesehen, daß man für diese Verwendung ein großes Interesse hat, um eine möglichst gleichmäßige Körnung zu erzielen.

Die wirtschaftlichste Mühle ist diejenige, die die größtmögliche Leistung in der kW/Std. und ein Erzeugnis liefert, dessen größter Prozentsatz grade durch die Lochungen der Kontrollsiebtrommel geht. Dieses Erzeugnis soll einen so geringen Anteil wie möglich an feinem Sand enthalten. Der Anteil, welcher durch Sieb Nr. 200 geht, soll auf ein Minimum beschränkt werden und hauptsächlich aus fein gekörnten Teilchen bestehen, die auf Schlammherden klassiert werden können, um nur ein Minimum an freiem Metall durch Schwimmverfahren wieder gewinnen zu müssen. In diesem Sonderfall braucht die wirksamste Mühle, d. h. die mit gleicher Kraft die schärfste Zerkleinerung ergibt, nicht unter allen Umständen die wirtschaftlichste zu sein.

Die Ergebnisse haben bewiesen, daß die „Marathon“-Mühle sehr wohl diesen Anforderungen entspricht.

Die nachstehenden Versuche beziehen sich auf den Betrieb einer „Marathon“-Mühle von 36 Zoll Durchmesser und 7½ Fuß Länge, die von der Detroit Copper Mining Compagny in Morenci (Arizona) aufgestellt worden ist.

Anzahl der Betriebsstunden am Tag . . . . .	20,54
kW/Std. am Tag . . . . .	279
kW für eine Stunde . . . . .	13,58
PH/Std. . . . .	18,20
Umdrehungszahl in der Minute . . . . .	30,34
Verarbeitetes Mahlgut in 24 Stunden in trockenem Zustand in Tonnen	245
Verarbeitetes Mahlgut in der Stunde in Tonnen . . . . .	10,2
Prozentsatz der festen Bestandteile in der Trübe . . . . .	34,9
Leistung für die PH-Stunde in Tonnen . . . . .	0,5632
Anfangsgewicht der Stahlstangen in Kilogramm. . . . .	2400
Gesamte Abnutzung in Kilogramm . . . . .	340
Abnutzung für die Tonne Mahlgut in Gramm . . . . .	270
Aufgabegut: Das Ganze geht durch Sieb Nr. 4.	
55 % bleiben auf dem Sieb Nr. 20 zurück.	
23 % gehen durch Sieb Nr. 200.	

Fertig gemahlenes Gut: Das Ganze geht durch Sieb Nr. 10.

12% Rückstand auf Sieb Nr. 20.

24% gehen durch Sieb Nr. 200.

Für die Körnung ergibt die „Marathon“-Mühle also sehr günstige Resultate. Nebenan arbeitete man mit einem Walzwerk mit neuen Mahlringen vom 1060 mm Durchmesser und 500 mm Breite versehen bei gleichem Kraftverbrauch. Die „Marathon“-Mühle hat eine 70% höhere Leistung als das Walzwerk ergeben, d. h. die durch die „Marathon“-Mühle freigemachte Menge an Metall (Blei) war um 70% höher, als die von dem Walzwerk freigelegte Menge.

Verglichen mit der chilenischen Mühle hat die „Marathon“-Mühle von 36 Zoll  $\times$  7½ Fuß, welche bei der Detroit Copper Mining Co. bei gleicher Leistung arbeitet, eine um 50% höhere Wirtschaftlichkeit an Betriebskraft ergeben mit einer um die Hälfte geringeren Erzeugung an Schlamm (Sieb Nr. 200). Die Leistung der chilenischen Mühle (Kollergang) betrug 272 kg für die HP/Std.

In derselben Anlage arbeitete eine „Hardinge“-Mühle, deren Leistung nur 181 kg für die HP/Std. betrug und die Erzeugung an Schlamm war fast die gleiche wie bei der chilenischen Mühle.

Die „Marathon“- und „Hardinge“-Mühlen arbeiteten ohne Siebe, während die chilenische Mühle mit einem Sieb Nr. 10 und einem Rücklauf der Rückstände versehen war, was ihr einen gewissen Vorteil vermittelte.

b) Die Stabmühle in der Kalksandstein-Industrie.

Die Erkenntnis dieser wertvollen Eigenschaft, ein Mahlgut mit gleichmäßiger Körnung zu liefern, hat neuerdings zur Anwendung der „Marathon“-Mühle in der Kalksandstein-Industrie geführt. Dabei ist die Mahlwirkung ganz nebensächlich, nur muß Kalk und Sand überaus innig zu einer gleichartigen Masse gemischt werden. Die „Marathon“-Mühle hat dieser Anforderung in vollkommener und wirtschaftlicher Weise genügt.

Beschickt mit den im geeigneten Verhältnis gemischten Rohstoffen, zerkleinert sie die zu großen Sandstücke, mischt innig den Kalk und Sand und liefert ein regelmäßiges, gleichartiges, von Klümpchen oder Körnern freien Kalkes befreites Erzeugnis. Die Sandkörner sind dann mit einer dünnen Kalkhaut überzogen, was ein Haupterfordernis zur Herstellung eines Steines von gutem Aussehen und größter Festigkeit ist.

Verglichen mit Kollergängen, die gewöhnlich diese Arbeit verrichten, hat die „Marathon“-Mühle bei gleichem Kraftverbrauch eine doppelte Leistung ungeachtet der besseren Qualität der gelieferten Arbeit ergeben.

Was nun den Verschleiß an Stahlstäben und Auskleidungsplatten

anbetrifft, so wird geschätzt, daß er die Kosten von 2 Cents (bezogen auf den Stand vom April 1921) für 1000 Steine nicht überschreitet.

c) Verwendung der „Marathon“-Mühle zum Feinmahlen harter Rohstoffe.

Wir geben hierunter die Versuchsergebnisse wieder, die mit einer „Marathon“-Mühle von 915 mm Durchmesser und 2300 mm Länge auf nassem Wege im offenen Umlauf erzielt worden sind. Die Mühle wurde mit einem 20 HP-Motor betrieben.

Versuchsergebnisse einer „Marathon“-Mühle, 915mm Drchm. 2300mm Länge.

Rohstoff	Aufgabegut	Gemahlenes Gut	Leistung in Tonnen/Std.
Harter Kalkstein	0 bis 5 mm	{ 4 % Rückstand auf Sieb Nr. 100	2 Tonnen
		{ 15 % „ „ „ „ 200	
„ „	0 „ 5 „	{ 7 % „ „ „ „ 40	12 „
		{ 20 % „ „ „ „ 60	
„ „	0 „ 2,5 „	{ 12 % „ „ „ „ 200	6 „
		{ 10 % „ „ „ „ 100	
Harter Granit	6 „ 12 „	{ 26 % „ „ „ „ 200	12 „
		{ 0 bis 2,5 mm	
„ „	6 „ 12 „	{ 0 „ 5 „	12 „

### III. Feinrohmühlen.

Allgemeines. Wir haben gesehen, daß der Durchmesser der Mahltrommel eine Funktion der Größe und Härte der zu vermahlenden Rohstoffstücke ist, ebenso wie der zu erzielenden Leistung. Man begreift ohne weiteres, daß der zu erreichende Feinheitsgrad beim ersten Durchgang im Verhältnis zur Länge der Mahltrommel steht. Je größer diese Länge, je längere Zeit bleibt das Mahlgut der Mahlwirkung ausgesetzt; je feiner wird also die erreichte Mehlfeinheit sein.

Trotzdem wird der Feinheitsgrad weit davon entfernt sein, eine unmittelbare Funktion der Trommellänge zu sein. Der Hauptzerkleinerungsvorgang vollzieht sich in dem Bereiche, der in der Nähe der Aufgabe liegt. In dem Maße, wie sich der Anteil der feinen Teilchen vermehrt, vermindert sich die Wirkung der Zerkleinerung. Das erklärt sich durch die Tatsache, daß die groben, noch nicht zerkleinerten Stücke sich in dem feinen Mehlstaub eingebettet befinden und sie entgehen auf diese Weise leichter der Schlagwirkung der Kugeln oder Flintsteine.

Die volumetrische Untersuchung der im voraus an verschiedenen Stellen weggenommenen Muster haben gezeigt, daß der Prozentsatz der größeren Stücke, als wie die gewünschte Größe, immer langsamer abnimmt, und neigt dazu, je weiter man sich von der Aufgabestelle entfernt, sich einer Konstanten zu nähern. Dagegen steht der Kraftverbrauch deutlich im Verhältnis zur Länge der Mahltrommel.

Demnach wächst der Kraftverbrauch in unverhältnismäßiger Weise mit dem zu erreichenden Feinheitsgrad.

Bei den im vorigen Abschnitt besprochenen Mühlen wurde die Länge so gewählt, um im ersten Durchgang eine grobe Mahlung zu sichern. Der neben der Mühle liegende Sichter oder Klassierer zieht die genügend feinen Teilchen ab, während der Sand und die Körner in die Mühle zurückkehren.

Die Maschinen, die wir nun besprechen werden, haben eine solche Länge, daß das ganze praktisch brauchbare Mahlgut, welches die Mühle verläßt, in einem Durchgang die gewünschte Feinheit erreicht hat.

Wir werden also mit Feinrohrmühle jede mit Kugeln oder Flintsteinen gefüllte Mühle bezeichnen, deren Länge und Anordnung eine solche ist, daß das hindurchgleitende Mahlgut erst dann austritt, wenn es in seiner Gesamtheit auf die gewünschte Feinheit vermahlen ist. Diese Feinheit kann von grobem Mehl (Sieb Nr. 60 bis 100) bis zum unfühlbaren Staub (Sieb Nr. 200 und mehr) wechseln.

Die Erfindung der Feinrohrmühle wird allgemein M. Davidsen zugeschrieben, und trotz der von letzterem genommenen und ausgebeuteten Patente scheint sie wohl dem M. C. Raty, der damals Hüttenbeamter in Saulnes (Meurthe-et-Moselle) war, zukommen zu müssen. Die von Raty vor 1890 gebaute Maschine war in der Tat eine Feinrießmühle in dem Sinne, daß sie stetigen Ein- und Austrag besaß und mit Austrag am Umfang versehen war, wie die Ausführung, welche M. Davidsen 1892 entdeckte. Von 1890 ab verwendete M. Raty in seiner Fabrik in Saulnes zur Erzeugung von Schlackenzement zusammen 14 Rohre, davon waren 6 Mühlen und 8 Mischer, welche alle in gleicher Weise aus einem Gußeisenrohr mit gewellter Wandung von 900 mm innerem Durchmesser und 3295 mm lang hergestellt waren. Die vier Ringe des Rohres waren durch Flanschen verbunden und auf einer Welle von 100 mm Durchmesser, die durch das ganze Rohr hindurchging, befestigt. Die Einführung des Mahlgutes fand in der Mitte der einen Seite statt mit Hilfe einer mit Fächern versehenen Nabe; der Austritt dagegen durch Schlitze, die am Umfang der gegenüberliegenden Seite angebracht waren. Jedes Rohr erhielt eine Füllung von 800 kg Kugeln aus Hartguß von 40 mm Durchmesser und erhielt 28 bis 30 Umdrehungen in der Minute. Die Leistungsfähigkeit erreichte 600 kg gemahlene Schlacke in der Stunde, die durch das Sieb von 900 Maschen auf den Quadratzentimeter hindurchging, bei einem Kraftverbrauch von 4 HP<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> „Schlackenzemente und ihre Herstellung“. Besprechung am 9. Nov. 1890 in der Vereinigung der Löwener (Louvain in Belgien) Ingenieure (Gruppe Luxemburg) von M. Marc Raty.

Diese Ergebnisse wurden wenig bekannt. Dagegen drangen die späteren Versuche von M. Davidsen mehr in die Öffentlichkeit. Die neue Maschine wurde Rohrmühle „Dana“ getauft (M. Davidsen war der Vertreter der dänischen Firma F. L. Smith & Co.). Sie wurde zunächst in der Kalk- und Zementindustrie angewendet und verdrängte

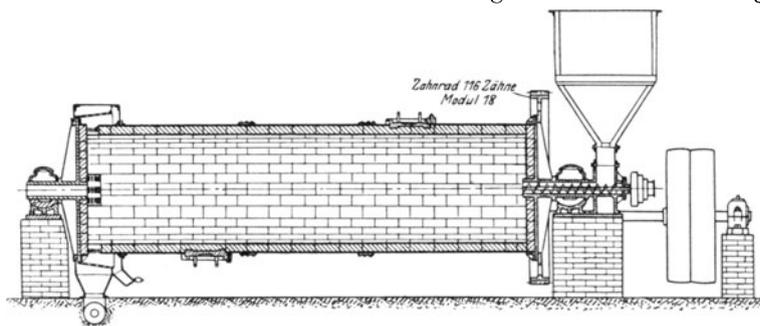


Abb. 139. Schnitt durch eine Feinrohmühle (Constructions industrielles et minières).

schnell die alten Kollergänge. Heute wird sie fast ausschließlich zur Vermahlung von Baukalk, Zementrohmaterial, gebrannte Zementklinker und Kohlenstaub für Drehöfen verwendet.

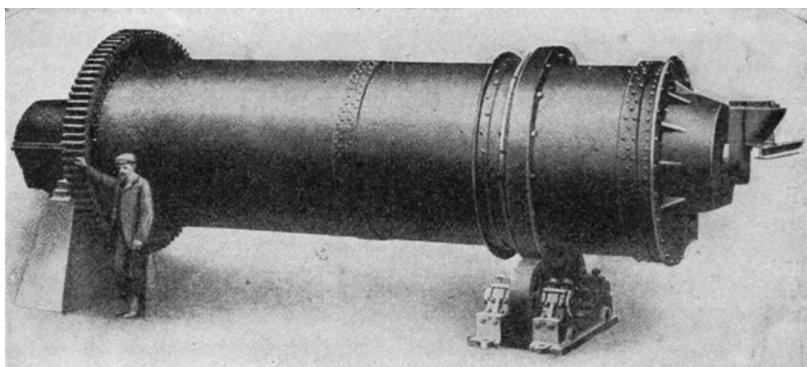


Abb. 140. Feinrohmühle von Sutchiffe Speakmann Co. Ltd.

Darauf wurde die Mühle in der Erzaufbereitung verwendet. Sie trat nach und nach in Transvaal, Australien (1897) und Mexiko in den Goldbergwerken in Erscheinung, die vorher ihre Erze mit Hilfe von Poch- und Stampfwerken auf Sieb Nr. 200 feinmahlten.

Die Einführung der Feingrießmühlen erlaubte die Leistungsfähigkeit zu verdoppeln. Man zerkleinerte durch Pochwerke auf die Feinheit von Sieb Nr. 14 bis 20, was ihre Leistungsfähigkeit ganz bedeutend

verbesserte, während die Feingrießmühle die Vermahlung bis zum befriedigenden Feinheitsgrad fortsetzte.

Eine Rohrmühle von 1500 mm Durchmesser und 6600 mm Länge genügt für eine Batterie von 25 Stempeln. Ebenso wie wir sagten, daß die Leistungsfähigkeit verdoppelt wurde, sind die Betriebsunkosten wesentlich verbilligt worden. Gegenwärtig ist die Rohrmühle sehr verbreitet:

In den Kalk- und Zementfabriken zum Feinmahlen von hydraulischem Kalk, Zementrohstoffen, Portlandzementklinkern, Schlacken, Kohlenstaub für Drehöfen.

In der mechanischen Erzaufbereitung, zur Herstellung von Erzschlamm bis zu einer Feinheit von Sieb Nr. 150 oder 200 vor der Verarbeitung durch Gleichfälligkeit oder Schwimmverfahren.

In der keramischen Industrie zum Zerkleinern und Mischen von Quarz, Silix, Feldspat usw.

In den Kalziumkarbidfabriken zum Zerkleinern und Mischen von Kalk und Koks.

Die Rohrmühle Bauart „Dana“ besteht aus einem langen Stahlrohr, das im Innern durch Belegen mit einer Ausmauerung aus Silix oder Quarzit ausgekleidet ist. Die Materialaufgabe findet durch eine sich drehende Schnecke im Hohlzapfen statt. Das Mahlgut wird der Mahlwirkung von Flintsteinen, mit welchen das Rohr gefüllt ist, unterworfen und tritt dann am andern Ende durch eine Reihe von Öffnungen, die mit Rosten versehen sind, gemahlen wieder aus. Die Roste sind dazu bestimmt, das Herausfallen der Flintsteine und Mahlgutstücke zu verhindern und sind auf den ganzen Umfang verteilt. Ein Auslauftrichter nimmt das fertig gemahlene Gut auf.

Jedoch wird der Austrag am Umfang nicht bei allen Rohrmühlen angewendet. Bei zahlreichen Ausführungen hat man einen doppelten Boden an der Austragseite eingebaut. Die erste Wand ist ganz oder teilweise auf der Oberfläche durchlocht. Entleerungsschaufeln führen das Mahlgut, welches durch diese erste Wand hindurchgefallen ist, in den Austraghohlzapfen. Dieser Hohlzapfen wird oft durch ein konisches Sieb mit groben Maschen verlängert. Dieses Sieb ist dazu bestimmt, Bruchstücke von Flintsteinen, die von der Füllung stammen und durch die Schlitze der durchlochten Wand mit hindurchgeschlüpft sind, zurückzuhalten. Diese Bruchstücke werden besonders entfernt.

Wenn die Austragschaufeln in der Schrägstellung einstellbar sind, hat man die verstellbare Austragsvorrichtung von Chalmers und Williams vor sich, die wir schon bei Gelegenheit der Kugelmühlen beschrieben haben.

Einzelteile der Bauausführung. Die Mahltrommel ist aus Stahlblech zusammengenietet oder geschweißt. Zuweilen besteht sie aus

mehreren Stücken, die dann an Ort und Stelle zusammengestellt werden, um die Beförderung in Ländern mit schwierigen Transportverhältnissen zu erleichtern.

Die Böden sind aus Gußeisen oder Stahlguß hergestellt, wenn die Mühle auf Stirnzapfen läuft. In diesem Falle werden die Zapfen als Hohlzapfen zur Beschickung oder Entleerung der Mahltrommel ausgebildet. Oft sind die Lager mit Kugelflächen versehen, um eine genaue Ausrichtung der Achse zu erleichtern.

Manchmal ist die Mahltrommel einfach auf Laufrollen gelagert. In diesem Falle können die Seitenwände aus Blech hergestellt werden mit einer Öffnung in der Mitte und einem feststehenden Einlaufrichter. Der Zugang zum Trommelinneren ist bequem, und die Böden können leicht abgenommen werden. Die Laufringe sind in folgender Weise eingerichtet: Ein aus mehreren Teilen bestehender Grundring aus Stahlguß ist auf der Blechmahltrommel starr befestigt. Darauf wird dieser Grundring mit der Trommel zusammen auf der Außenseite abgedreht und dann eine geschmiedete oder gegossene Stahlbandage straff aufgezogen. Diese Bandage ist nach Abnutzung auch auswechselbar. Die Rollbahn besteht aus vier, auf Achsen aufgekeilten Laufrädern, die in Ringschmierlagern laufen. Diese Lager sind auf einer gemeinschaftlichen Sohlplatte befestigt und gut mit dem Fundamentsockel verankert. In diesem Falle kann der Antrieb durch zwei Rollen erfolgen, welche die Mahltrommel durch Reibung mit sich ziehen.

Eine oft bevorzugte Anordnung besteht darin, daß man auf der Antriebsseite einen Hohlzapfen in der üblichen Weise anbringt, während man die andere Seite auf einem Laufwerk rollen läßt. Diese Anordnung erleichtert den Zugang zum Mahlraum und vermeidet einen zweiten Stahlgußboden. In der Abb. 140 ist eine Mahltrommel mit dieser Anordnung dargestellt.

Die Aufgabe erfolgt durch einen Löffelspeiser, wenn es sich um Naßmahlung handelt, oder um eine Schneckenaufgabe für trockene Rohstoffe. In allen Fällen findet sie in der Höhe der Trommelachse statt.

Der Auslauf findet, wie es bereits gesehen haben, entweder durch Schlitze, die im Umfang liegen (Ausführung Dana) oder durch im Boden liegende Schlitze mit Entleerungsschaufeln, die das Austragen des Mahlgutes durch die Mitte des Hohlzapfens ermöglichen, statt.

Die innere Auskleidung der Mahltrommel besteht sehr häufig aus einem Silex- oder Quarzitpflaster von 60 bis 100 mm Dicke, das mit einem Sonderzement vermauert wird.

Diese Auskleidung hat den großen Vorteil eines niedrigen Preises und einer außerordentlich großen Haltbarkeit (mehr als die doppelte Lebensdauer gegenüber einer solchen aus Manganstahl). Außerdem ist sie in allen den Fällen angebracht, wo das Mahlgut keine Metallspuren enthalten soll.

Aber sie hat auch verschiedene Nachteile: Das Anbringen derselben erfordert eine große Geschicklichkeit und verursacht einen Verlust an kostbarer Zeit. Es ist übrigens praktisch unmöglich, in einer Trommel von einem geringeren Durchmesser als 800 mm eine solche Auskleidung anzubringen. Das Ausmauern der Trommel mit dieser Auskleidung muß in mehreren Zeitabschnitten stattfinden. Zum Beispiel mauert man zuerst die untere Hälfte der Mahltrommel aus, dann muß man warten bis der Zement abgeunden ist. Die schnellste Abbindung

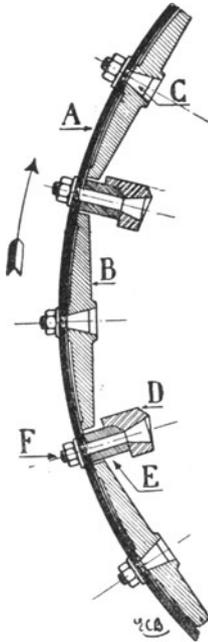


Abb. 141. Auskleidung „Komata“ für Mahltrommeln.

ist mit Zuhilfenahme von Dampftrocknung ungefähr in 8 Stunden und dann mit Luft während weiterer 8 Stunden zu erreichen. Dann läßt man die Trommel eine Vierteldrehung machen und verkleidet das dritte Viertel aus. Darauf erneute Trocknung mit Dampf und zuletzt mit Luft. Endlich erfolgt die Ausmauerung des letzten Viertels mit 12 Stunden Dampftrocknung und ebenso lange Zeit mit Luft. Erst dann kann die Flintsteinfüllung eingebracht werden.

Der zur Verwendung kommende Zement soll von bester Sorte sein (Schnellbinder mit einer kleinen Beigabe von Soda). Jeder Fehler bei der Ausmauerung oder schlechte Beschaffenheit des verwendeten Zements kann das Herausfallen eines Steines und den Einsturz der ganzen Ausmauerung zur Folge haben. Endlich ist zur gleichen Mahlfläche ein um die Dicke der Silexsteine größerer Durchmesser der Mahltrommel erforderlich.

In Hinblick auf diese Schwierigkeiten hat man in Amerika und in Europa Auskleidungen aus teurerem und weniger dauerhaftem Manganstahl, deren Befestigung aber leichter herzustellen ist, mit Erfolg ausprobiert. Jede Manganstahlplatte wird durch eine Schraube an ihrem Platze festgehalten, die durch die Mahltrommelwandung hindurchgeht. Wenn der Anschaffungspreis dieser Mahlplatten zu hoch war, hat man verschiedene gemischte Verfahren ausprobiert.

Die Auskleidung „Komata“ (Abb. 141) sieht Manganstahl für die am stärksten beanspruchten Teile vor.

Sie besteht aus Hartgußplatten *B*, die mit der Trommelwand *A* durch gefräste Schrauben *C* verbunden werden. Die Platten besitzen in der Mitte die größte Dicke, wo sich der Fall der Kugeln auswirkt. Diese vermindert sich bis zu den Kanten, welche durch die Rippen *D* geschützt werden. Diese Rippen haben den Zweck, das Gleiten der

Mahlkörper zu verhindern und die Höhe des Kaskadenfalles derselben zu vergrößern. Sie haben den größten Verschleiß und werden deshalb aus Manganstahl größter Härte hergestellt. Um aber an teurem Metall zu sparen, werden die Rippen aus zwei Stücken hergestellt: Eine Unterlage aus hartem Guß, die von einem Mantel aus Manganstahl *D* überdeckt wird. Eine Schraube *F* geht durch die beiden Stücke hindurch und verbindet sie mit der Mahltrommelwandung. Auf diese Weise wird der Verbrauch von teurem Sonderstahl auf ein Minimum zurückgeführt. Es genügt, die Stahlmäntel *D* der Rippen auszuwechseln, die bis zum vollständigen Verschleiß aufgebraucht werden können, und von Zeit zu Zeit die Hartgußplatten *B*.

Diese von dem Colorado Iron Works hergestellten Mahlplatten aus Hartguß haben recht gute Erfolge ergeben. Aber sie können augenscheinlich nur für eine etwas grobe Mahlung (Sieb Nr. 20 bis 60) passen; für Feinmahlung gehört eine glatte Auskleidung.

Eine andere viel verwendete Auskleidung ist „El Oro“-Auskleidung, die aus Stahlgußplatten mit hohen, parallelen Rippen mit trapezförmigem Querschnitt besteht. Ein Teil der Mahlkörper verkeilt sich zwischen den Rippen so, daß sich der Mahlvorgang nicht mehr auf den Platten vollzieht, sondern auf einer Unterlage von Flintsteinen, die an der Wand festgehalten werden und über welche die frei gebliebenen Flintsteine hinwegrollen. Sobald sich ein Mahlkörper von der Wand löst, nimmt sofort wieder ein anderer freigebliebener seinen Platz ein. Man nimmt an, daß der Verschleiß an Stahl auf ein Minimum zurückgeführt wird. Ebenso wie die Auskleidung „Komata“ paßt auch die „El Oro“ nicht für Feinmahlung.

Man hat auch eine zusammengesetzte Auskleidung ausprobiert, die aus einer gewöhnlichen Silexauspflasterung von 112 mm Dicke besteht, in welche trapezförmige Rippen von  $44 \times 50$  mm Querschnitt von sehr hartem Stahl eingelegt werden und welche die Länge der ganzen Mahltrommel einnehmen. Es sind 10 gleich weit voneinander entfernte Reihen, die mit Schrauben befestigt sind. Auch diese Versuchsergebnisse sind sehr zufriedenstellend ausgefallen.

Endlich rufen wir auch die Holzauskleidungen ins Gedächtnis zurück, die in einigen Goldbergwerken für die Schlammahlung von goldhaltigem Quarz ausprobiert wurden. Es wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Lebensdauer einer Holzauskleidung . . . . .	3 Tage
„ „ Manganstahlauskleidung . . . . .	15 Monate
„ „ Silexausmauerung . . . . .	36 „

Die Mahlkörper sind Flintsteine, verschiedene Kunststeine, Kugeln oder Zylinder aus Stahl.

Als Flintsteine verwendet man Seekieselsteine, die an der Küste

von Frankreich und Dänemark aufgesammelt werden. Diese Flintsteine sind sehr gleichmäßig geformt und ohne jede Spaltlinie. Sie werden mit der Hand an der Küste aufgelesen und nach Größe sortiert.

Ihr Gewicht für den Kubikmeter (die Hohlräume mit einbegriffen) schwankt zwischen 1400 bis 1750 kg.

Von den im Jahre 1918 nach den Vereinigten Staaten eingeführten Mengen an Silexsteinen kamen 7000 t aus Dänemark und 3000 t aus Frankreich.

Durch die außerordentlich hohen Kosten, die durch die Frachtauslagen während und nach dem Kriege entstanden, veranlaßt, suchte man in den Nichterzeugerländern die Flintsteine zu ersetzen.

In Mexiko und Südafrika hat man versucht, die Mahltrommeln mit den härtesten Erzstücken, die in der Gegend vorkamen, zu füllen. Man hat darin, mit Rücksicht auf die geringen Gestehungskosten, dennoch einen Vorteil finden können, trotz des ungeheuren Verbrauches.

In den Vereinigten Staaten hat man künstliche Mahlkörper „Manhattan Pebbles“ auf den Markt gebracht, die aus Onyx-Bruchstücken, deren scharfe Kanten mit einer Schmirgelschleifmaschine vorher abgerundet wurden, hergestellt waren. Die Ergebnisse sind günstiger gewesen, als die mit Meerflintsteinen. Aber es liegt wohl klar auf der Hand, daß diese Überlegenheit ganz relativ ist, was aber dem Umfang der amerikanischen Werkzeugausrüstung für die Herstellung und den hohen Frachten zuzuschreiben ist.

Nach den im Jahre 1913 in Deutschland für die Zementmahlung ausgeführten Versuchen ist festgestellt worden, daß Silex bedeutend wirtschaftlicher ist als Stahlkugeln, da er bei gleichen Ergebnissen weniger Kraft verbraucht. Trotz der hohen Preise für Sonderstähle ist der Verbrauch an Flintsteinen seit 1917 in Amerika in deutlich erkennbarer Abnahme begriffen, und die Amerikamer haben den Vorteil herausgefunden, die Silexauskleidungen und Silexfüllungen durch Metallauskleidungen und Metallfüllungen zu ersetzen.

Es sind nun verschiedene Formen von Metallmahlkörpern in Gebrauch. Wir führen folgende an:

Die sphärische Kugel, ähnlich derjenigen wie sie in den Kugelmühlen angewendet werden. Für die Feingrießmühlen verwendet man solche von kleineren Durchmessern, 20 bis 30 mm im Mittel, und stellt die verschiedenen Kugelgrößen in der gleichen Weise zusammen. Die Stahlkugel kann selbstverständlich nur verwendet werden, wenn die Auskleidung der Mahltrommel ebenfalls aus Metall hergestellt ist.

Runde Abschnitte oder Cylpebe sind von Rundstahlstäben von etwa 12 bis 15 mm Durchmesser in Stücken von 25 bis 30 mm Länge abgeschnitten. Dieser Mahlkörper ist vom Ingenieur Davidsen an-

gepriesen worden, und er scheint auch vorzügliche Ergebnisse für die ganz feine Mahlung erzielt zu haben.

Der „Concavex“ von Allis Chalmers ist eine Kugel aus besonderem Guß von 32 mm Durchmesser (1¼ Zoll) mit zwei konkaven Eindrücken (Abb. 142), die den Mahlkörpern gestatten, gegenseitig ineinanderzugreifen und die Mahlfäche ganz bedeutend zu erhöhen. Diese Kugeln werden ausschließlich von der bedeutenden Fabrik Allis Chalmers für ihre Feinrohr- und Verbundmühlen „Compeb mills“ verwendet.

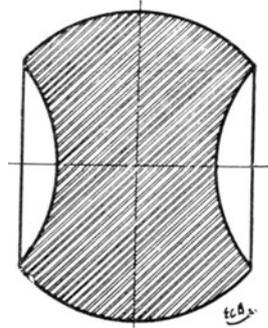


Abb. 142. Schnitt durch einen „Concavex“.

Die Helipebs oder Holpebs (Abb. 143) sind zylindrische Körper, die aus mehreren Windungen aus grobem, vierkantigem oder rundem Draht bestehen.

Die Füllung mit solchen Mahlkörpern soll einen Hohlraum von 40 bis 50% des Mahltrommelhohlraumes ausmachen.

Die Füllung mit Stahlkugeln kann bis auf 1/5 des Mahltrommelhohlraumes heruntergehen.

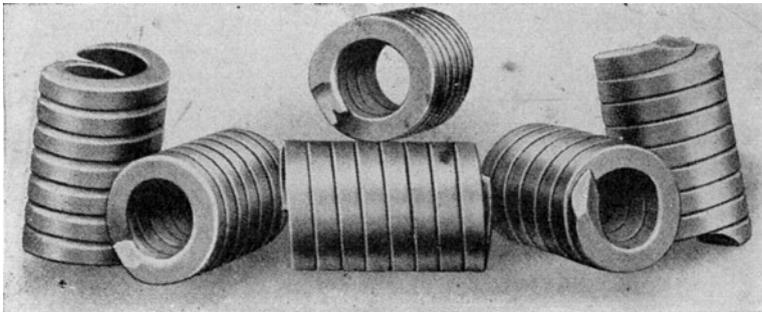


Abb. 143. Helipebs oder Holpebs.

Die allgemeine Regel ist, daß die Verminderung der Füllung die gewünschte Mahlfineinheit zum Schaden der entsprechenden Leistung vergrößert.

Der Durchmesser der Mahlkörper oder Kugeln ist eine Funktion der Feinheit des mit ihnen in Berührung kommenden Mahlgutes. In den gewöhnlichen Feinrohmühlen kann man als mittleren größten Durchmesser der Mahlkörper annehmen:

50	bis	70	mm	Durchmesser	für	Aufgabegut	in	der	Größe	von	1,5	mm
75	„	100	„	„	„	„	„	„	„	„	3	„
100	„	125	„	„	„	„	„	„	„	„	4,5	„
125	„	150	„	„	„	„	„	„	„	„	6	„

Nur die erste dieser Größenangaben liegt in dem üblichen Wirkungsbereich der Feinrohrmühlen.

Was den Stahlverbrauch anbetrifft, so beziehe man sich darauf, was über die Kugelmühlen gesagt worden ist.

Eine Rohrmühle „Dana“, die mit Silexauskleidung und Mahlkörpern arbeitet, verbraucht ungefähr 100 g Silex für die Tonne Drehofenzement. Die Lebensdauer der Auskleidung beträgt mehrere Jahre. Man hat es also mit einem sehr geringen Verschleiß zu tun.

Eine Feinrohrmühle, beschickt mit „Concavex“, hat einen Verschleiß von 161 g für die Tonne Zement ergeben, der mit einer Korngröße aufgegeben wurde:

20 % Rückstand auf Sieb Nr. 22,  
60 % „ „ „ „ 120.

Das fertige Mehl ließ nur

10 % auf Sieb Nr. 200 (5715 Maschen auf den cm<sup>2</sup>),  
2 % „ „ „ 120 (1866 „ „ „ cm<sup>2</sup>).

**Leistungsfähigkeit. Anwendung.** Die Feinrohrmühle kann mit irgendeiner Korngröße gespeist werden, die eine Funktion ihres Durchmessers und ihrer Kugelgröße ist. Aber die Vermahlung kann in einer einzigen Mühle nicht von der Korngröße von 20 bis 50 mm, so wie sie vom Steinbrecher kommt, bis auf Sieb Nr. 200 wirtschaftlich betrieben werden, es sei denn mit einer Verbundmühle, die wir nun im folgenden Abschnitt besprechen wollen.

Im allgemeinen sind zwei Maschinen erforderlich. Eine Vorzerkleinerung (Schroten) liegt in den Eigenschaften der Kugelmühle oder Vorgrießmühle, oder auch zuweilen in der Ringmühle (Kent, Maxecon, Sturtevant usw., wie im neunten Kapitel beschrieben). Die Aufgabe der Feinrohrmühle ist, das Mahlgut in einer Feinheit von Sieb Nr. 20 bis 30 aufzunehmen und bis zu einer bestimmten Feinheit zu mahlen, welche fast keine Rückstände auf den Sieben Nr. 150, 200 und bis Nr. 300 zurückläßt. Man soll an die Feinrohrmühle keine höhere Forderung stellen, als sie mit einem Aufgabegut von höchstens Sieb Nr. 14 zu speisen; denn dann kann man die übergroßen Mehlfeinheiten auf wirtschaftliche Weise nicht erzielen.

Allgemein wird die Feinrohrmühle in Verbindung mit einer Kugelmühle oder Vorgrießmühle arbeiten, zuweilen auch mit einer Ringmühle (Mahlen von Phosphaten, Zement).

Die Feingrießmühle kann trocken oder auch mit Wasserezusatz mahlen. Die Trockenmahlung ist geboten bei Zement, Kohle, Phosphaten, usw. Wenn die Konstanten der Mühle einmal eingestellt sind, wie: Umdrehungsgeschwindigkeit, die Mahlkörperfüllung, Aufgabegeschwindigkeit usw. wird auch das erhaltene Mehl ebenfalls gleichmäßig

und mit gewünschter, gleichartiger Feinheit ohne irgendeine andere Kontrolle als die der Laboratoriumsproben sein.

Die Vermahlung auf trockenem Wege ist mit einer Staubentwicklung verbunden. Der Umlauf des Mahlgutes darf sich nur in staubdichten Umhüllungen vollziehen, und es muß eine Entstaubung am Mehlaustritt vorgesehen werden.

Die Naßmahlung mit 35 bis 40% Wassergehalt ist jedenfalls möglichst vorteilhaft. Sie vermeidet den Staubaustritt und sichert eine günstigere Mahlleistung mit geringerem Kraftverbrauch.

Bei der Aufbereitung der Erze und bei der Vermahlung der Rohstoffe für die Zementherstellung arbeitet man meistens auf nassem Wege.

Wir geben hierunter eine Zahlentafel 44, welche die erforderlichen Angaben und Leistungsfähigkeit der Feinrohmühlen von guter Bauausführung enthält.

Diese Zahlentafel bezieht sich auf Rohrmühlen mit Ausmauerung und Füllung aus Silex (Flintsteinen). Für die Mühlen mit Metallauskleidung muß man in Rechnung ziehen, daß bei gleichen Abmessungen der Mahltrommel die Auskleidung  $1\frac{1}{2}$  mal und die normale Füllung etwa 2 mal so schwer ist. Die Bauausführung der Mahltrommel muß dann entsprechend verstärkt werden, um dieser Zusatzbeanspruchung widerstehen zu können. Das Gewicht wird dann um ungefähr 20% erhöht werden.

Die Leistung und der Kraftverbrauch bleiben unter sich in gleichem Verhältnis, aber sie sind um 60 bis 80% höher als die Zahlenangaben, welche den Silexmühlen entsprechen.

Zusammengefaßt nimmt eine Mühle mit Metallfüllung weniger Raum ein und wiegt bei der gleichen Leistung weniger schwer als eine Mühle mit Silexmauerung.

## V. Verbundmühlen.

Wir haben gesehen, daß für eine Vermahlung von Zementrohmaterial von einer Korngröße an, wie sie aus dem Brechmaul des Steinbrechers fällt, bis zu einer Feinheit, die zum wenigsten 15% Rückstand auf dem Sieb von 4900 Maschen auf dem Quadratcentimeter entspricht und für die Rohmischung verlangt wird, desgleichen für die Vermahlung von Klinkern oder gesinterten Brocken von gebranntem Zement auf Zementfeinheit und allgemein für die Vermahlung aller Rohstoffe von 0,5 mm Korngröße bis auf diejenige Mehlfeinheit, die wenig oder gar keine Rückstände auf dem Sieb Nr. 200 läßt, zwei Maschinen erforderlich sind: eine Kugelmühle oder eine Ringmühle, welche die Vorzerkleinerung bis Sieb Nr. 20 oder 25 besorgen, und eine Feinmühle, die fast immer eine Rohrmühle ist, welche das

Zahlentafel 44. Feinrohrmühlen C. I. M. mit Silex- oder Quarzitausmauerung.

Nummer der Maschine		1	2	3	4	5
Innerer Durchmesser der Mahltrommel . . . . .	mm	1000	1200	1400	1600	1800
Länge der Mahltrommel . . . . .	m	4—6	5—8	5—8	5—8	5—8
Abmessungen der Riemenscheiben {	Durchmesser . . . . . mm	1200	1500	1500	2000	2400
	Breite . . . . . "	240	260	260	300	350
Umdrehungen { der Riemenscheibe . . . . .	"	200	175	175	160	145
	der Mahltrommel . . . . .	34	32	30	27	24
Erforderliche Betriebskraft . . . . .	HP	18—30	25—40	30—48	50—70	80—110
Raumbedarf {	Länge <sup>1)</sup> . . . . . mm	l + 3600	l + 3700	l + 3700	l + 4000	l + 5000
	Breite . . . . . "	2300	2500	3000	3500	4000
	Höhe . . . . . "	1700	1900	2260	2600	3000
Mittlere stündliche Leistung, je nach Mahltrommellänge und gewünschter Mehreinheit . . . . .	kg	1200—2500	1800—2600	3200—4800	4000—6800	6000—10000
Gewicht eines Kopf- und Auslaufteiles, einschließlich Antrieb . . . . .	kg	4250	4650	5400	6500	7800
Gewicht, mittleres, für einen Meter Mahltrommellänge mit Ausmauerung . . . . .	kg	850	1150	1450	2050	3000
Gewicht einer Mahlkörperfüllung für 1 m Länge . . . . .	kg	450	600	800	1100	1350
Gewicht einer Mahltrommel von 5 m Länge mit Ausmauerung und Mahlkörperfüllung . . . . .	kg	10750	13400	16650	21750	29550

<sup>1)</sup> l = nutzbare Länge der Mahltrommel.

Mahlgut vom Auslauf des Vorschroters aufnimmt und bis zur gewünschten Feinheit bringt.

Dieses Erfordernis von zwei Maschinen ist nicht ohne Nachteil. Einesteils muß die Anlage in zwei Etagen aufgestellt werden, der Vorschroter über der Feinmühle, oder man zieht es vor, ein Zwischenbecherwerk aufzustellen.

Jede Mahlgruppe ist eine Fabrikanlage für sich, die Fundamente und ein großes Gebäude erfordert.

Man begreift dann den Vorteil einer einzigen Maschine, die das Rohmahlgut am Auslauf des Steinbrechers oder vom Drehofen weg aufnimmt und es in einem Durchgang zur größten gewünschten Feinheit mahlt ohne Zuhilfenahme einer Hilfsmaschine, mit geringster Raumbeanspruchung und einem einzigen Antrieb.

Eine erste Verwirklichung dieser Idee war eine Doppelrohmühle von Krupp-Grusonwerk, bei welcher zwei Mahltrommeln parallel übereinander angeordnet sind (Abb. 144).

Die obere Trommel dient als Vorschroter und die untere als Feinmühle. Das in grob vorgebrochenen Stücken (Sieb Nr. 4 oder Nr. 6) aufgegebene Mahlgut geht zuerst in die erste mit Stahlkugeln gefüllte Mahltrommel und fällt dann in die zweite mit Flintsteinen gefüllte Mahltrommel. Die Mahltrommeln der großen Mühlen liegen nebeneinander, und der Übergang des Mahlgutes von der einen Trommel zur anderen wird durch eine schräg liegende Schnecke besorgt.

In allen Fällen haben sie einen gemeinschaftlichen Antrieb, der durch Zahnräderübersetzung von einer Mühle zur anderen übertragen wird.

Die Doppelrohmühlen werden in Größen von 600 bis 1100 mm Durchmesser gebaut. Sie eignen sich nur für Mahlgut in Form von Grießen oder Körnern, die eine Größe von einer Erbse nicht überschreiten sollen. Ihr Verwendungsgebiet ist deshalb sehr beschränkt.

Die wirkliche Lösung dieser Frage ist erst durch die Verbund- oder Compoundmühle verwirklicht worden, indem in derselben Mahltrommel der Vorschroter und die Feinmühle, nur durch eine Siebzweischenwand getrennt, vereinigt wurden.

Die Verbundmühle ist noch vor keiner allzulangen Zeit auf dem Markte erschienen. In Wirklichkeit kennt man schon lange Trommelmühlen mit Kammern, aber das Prinzip der Verbundmühle selbst ist neu. Gegen das Jahr 1900 nahm Polysius seine ersten Patente auf die Verbundmühle, aber sie haben tatsächlich erst seit 1909 in der Industrie Verbreitung gefunden mit dem Erscheinen der Compoundmühle „Molitor“ von Herm. Löhnert, Bromberg.

Die Verbundmühle hat ihren berechtigten Erfolg gehabt. Sie ist fast die einzige Mühle, die heute in den großen Zementfabriken ver-

wendet wird, sei es zum Vermahlen der Rohstoffe auf trockenem oder nassem Wege, oder sei es zum Mahlen von Schacht- oder Drehofenklinkern.

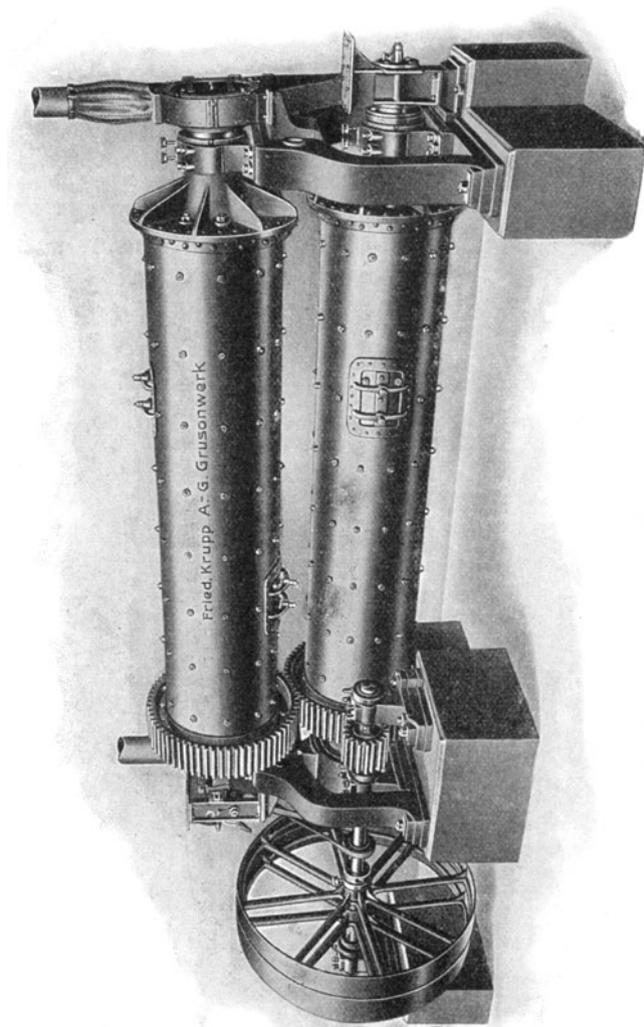


Abb. 144. Doppelrohrmühle (Fried. Krupp-Grusonwerk).

Die Verbundmühle besteht aus einer sich drehenden Mahltrommel, die mit den bekannten Mitteln angetrieben wird, aber in zwei oder mehrere Räume durch besondere Zwischensiebwände getrennt ist.

Der erste Raum ist kurz gehalten und dient zum Vorschroten.

Dieser ist mit Stahlplatten ausgekleidet und mit Stahlkugeln gefüllt. Das Rohgut wird in der mittleren Größe eines Hühnereies durch eine Schnecke aufgegeben oder durch einen Stoßschuhspeiser zugeführt. Sobald das Mahlgut eine gewisse Korngröße erreicht hat, tritt es in den zweiten Mahlraum oder den Fertigmahlraum. Dieser ist länger und mit Silex ausgemauert oder mit Stahlplatten ausgekleidet und mit Flintsteinen, Stahlkugeln oder besonderen Metallmahlkörpern gefüllt. Der Austrag des zur gewünschten Feinheit gemahlene Gutes vollzieht sich wie bei den Feinmühlen durch den Hohlzapfen oder am Umfang.

Der Kernpunkt dieses Mahlvorganges beruht in der Durchgangsvorrichtung von der einen Mahlkammer in die andere. Wir können nur wenig Einzelheiten über diesen Gegenstand berichten, denn die Verbundmühle ist eine Maschine neuester Bauart, und die Fabrikanten schätzen es nicht, ihre Sonderausführungen bekannt werden zu lassen.

Bei der Verbundmühle Bauart „C.I.M.“, von der wir in der Abb. 145 einen Schnitt wiedergeben, tritt das in der ersten Mahlkammer verzerkleinerte Mahlgut durch Öffnungen, die zwischen den Mahlplatten liegen, an die Außenseite der Mahlkammer.

Dann fällt es durch ein Rundsieb, welches die Mühle umgibt. Das Feine geht durch dieses Sieb, während die Rückstände an der anderen Seite des Siebes gesammelt und durch Kanäle wieder in die Mühle zurückgeführt werden, um nach nochmaliger Vermahlung denselben Kreislauf zu wiederholen. Wie man aus der Abbildung ersehen kann, liegen die Öffnungen an der Außenseite des Vormahlraumes so, daß die Rückstände einen entgegengesetzten Weg durchlaufen, als derjenige ist, den das von der Aufgabe kommende Aufgabegut zurücklegt. Der Weg, den die Rückstände mit dem Aufgabegut zusammen zurücklegen, ist aber lang genug, um eine vollständige Vermahlung herbeizuführen.

Das Feine, das durch das Rundsieb gegangen ist, fällt in ein mit Führungswinkeleisen versehenes Blechgehäuse, mit deren Hilfe das Mahlgut Förderflügeln zugeführt wird. Diese lassen dasselbe durch eine Öffnung in der Mitte der Zwischenwand in die Feinmahlkammer fallen. Vom Auslauf der Feinmahlkammer aus geht das Mehl durch ein mitlaufendes Sieb, das dazu bestimmt ist, die Silexbruchstücke, die sich etwa unter das Mehl gemischt haben könnten, aufzuhalten und auszuscheiden.

Bei der Verbundmühle „Molitor“, sowie bei vielen anderen, die nach dieser nur wenig verschiedenen Bauart ausgeführt sind, findet der Durchgang des vorgemahlene Gutes gerade gegenüber dem Einlauf der Vormahlkammer statt. Der Rücklauf der Rückstände vollzieht

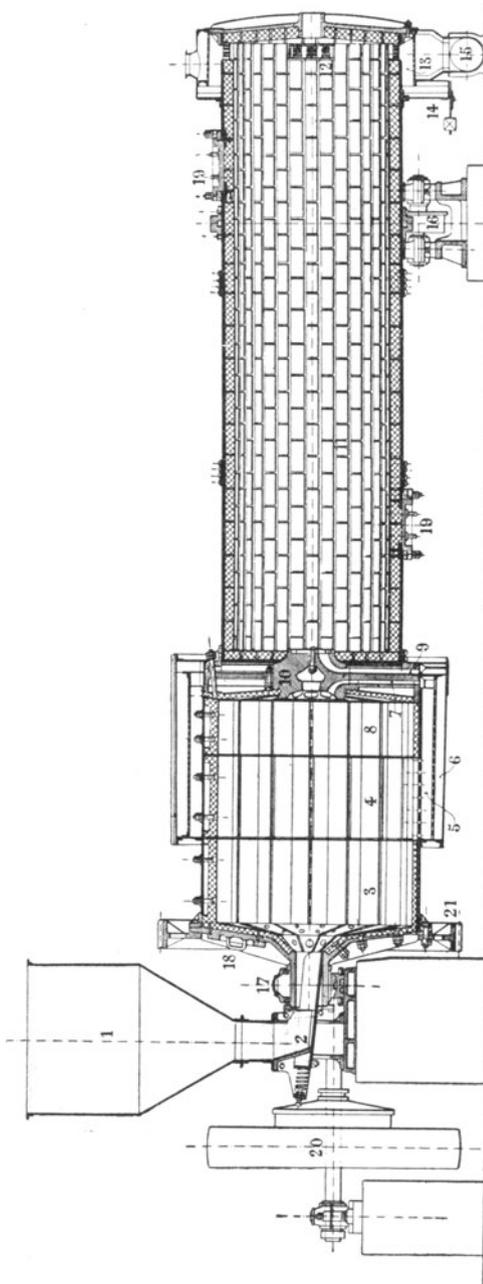


Abb. 145. Verbundmühle Bauart „C.I.M.“.

sich durch besondere Mahlplatten an einem Punkte in der Nähe der Mitte der Zwischenwand, die der Einlaufseite der Vormahlkammer gegenüberliegt. Die Verbundmühle „Molitor“ ist an der Aufgabeseite auf einen Hohlzapfen gelagert, durch welchen die Beschickung erfolgt, auf der Austragseite dagegen auf einer Rollenlagerung. Die Mahltrommel aus Blech hat über die ganze Länge den gleichen Durchmesser.

Die „Molitor“-Mühle ist von der Fabrik Hermann Löhnert in Bromberg geschaffen worden. Mehrere französische und deutsche Fabriken haben ähnliche Ausführungen, bis auf einige Einzelteilen ausgenommen, gebaut. Die nachstehende Zahlentafel 45 gibt die Maße und Gewichte von sechs Rohrmühlengrößen an, die von diesen Fabrikanten ausgeführt werden.

Beiden Verbundmühlen für die Naßmahlung (Zementrohmaterial) hat die Vormahlkammer oft einen größeren Durchmesser als der Feinmahlraum, und die Zwischenrichtung findet im Innern der Mahltrommel statt.

Zahlentafel 45. Abmessungen und Gewichte der Verbundmühlen „Molitor“.

Modell Nr.	1	2	3	4	5	6
Mahltrommel-Durchm. mm	1150	1300	1500	1650	1800	1800
Mahltrommel-Länge . . .	8200	8200	8200	8200	8200	10000
Innere Länge der Vormahlkammer . . . . . mm	2775	2775	2775	2775	2775	3260
Innere Länge der Feinmahlkammer . . . . . mm	5010	5010	5010	5010	5010	6310
Umdrehungszahlen i. d. M. der Trommel . . . . .	32	28	27	25	24	24
Umdrehungszahlen i. d. Min. der Antriebscheibe . . .	160	160	160	160	160	160
Durchmesser der Antriebscheibe . . . . . mm	2000	2200	2200	2400	2400	2500
Breite der Antriebscheibe mm	320	390	390	390	390	450
Gewicht eines Satzes Stahlkugeln . . . . . t	3,2-4	4-5	6,5-8	8-9,5	8,5-11	10-13
Gewicht eines Satzes Flintsteine . . . . . t	3,5	4,5	5,5	7	8,5	10
Erforderliche Betriebskraft, je nach der Kugelfüllung . . . . . HP	60-70	75-90	120-135	150-175	175-215	230-260
Gewicht der vollständigen Mühle ohne Kugel- oder Flintsteinfüllung . . . t	22,5	28	33	35,5	41,5	48,5

Die Verbundmühle von Krupp, (Abb. 146) besitzt keine äußeren Siebe auf der Trommel. Der Durchgang von einem Mahlraum nach dem anderen vollzieht sich mit Hilfe besonderer Kanäle, die unter den Mahlplatten liegen. Diese Zwischenwand hat den Vorteil, daß man sie leicht von einer Stelle der Mahltrommellänge auf eine andere verlegen kann, so daß das Längenverhältnis der beiden Mahlkammern beliebig verändert werden kann.

Eine Verbundmühle von 1800 mm Durchmesser und 12 m Länge hat folgende Leistungen ergeben: 9000 kg in der Stunde an Drehofenzement und 13000 kg in der Stunde an Schachtofenzement bei einer Feinheit von 6% Rückstand auf dem Sieb 4900 Maschen auf den Quadratcentimeter. Der Antrieb erfolgt durch einen direkt gekuppelten langsam laufenden Elektromotoren von 330 HP.

Vor kurzem hat das Krupp-Grusonwerk eine neue Antriebsart, den „Centraantrieb“, für Verbundmühlen auf den Markt gebracht (Abb. 147): Die Mahltrommel wird in der Mitte der Austragskopfwand durch eine bewegliche Kuppelstange, die durch ein eingekapseltes, im Ölbad laufendes, doppeltes Zahnradgetriebe in Bewegung gesetzt wird, angetrieben. Der Antrieb erfolgt ebenfalls durch einen direkt gekuppelten Elektromotor mit normaler Umdrehungszahl.

Diese Bauart hat den Vorzug, daß alle Antriebsteile der Mühle in

einen staubfreien Nebenraum gelegt werden können, der Verschleiß der im Ölbad laufenden Zahnräder auf ein Minimum herabgesetzt und an Betriebskraft gespart wird. Ferner kann jeder normale Elektromotor zum Antrieb Verwendung finden.

Die steigenden Anforderungen, die an die Güte des Zements gestellt werden, stellen auch höhere Anforderungen an die Mühlen. Die Festigkeit des Zements nimmt in gewissem Grade mit der Mehlfeinheit zu

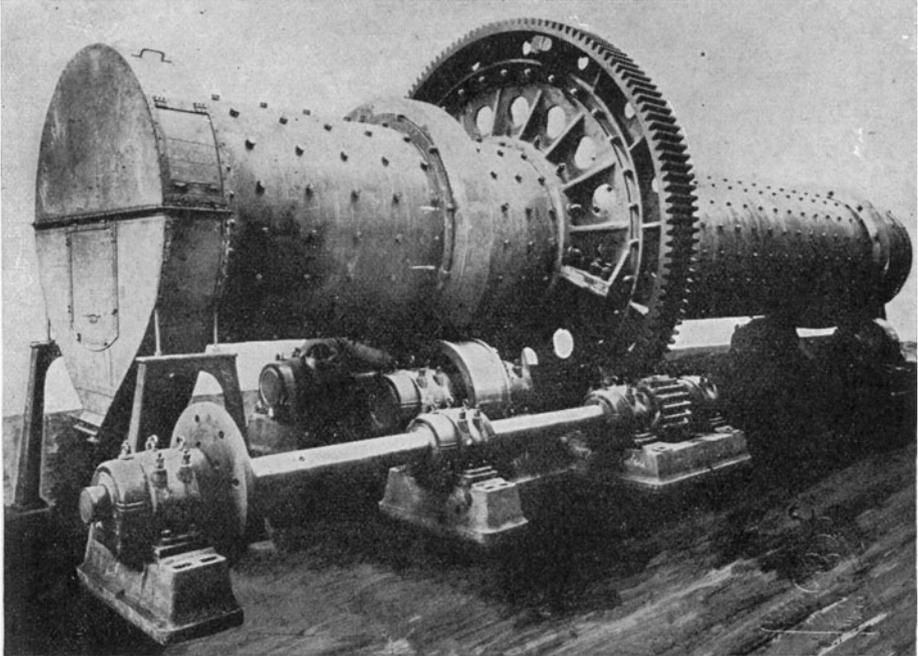


Abb. 146. Verbundmühle von Krupp-Grusonwerk.

und werden deshalb für Qualitätszemente Feinheiten bis 1% Rückstand auf dem 4900-Maschensieb verlangt.

Zu diesem Zwecke hat das Krupp-Grusonwerk Sonderausführungen der Verbundmühlen gebaut. Um eine Leistung von 18000 kg Zement von dieser Mehlfeinheit in der Stunde zu erzielen, wird eine Mehrkammer-Verbundmühle von 2000 mm Durchmesser und 13 m Länge mit etwa 35000 kg Mahlkörperfüllung zum Vormahlen aufgestellt und zum Feinmahlen eine Mehrkammer-Feinmühle von 2000 mm Durchmesser und 18 m Länge mit etwa 60000 kg Mahlkörperfüllung. Der Kraftbedarf der Vormühle beträgt etwa 400 bis 500 HP, und der Kraftbedarf der Feinmühle etwa 600 bis 700 HP. Das dürften wohl die

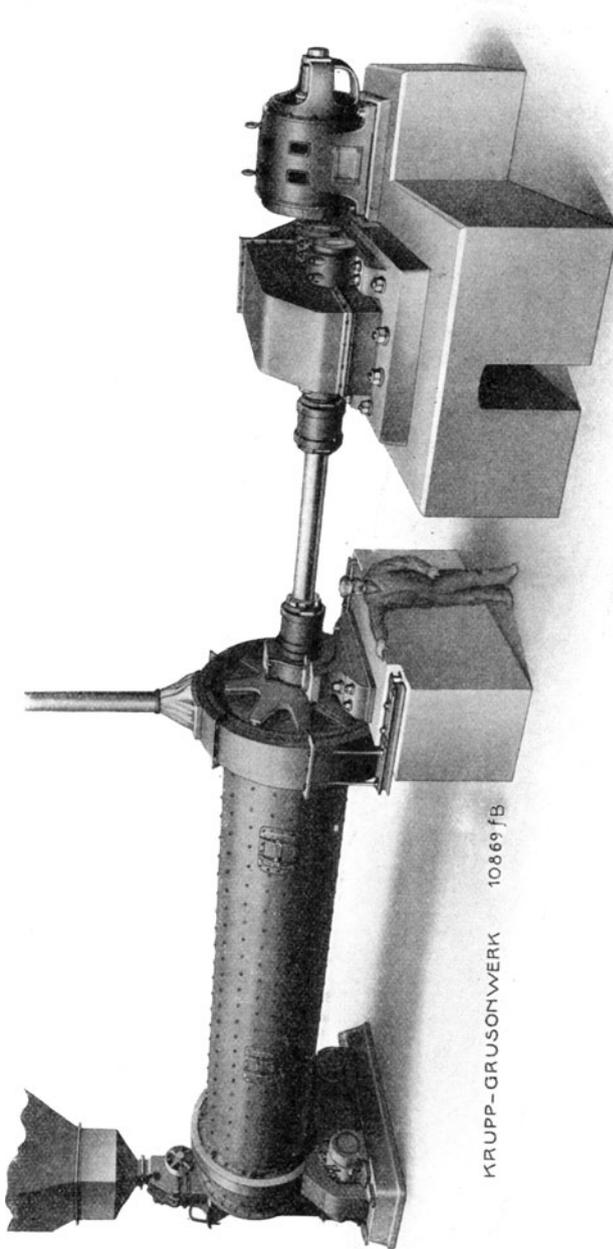


Abb. 147. Centramühle vom Friedr. Krupp-Grusonwerk.

größten Verbundmühlen sein, die bisher ausgeführt wurden. Sie zeigen, welche gewaltige Abmessungen der Maschinen erforderlich sind, um so große Mehlfineinheiten zu erzeugen.

Die Mühle „Centaure compound“ von Ch. Candlot, dargestellt in der Abb. 148, besteht ebenfalls aus einer Mahltrommel von gleichem Durchmesser auf die ganze Länge der Mahltrommel.

Nachdem das Mahlgut der Wirkung der Kugeln in der Vorkammer ausgesetzt war, schlüpft es durch konische Roste, die durch ein in der Mitte angebrachtes Schild geschützt werden (Siehe S. 278 Vormühle „Centaure“ Abb. 128). Die Absiebung des Mahlgutes, das durch die Roste gegangen ist, vollzieht sich über Segmente, die zu je zwei verbunden sind und sich von außen her herausnehmen lassen. Die nachfolgenden Siebe vervollständigen die Wirkung der Hauptsiebe. Alle

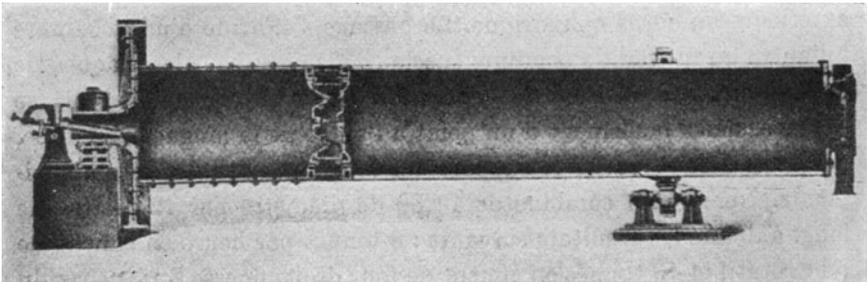


Abb. 148. Centaure-Verbundmühle von Ch. Candlot.

Siebe arbeiten mit geringer Geschwindigkeit, also unter günstigen Verhältnissen. Die Zentrifugalkraft behindert kaum die Absiebung und klemmen sich keine Stückchen in den Schlitzten der Roste fest. Die Grieße werden nach der Feinmahlkammer durch geeignet geformte Schöpfer geleitet. Die Rückstände kehren in die Vormahlkammer zurück und treten am Umfang aus. Sie steigen dann wieder bis zur Mitte hinauf, indem sie durch eigenartig geformte Bodenplatten einer kräftigen Zerkleinerung unterworfen werden. Die Austrittsöffnung des Feinmahlraumes steht mit einem Sauglüfter in Verbindung. Der Unterdruck setzt sich unmittelbar bis zur Vormahlkammer fort und stellt die Verbindung der Siebkammer mit dem Feinmahlraum her.

Die Centaure-Compoundmühlen werden in verschiedenen Größen gebaut, entsprechend der stündlichen Leistungsfähigkeit von 3000 bis 10000 kg für die einzelne Maschine.

Die „Solo“-Verbundmühle von G. Polysius besteht aus einer geschweißten Blechtrommel, die mit mit auswechselbaren Stahlbandagen versehenen Laufringen ausgerüstet ist. Jeder Laufring ruht auf zwei Stahlgußlaufrollen, deren Wellen in Rollenlagern mit Ringschmierung laufen.

Der Antrieb der Maschine erfolgt mit Stahlgußstirnrädern und einer mit Reibungskuppelung versehenen Festscheibe.

Die Böden sind aus Stahlblech, leicht auseinandernehmbar hergestellt, wodurch der Zugang zu der Mahltrommel erleichtert wird. Der Umlauf des Mahlgutes vollzieht sich im Innern der Solomühle in gleicher Weise, wie in der „Cementor“-Mühle des gleichen Fabrikanten (siehe S. 272, Abb. 124 u. 125), außer demjenigen Feinmehl, das bereits durch den Rost gegangen ist. Dieses wird durch eine mit Leitschaufeln versehene Blechumhüllung in die Feinmahlkammer geleitet.

Die „Compeb“-Mühle von Allis Chalmers wird durch eine besondere Zwischenwand in zwei sinnreich gebaute Mahlkammern getrennt, welchen eine zweite Wand

von kleinerem Durchmesser vorgebaut ist. Diese Wand ist mit gelochten Platten verkleidet. Schneckenförmige Rippen, die hinter diesen rostartigen Platten liegen, leiten das vorzerkleinerte Mahlgut gegen eine

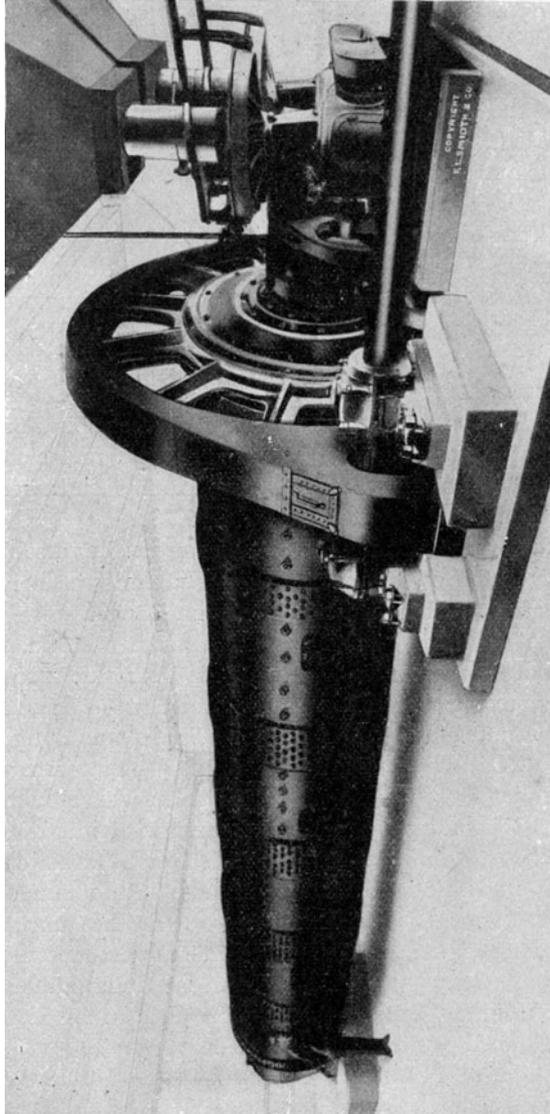


Abb. 149. „Unitdam“-Mühle von F. L. Smith, Kopenhagen.

Siebwand, in deren Innern Schöpfarme es wieder nach der Mitte hinaufbefördern.

Die kurze Mahlkammer an der Einlaufseite ist mit Stahlkugeln von 65 bis 125 mm Durchmesser gefüllt und mahlt das aufgegebene Rohgut von 25, 50 oder 75 mm Korngröße auf die Feinheit von Sieb Nr. 20. Der hintere Teil dieser Mahlkammer trägt durchlochte Platten, durch die das feine Mahlgut hindurchtritt. Die Feinmahlkammer ist mit kleinen Mahlkörpern von annähernd 30 mm Durchmesser, unter dem Namen „Concavex“ (siehe Abschnitt D Abb. 142) bekannt, gefüllt. Die Auskleidung ist vollständig aus Metall hergestellt. Die Beschickung erfolgt durch eine Schneckenauflage oder durch ein Aufgaberohr. Dieses letztere ist eine Abart des „scop feeders“ und wird hauptsächlich bei Kugel- und Rohrmühlen angewendet.

Die „Compeb“-Mühle für Naßmahlung (Dickeschlammverfahren) läßt den Schlamm nach dem Durchgang durch die Vormahlkammer austreten. Dieser Schlamm fließt in einen Behälter mit gleichbleibendem Schlammniveau, aus welchem er durch spiralförmige Kanäle, welche um die Trommel herum angeordnet sind und sich mit ihr zusammen drehen, entnommen wird. Diese Kanäle enden im Innern der Feinmahlkammer.

Auch diese „Compeb“-Mühlen werden in verschiedenen Größen ausgeführt, und zwar von 1100 mm Durchmesser bei 4500 mm Länge bis 2440 mm Durchmesser und 7900 mm Länge.

Die bedeutende Fabrik F. L. Smith and Co. in Kopenhagen, die bis in die letzten Jahre hinein für die Vorzerkleinerung und Feinmahlung zwei verschiedene Mühlen angeboten hat — ihren Kominor mit Stahlkugeln und Fastasieben für die Trockenmahlung und ihre Feinrohrmühle „Dana“ mit Flintsteinfüllung —, hat eine neue Verbundmühle „Unidam“ geschaffen, die alle letzten Vervollkommnungen vereinigt. Diese Rohrmühle ist patentiert und wird mit dem Namen „Danula“ bezeichnet. Sie beseitigt die Siebe und arbeitet wirtschaftlich mit Kugel- und Flintsteinfüllungen in den Mahlkammern und in einer Mahltrommel von gleichem Durchmesser. Sie hat übrigens den Vorteil, auf Zapfen zu ruhen, die in Ringschmierlagern laufen und einen viel langsameren Gang als alle anderen Verbundmühlenbauarten besitzen. Die „Unidam“-Mühlen werden in Größen bis 2000 mm Durchmesser und 13 m Länge ausgeführt.

Die Abb. 149 stellt eine „Unidam“-Mühle von beachtenswerten Ausmaßen dar.

Die Verbundmühle der Bauart Mannstaedt enthält drei Mahlkammern. Die zweite erhält nur die Rückstände von dem Kontrollsieb, das am Austritt der ersten Mahlkammer eingebaut ist, während das Feine unmittelbar in die Feinmahlkammer geht.

Wir erwähnen endlich die „Triplex“-Mühle von Davidsen, die drei Mahlkammern besitzt, welche mit Stahlkugeln, Flintsteinen und „Cylpebsen“ gefüllt sind. Diese letzteren werden hauptsächlich für die Feinmahlung verwendet.

Nachstehend geben wir nun noch einige Leistungsangaben für die Pferdekraftstunde für die Verbundmühlen an.

25 bis 30 kg im Rotierofen erbrannter Zement mit 18%	} Rückstand auf dem Sieb von 4900 Maschen auf den Quadratzen- timeter.
22 „ 25 „ „ „ „ „ „ 15%	
20 „ 22 „ einer Mischung von Rotierofenzement mit Hochofenschlacke . . . . . 10—12%	
30 „ 38 „ im Schachtofen erbrannter Zement . 14%	
25 „ 30 „ Kohle . . . . . 8—10%	

Ebenso kann eine Rohrmühle Nr. 5 (Zahlentafel 45) von 1800 mm Durchmesser und 8200 mm Länge 5000 bis 6000 kg/Std. Drehofenklinker mit einem Kraftverbrauch von etwa 200 HP mahlen.

Eine Compebmühle von Allis Chalmers von 2100 mm Durchmesser und 7900 mm Länge kann stündlich 21 500 bis 24 000 kg Zementrohmaterial, und 12 000 bis 13 000 kg Drehofenzement bei einer Feinheit von 15% Rückstand auf dem Sieb von 4900 Maschen auf dem Quadratzentimeter mit einem mittleren Kraftverbrauch von 440 HP (Synchro-motor von 450 HP) erzeugen.

Im ganzen genommen, ist die Verbundmühle eine sehr beliebte Maschine, die wenig Kraft braucht, besonders wenn man sie mit Elektromotoren unmittelbar antreibt. Sie bedarf nur ein einfaches Fundament, das lediglich aus zwei Sockeln besteht, und kann in einem einfachen Schuppen untergebracht werden.

Sie entwickelt eine große Zerkleinerungsarbeit und ergibt ein feines Endprodukt ohne Zuhilfenahme eines Kontrollapparates, Siebes oder Sichters, die ihrerseits wieder Becherwerke oder Zwischenfördervorrichtungen erfordern.

Sie besitzt ferner eine große Betriebssicherheit, und der Verschleiß erstreckt sich hauptsächlich auf leicht auswechselbare Kugeln und Flintsteine, die man während des Betriebes nachfüllen kann, und die innere Auskleidung. Die Unterhaltung der Maschinenteile ist sehr gering, und alle Lager haben Ringschmierung oder Schmierung mit konsistentem Fett. Die einzige Quelle von Unannehmlichkeiten liegt in den Sieben oder Rosten, welche die Sortierung am Austritt der Vor-mühle besorgen. Diese Vorrichtungen, welche bei neuzeitigen Maschinen angewendet werden, sind kräftig und sehr einfach gebaut und gewähren eine große Betriebssicherheit.

Der Erfolg der Verbundmühlen ist in Amerika ebenso bedeutend wie in Europa. Sie ist sicher die verbreitetste Maschine für die Ver-

mahlung von trockenen und nassen Rohstoffen in der Zementindustrie der ganzen Welt.

Wir wollen aber dieses Kapitel nicht schließen, ohne ein Wort über einige neuere Versuche mit Rücksicht auf die Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Verbundmühlen zu sagen.

Bei der „Gallia“-Verbundmühle hat Arthur Anker versucht den Grundsatz des beständigen Umlaufes, den er schon mit Erfolg bei anderen Mühlenarten angewendet hatte, auch hier einzuführen. Diese Maschine bedarf weder Siebe noch Roste. Die Zwischensichtung wird durch Windsichtung erreicht.

Die beiden Mahlkammern zum Vorschroten und Feinmahlen sind vollständig getrennt. Der Vormahlraum ist wie bei der Galliamühle eingerichtet mit Mahlplatten mit beiderseitiger Mahlfläche und mit Stahlkugeln gefüllt. Das durch den Hohlzapfen aufgegebene Mahlgut durchläuft die Mahlkammer und wird auf die ganze Länge der Mahlwirkung der Kugeln unterworfen. Dann tritt es durch die diese Vormahlkammer abschließende Zwischenwand und verläßt die Mahltrommel durch in der Wand angebrachte Öffnungen.

Ein Becherwerk hebt das vorgeschrotete Mahlgut in den Windsichter, der das genügend Feine abzieht und nach der Absackung schickt, während die Rückstände durch den Zapfen an der Feinmahlkammer in die Mühle zurückkehren. Diese Feinmahlkammer ist zweimal so lang als die Vormahlkammer und ist mit geeigneten Mahlkörpern gefüllt. Das Mahlgut durchläuft die ganze Kammerlänge und verläßt die Mahltrommel in der Nähe der Austrittszone des vorgeschroteten Mahlgutes (Hartmühle Pfeiffer).

So ist die Betriebsweise des ständigen Umlaufs der Galliamühle in dieser Maschine beibehalten worden. Andererseits erhält die Feinmahlkammer nur die vom Feinmehl befreiten Rückstände.

Die Mahltrommel selbst ist sehr einfach eingerichtet, weil sie weder Roste noch Siebe enthält.

Eine Neuerung anderer Art wird durch die „Kennedy“-Rohrmühle mit Luftabzug dargestellt. Die Abb. 150 zeigt das Schema dieser Maschine. Ein großer Ventilator (6), der mit dem Auslauf (5) der Feinmahlkammer (7) in Verbindung steht, erzeugt einen genügend großen Unterdruck, um die genügend feingemahlten Teilchen abzusaugen, läßt aber diejenigen, die noch zu grob sind, in der Mahltrommel (7) zurück. Die mit Staub beladene Luft geht dann durch das Rohr (3) in einen einstellbaren Staubsammler (4) und einen Zyklon (2) und kehrt gereinigt durch das Rohr (11) wieder in das Innere der Mühle (7) zurück. Das ist im Grunde genommen die Anwendung des gleichen Verfahrens, das schon bei gewissen Hammer- und Pendelmühlen beschrieben wurde.

Man hat bei dieser Bauart den Einlauf- und Auslaufzapfen bedeutend vergrößern müssen, um einen freien Durchgang für den Luftstrom zu sichern. Eine besondere Einrichtung gestattet die Mahlmaschinen anzuhalten und sich von der Dichte des Umlaufes zu überzeugen. Eine solche Betriebseinrichtung ist sehr vernünftig und muß zu guten Er-

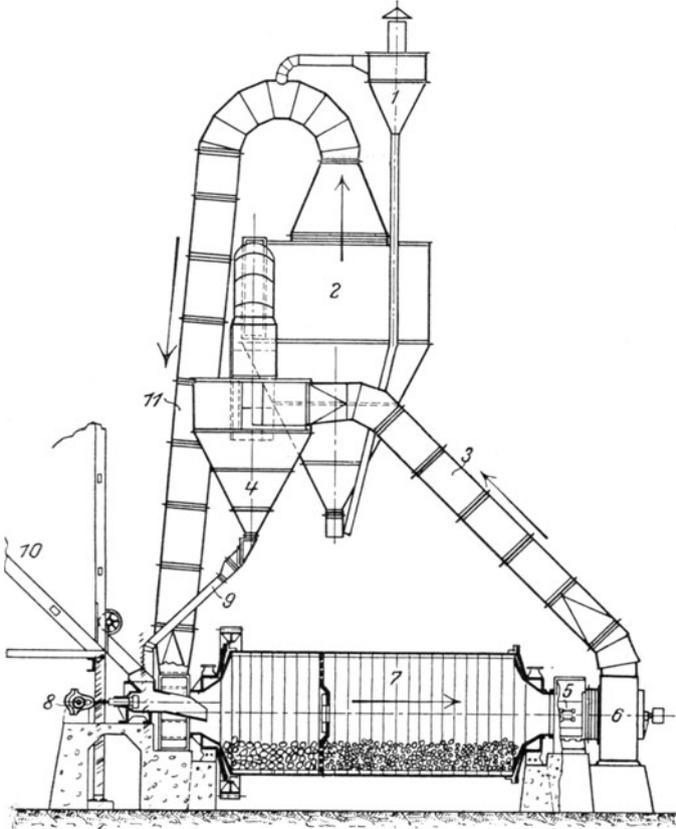


Abb. 150. „Kennedy“-Rohrmühle mit Windabzug.

folgen führen. Wir vermuten, daß ein französischer Fabrikant gegenwärtig Versuche in dieser Richtung unternimmt. Im Augenblicke, wo dieses Buch erscheinen wird, werden die Ergebnisse schon bekannt sein. Auf alle Fälle ist es ein ansprechender Gedanke, dem eine schöne Zukunft bevorsteht.

## VI. Schlußbetrachtungen.

Um die Lehren aus diesem umfangreichen Kapitel zu ziehen, müssen wir eine Ordnung nach Klassen vornehmen, die uns dazu dienen soll, sie

uns vor Augen zu führen. Sie ist zum größten Teil eine Ordnung nach der Zeitfolge.

Die satzweise arbeitenden Trommelmühlen sind die ältesten dieser Art. Sie sind kaum noch im Gebrauch und dann nur in bestimmten Fällen und bei kleinen Leistungen.

Die Kugelmühlen mit ständiger Absiebung haben eine beschränkte Leistungsfähigkeit durch das Vorhandensein von Sieben. Sie sind jetzt in ihrer Gesamtheit aus der Mode gekommene Maschinen.

Die Mühlen mit ständigem Umlauf, sie mögen nun zylindrisch oder konisch gebaut sein, haben im Verlauf der letzten Jahre einen würdigen und unbestrittenen Erfolg zu verzeichnen, solange es sich nur um mittlere Feinheiten handelt. Die Verbindung mit einer Siebvorrichtung oder Windsichter, deren Abmessungen reichlich berechnet sein können, lassen eine außerordentlich große Leistung zu.

Wenn man sehr große Feinheiten erzielen muß, hat sich die Feinrohrmühle bis jetzt beinahe allgemein die Gunst erhalten. Sie gebraucht mehr Kraft, aber sie sichert ohne Zuhilfenahme irgendeiner Siebvorrichtung ein gleichmäßiges Erzeugnis. Die Mühle mit ständigem Umlauf erreicht auch mit Erfolg sehr große Feinheiten unter vorteilhaften Umständen. Dennoch ist ihre Verwendung bis in die letzten Jahre hinein in der Zahl sehr beschränkt geblieben. Und tatsächlich, wenn die Mühle auf der Höhe ist, so sind es die Sichtvorrichtungen und die Windsichter noch nicht, und viele sind vor der Verwendung von wenig zuverlässigen Einrichtungen zurückgeschreckt, die nur die Ursache von Unregelmäßigkeiten und Aufenthalt sind.

Es sind nun unbestritten ungeheure Fortschritte in der Technik der mechanischen und Windsichtung gemacht worden, so daß es sehr wohl sein könnte, daß die Feinrohrmühle die Zahl ihrer Verehrer sich vermindern sehen wird.

Die Verbundmühle, die die Vormahlung und Feinmahlung in derselben Maschine vereint, hat in den letzten 15 Jahren eine ungeheure Verbreitung gefunden. Für die Feinrohrmühle ist der Erfolg an die Einfachheit und die Sicherheit des Betriebes gebunden.

Und noch eins, wir sehen zwei Grundsätze im Kampf: Größte praktische Leistungsfähigkeit gegen Einfachheit, Wirkung und Betriebssicherheit.

Diese Maschine wird aber dahin kommen, diese Vorzüge zu verewigen und wird vielleicht bald in das eine oder andere Lager abschwenken. Wir fürchten, daß wir uns vor einer sich im vollen Umsturz befindlichen Technik befinden, und dann würde jedes Urteil verfrüht sein.

## Elftes Kapitel.

**Sortierung nach Korngröße.**

Am Anfang dieses Buches haben wir gesehen, daß jeder Zerkleinerungsvorgang eine Volumenverminderung des verarbeiteten Rohstoffes zur Folge hat. Diese Verminderung kann mehrere Zwecke verfolgen:

1. Ein Erzeugnis von gleicher Feinheit zu erhalten, das unmittelbar nach der Vermahlung Verwendung finden kann (Kalk, Zement, Kohlenstaub usw.).

2. Ein stückiges Erzeugnis von ungleicher Größe, von dem nur gewisse Sorten für einen bestimmten Zweck gebraucht werden können (Ballast, Kies, Sand).

3. Die Trennung von ungleichartigen, zusammengelagerten Rohstoffen in gleichartige (mechanische Aufbereitung der Erze).

4. Die innige Mischung von zwei oder mehreren Rohstoffen herbeizuführen (Zementrohmaterial, Kalksandsteinmasse usw.).

Die Vermahlung wird im ersten und vierten Fall durch eine Sortierung nach Korngröße scharf beobachtet, um beim Auslauf aus der Mühle die ungenügend gefeinten Rückstände zu trennen und diese entweder in die gleiche Mühle zurückzuführen (Betrieb mit geschlossenem Umlauf) oder in eine andere, für die Nachmahlung besser geeignete Mühle überzuführen.

Im zweiten Fall dient die Sortierung dazu, um das Brechgut vom Steinbrecher oder der Mühle in eine gewisse Anzahl handelsfähiger Sorten zu trennen.

Und im dritten Falle werden die Rohstoffe zerkleinert, um die gemahlene Erze in Sorten von gleicher Größe zu sortieren, um eine nachfolgende möglichst gleichmäßige Scheidung nach dem spezifischen Gewicht zu erreichen.

Ferner vom Standpunkt des Arbeitsvorganges selbst aus gesehen, kann sich die Sortierung nach Korngröße in verschiedenen Vorgängen auswirken:

1. Wenn man ein Haufwerk, wie es aus der Grube kommt, durch eine mit Öffnungen, deren Abmessungen der gewünschten Feinheit entsprechen, versehene Sieboberfläche gehen lassen soll (Roste, Sortiertrommeln, Siebe), dann gehen die genügend feinen Stücke durch die gelochte Fläche und werden darunter gesammelt; während die zu großen Stücke oder Rückstände (Übergänge) ausgeschieden und seitwärts gesammelt werden.

2. Wenn man das Haufwerk der Wirkung eines Luftstromes in einer geeigneten Maschine unterwirft, ist die Wirkung des Mitfortreißen durch den Luftstrom auf die Rohstoffteilchen umgekehrt proportional zu ihrem Gewicht, da bei ihrer volumetrischen Beschaffenheit

nur Teilchen mit gleichem spezifischen Gewicht anzunehmen sind. Man erhält auf diese Weise eine Sortierung in gewissen Grenzen, die leicht zu regeln sind (Windsichter).

3. Wenn man das Haufwerk der Wirkung eines Wasserstromes aussetzt, dann erklärt sich dessen Wirkung in der gleichen Weise wie im vorhergehenden Absatz 2.

## I. Roste, Sortiertrommeln und Siebe.

Der Hauptteil der ersten Art von Sortiervorrichtungen ist eine Oberfläche, die mit Durchlochungen von geeigneter Größe für das gewünschte Enderzeugnis versehen ist. Diese Oberfläche kann bestehen aus:

1. einem Rost, der aus einem Eisenrahmen gebildet und durch Keileisen in bestimmten Abständen zusammengehalten wird,
2. einem mit runden, oblongen oder viereckigen Löchern versehenen Blech,
3. einem Metallsieb mit Maschen verschiedener Größe.

Die Roste werden fast ausschließlich für die erste Sortierung der Rohstoffe, so wie sie aus der Grube oder dem Bruche kommen, verwendet. Wir haben im ersten Kapitel dieses Buches bereits gesehen, daß die Roste vor dem ersten Steinbrecher so aufgestellt werden, damit die letzteren keine Rohstoffe von kleineren Abmessungen als die Spaltweite trägt zum Brechen erhalten.

Die gelochten Bleche sind von verschiedener Dicke aus Eisen, Stahl, Kupfer oder Zink hergestellt und mit Lochungen von geeigneter Form und Größe versehen.

Die Lochungen sind im allgemeinen rund oder viereckig (praktisch am meisten rund), und ihre Abmessungen wechseln von 0,9 bis 100 mm. Die größte Dicke, die man den Blechen geben kann, ist eine Funktion des Durchmessers der Lochung. Sie ist begrenzt durch die Bauart der Lochmaschine.

Im allgemeinen gibt man als größte Dicke ein etwas kleineres Maß als den Durchmesser der entsprechenden Lochungen an. Für Naßkollergänge sind abweichend von dieser Regel gelochte Bleche von 30 mm Dicke mit Schlitzlöchern von  $5 \times 25$  mm hergestellt worden. Die Schlitzlöcher waren so ausgebildet, daß sie zunächst auf etwa 6 bis 8 mm geraden Schnitt hatten und dann nach unten konisch ausgebrochen waren, um ein Anhängen des feuchten Tones zu vermeiden.

Die allgemeine Ansicht für gewöhnliche Siebbleche ist, daß eine größere Blechdicke wohl die Haltbarkeit derselben erhöht, dagegen aber den Nutzeffekt vermindert. Ein Rohstoffteilchen von einem Durchmesser, der in der Nähe der Lochgröße liegt, hat in der Tat größere

Wahrscheinlichkeit durch ein schwächeres Blech hindurchzugehen als durch ein dickeres. Die Blechdicke ist also eine Funktion, die im umgekehrten Verhältnis zur geleisteten Menge und der Güte des Erzeugnisses steht, aber gleichzeitig eine Funktion ist, die im direkten Verhältnis zur Haltbarkeit, Lebensdauer und dem Einkaufspreis steht.

Normalerweise nimmt man für alle Lochungen, die größer als 2 mm sind, weiches Stahlblech. Für kleinere Durchmesser sind im allgemeinen Kupfer- oder Zinkbleche vorzuziehen.

Überdies ist es bei vollständig gleichen Verhältnissen wohl klar, daß der Nutzeffekt proportional ist der Charakteristik oder der Gesamtfläche der Lochungen durch die ganze Fläche des gelochten Bleches.

Die Charakteristik hängt von der Form, der Anordnung und der Entfernung der Löcher voneinander ab.

Also für runde, im Viereck so angeordnete Löcher, daß der Abstand zwischen zwei benachbarten Lochungen gleich der Hälfte des Lochdurchmessers ist, ist die Charakteristik = 0,349.

Für runde Löcher, die im gleichseitigen Dreieck angeordnet sind, mit der gleichen Lochentfernung wie oben, wird die Charakteristik = 0,403 sein.

Bei gleicher Haltbarkeit ergeben die viereckigen Löcher eine bessere Charakteristik als runde. Aber die viereckigen Löcher erzeugen ein ungleichmäßigeres Produkt, und das Mahlgut hängt sich leicht darin auf, so daß man sie nur anwendet zum Sortieren von dringend gebrauchtem Material oder solchem, das keine unbedingt regelmäßige Körnung erfordert.

Bei den gebräuchlichen Ausführungen schwanken die Charakteristiken von 0,20 (kleine Lochungen) bis zu 0,60 (große Lochungen) für runde Löcher und von 0,25 bis 0,80 für viereckige Löcher.

Die Metallsiebe werden aus Drähten von Stahl, Messing oder Phosphorbronze hergestellt und so gewebt, daß sie zwischen sich Öffnungen oder Maschen von vier- oder rechteckiger Form lassen. Wie die Metallsiebe als Kontrollapparate für die volumetrische Analyse der Produkte zu verwenden sind, dafür haben wir am Anfang dieser Abhandlung eine Erklärung der Bezeichnungen gegeben wie: Siebnummer, Maschen oder mesh, Drahtdicke, Maschenweite, nutzbare Siebfläche usw. Sehr ausführliche Zahlentafeln geben den Wert der verschiedenen Größen für alle Siebnummern der Normalien der französischen Fabriken an.

In der Praxis werden die Metallgewebe mit Drähten ausgeführt, deren Durchmesser von  $\frac{4}{10}$  mm bis 2 mm wechselt, die Maschenweite selbst von 0,6 bis 25 mm.

Die gewöhnlich verwendeten Metalle sind ausgeglühter, galvanisierter oder je nach den zu verarbeitenden Rohstoffen verzinkter Stahl-

draht, Messing- oder Phosphorbronze, die beiden letzteren für ganz feine Siebe.

Die Metallgewebe werden in Rollen von 500 bis 1000 mm Breite geliefert bei einer Länge von 30, 40 oder 50 m je nach der entsprechenden Stärke des Gewebes.

Die Metallgewebe lassen eine viel größere Feinheit der Durchlochung zu als gelochte Bleche. Bei gleicher Lochung und Haltbarkeit ist die Charakteristik der Gewebe viel größer.

Die rauhe Oberfläche, die runde Form der Drähte, die die Maschen begrenzen, erhöhen noch beträchtlich ihre Siebfähigkeit. Endlich sind sie viel billiger als die gelochten Bleche.

Dagegen ist die viereckige Lochform mangelhaft für die Erzielung einer regelmäßigen Körnung.

Im ganzen betrachtet:

Ist das Metallgewebe die einzige, vorzusehende Siebvorrichtung für alle größeren Feinheiten unter 0,8 oder 1 mm.

Metallgewebe kann gelochte Bleche für Feinheiten von 1 bis 25 mm ersetzen, wenn das zu behandelnde Mahlgut leicht oder mittelschwer ist und keine besonders scharfe Körnung erfordert.

Folgende Betrachtungen drängen sich bei allen volumetrischen Sichtmaschinen mit gelochten Siebflächen, ob es nun Roste, gelochte Bleche oder Metallgewebe sein mögen, auf:

1. Je stärker eine Siebfläche beschickt ist, je geringer ist die Siebfähigkeit. Allgemein geht man nicht über 50 mm Mahlgutdicke hinaus.

2. Bei im übrigen gleichen Verhältnissen vermindert sich die Siebfähigkeit, wenn ein größerer Anteil der Stücke größer ist als die Lochung.

3. Wenn ein großer Teil des Sichtgutes beinahe die Abmessungen der Lochung erreicht hat, ruft es Verstopfung der Maschen hervor und vermindert die Siebfähigkeit.

4. Das Feinsichten ist schwieriger als das Grobsichten.

5. Die Absiebung feuchten Sichtgutes ist bei großer Feinheit unmöglich, da die feinen Teilchen die Neigung besitzen, sich unter der Wirkung der Feuchtigkeit zusammenzuballen.

Vom Gesichtspunkt der verschiedenen Ausführungen zur Nutzbarmachung der Siebfläche, die wir nun erklären wollen, unterscheiden wir:

Feststehende Siebe,

Drehende Siebe oder Siebtrommeln,

Stoßsiebe,

Vibrierende Siebe.

#### 1. Feststehende Siebe.

Unter dieser Art von Sieben versteht man eine geneigte Siebfläche, deren Neigung genau gewählt ist, so daß das, am oberen Ende auf-

gegebene, zu sortierende Sichtgut sich durch die Wirkung der Schwerkraft über die ganze Siebfläche verteilt. Die Gleitgeschwindigkeit muß genügend schwach sein, damit die feinen Teilchen vollständig durch das Sieb gehen können, aber dennoch genügend groß, um ein regelmäßiges Nachrutschen und ein vollständig sauberes Ausscheiden der Rückstände zu sichern.

Nach diesem Grundsatz werden aufgestellt:

Die Vorroste bei den Brecheranlagen.



Abb. 151. Siebrost.

Die zahlreichen Siebarten auf den Bauplätzen für Sand, Kies und Steinschlag,

Die Siebvorrichtung der Bauart Edison.

Die feststehenden Roste dienen zum Aussortieren der kleinen Stücke, welche vor dem Durchgang durch den Vorsteinbrecher in dem Fördergut aus dem Steinbruch oder dem Bergwerk enthalten sind. Sie müssen um so stärker gebaut werden, je größer die Stücke sind, die über sie hinwegrollen sollen. Bei den gängigen Abmessungen bestehen sie aus Stahlstäben von rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt, die durch Distanzstücke getrennt und durch mit Gewinde versehenem Zugstangen, die durch das Ganze hindurchgehen, verbunden sind (Abb. 151).

Die Entfernung zwischen den Roststäben ändert sich je nach der gewünschten Stückgröße von 30 bis 100 mm.

Ein Rost von 1500 mm Länge und 1000 mm Breite wiegt ungefähr 400 kg, und ein Rost von 2500 mm Länge und 2000 mm Breite von 800 bis 1000 kg.

Die Bausiebe bestehen allgemein aus einem rechteckigen Rahmen, über welchen ein gelochtes Blech oder ein Metallsieb gespannt ist.

Der Rahmen wird auf den Boden gestellt und durch eine Stütze in einer geneigten Lage erhalten. Das zu siebende Gut wird mit der Schaufel gegen das Sieb geworfen. Das Feine fällt nach der anderen Seite hindurch, während die Rückstände zum Fuße des Siebes zurückfallen. Diese einfache Vorrichtung besteht in 1000-facher Ausführung und ist in der ganzen Welt verbreitet und bekannt.

Besonders in Amerika hat man für gewisse Verwendungszwecke in den großen Sand- und Kiesbaggereien automatisch die Verwendung der feststehenden Siebe wieder aufgenommen.

Das zu sortierende, durch einen Bagger oder durch eine Fördervorrichtung herbeigeschaffte Gut wird mit Hilfe einer fächerartigen Schurre, welche mit einem Verteiler versehen ist, über die ganze Siebbreite verteilt. Die Neigung des Siebes ist so eingerichtet, daß die Geschwindigkeit des fallenden Gutes eine gute Absiebung hervorbringt und Verstopfungen vermeidet. Es liegt auf der Hand, daß diese Neigung von der Beschaffenheit der Sieboberfläche (Blech oder Metallgewebe) ebenso abhängt, wie von der Gestalt der Sichtgutkörnung (rund, flach oder langgestreckt) oder endlich von dem Feuchtigkeitsgehalt und der Tonmenge, die in das Gut eingeschlossen sein kann.

Die Theorie und die Erfahrung zeigen:

Daß für diese Anwendung das gelochte Blech dem Metallsieb überlegen ist, denn die glattere Oberfläche gestattet die Verwendung einer viel schwächeren Neigung und vermeidet dabei Verstopfungen;

Die Verwendung von länglichen Löchern, mit der großen Abmessung in der Richtung der Neigung, ist unbedingt erforderlich;

Daß bei der gleichen Oberfläche ein kurzes und sich erweiterndes Sieb viel wirksamer ist, als ein Sieb, dessen größte Abmessung sich in der Richtung der Neigung befindet.

Tatsächlich nimmt das Sichtgut eine gleichförmig beschleunigte Bewegung an, so daß die Siebwirkung schnell abnimmt, je länger das Sieb ist.

Wenn man lange Siebflächen verwenden will, so muß man sie treppenartig unterbrechen, ein Hindernis, welches die Fallgeschwindigkeit des Sichtgutes verlangsamt.

Die nach diesem Grundsatz gebauten Ballastsiebe von Edison haben gute Erfolge ergeben, jedoch hat sich ihre Anwendung nicht verallgemeinert, vielleicht auf Grund ihres bedeutenden Platzverbrauches.

## 2. Siebtrommeln.

Diese Trommeln bestehen aus einem Eisengerüst, das sich um eine wagrechte leicht geneigte Welle dreht. Dieses Gerüst dient als Unterlage für Roste, gelochte Bleche oder Metallgewebe, die eine geschlossene Siebfläche bilden.

Die Abb. 152 zeigt eine zylindrische Trommel. In diesem Falle ist die Achse der Maschine leicht geneigt. Sie bleibt aber genau wagrecht liegen, wenn die Siebtrommel konisch ausgebildet ist. Auf diese Weise muß die untere Linie der umlaufenden Fläche zwischen dem Einlauf und dem Auslauf der Trommel immer schräg liegen.

Das Siebgut wird in die Trommel in den am höchsten gelegenen Teil eingeführt. Wenn die Trommel sich bewegt, wird das Siebgut durch die Trommelwand im Sinne der Umdrehung mitgezogen bis zu dem

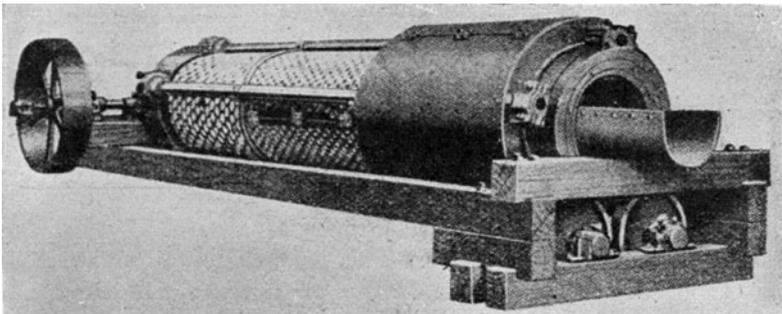


Abb. 152. Zylindrische Siebtrommel.

Punkte, wo das Gewicht gegenüber der vereinten Wirkung von Reibung und Zentrifugalkraft überwiegt. Das Siebgut fällt dann gegen das Unterteil der Trommel zurück nach einer Flugbahn, welche sich in einer senkrechten Ebene befindet. Infolge der Tatsache der Neigung der Trommel ist diese Flugbahn ein Schneckenabschnitt, und das Siebgut ist im Innern der Trommel in der Richtung der Achse vorgerückt. Nach Verlauf einer gewissen Anzahl Umdrehungen wird der Teil des Siebgutes, der nicht durch die Lochungen hindurchgegangen ist, sich an das andere Ende der Trommel geführt finden, wo es herausläuft.

Die Trommel hat eine doppelte Aufgabe:

1. Das Siebgut aufzuschütteln und zu verteilen, sowie die Teilchen, die feiner sind als die Lochungen, durchfallen zu lassen.
2. Die Rückstände bis an den Auslauf zu befördern.

Das erste Ziel wird um so besser erreicht, wenn das Siebgut sich in einer dünnen Schicht im Innern der Trommel befindet.

Das zweite ist eine Funktion der Tangentialgeschwindigkeit und der Neigung der unteren Linie der Trommel.

Zahlreiche Versuche sind im besonderen von dem amerikanischen Professor Richards ausgeführt worden in Hinsicht auf die Bestimmung des Einflusses des Durchmesser, die Neigung und Umdrehungszahl der Trommel und auf die Durchgangsgeschwindigkeit des Sichtgutes.

Sehr ausführliche Zahlentafeln geben, wenn diese Elemente in Tätigkeit sind, die Schichtdicke für eine gegebene Leistung, Dauer des Durchganges für verschiedene Trommellängen usw. an. Ratel und Roux-Brahic haben davon Übersetzungen in ihren neuen Werken gemacht. Wir haben es aber nicht für nötig gehalten, sie abzudrucken, denn gegenwärtig haben diese Angaben nur wenig praktisches Interesse und haben kaum mehr als Belegwert.

Vom Standpunkt der praktischen Verwertung aus können die Trommeln in einer unendlichen Anzahl von Anordnungen Verwendung finden. Die kleinen Abmessungen der Siebtrommeln für geringe Leistungen oder Sichtgut in kleinen Stücken sind gewöhnlich konisch mit einer Welle im Innern ausgebildet. Sie bestehen aus einem, mit gelochten Blechen bekleideten Eisengerüst, deren Lochungen den verschiedenen Körnungen, welche man herstellen will, entsprechen. Ein am unteren Teil der Trommel angebrachter Blechtrichter fängt jede der verschiedenen Sorten Körnungen oder Sande auf.

Wenn man allgemein mehrere Sorten herstellen muß, sind verschiedene Anordnungen gebräuchlich. Die gängigsten Aufstellungsarten sind schematisch in Abb. 153 dargestellt. Man kann über das gleiche Eisengestell gelochte Bleche von verschiedener Lochung entweder hintereinander liegend anbringen (Anordnung *A*) oder aber übereinanderliegend (Anordnung *B*). Die zweite dieser Anordnungen hat den Vorteil, das Sichtgut zuerst über die groben Lochungen gehen zu lassen, so daß die Bleche mit feinen Lochungen geschützt werden. Aber sie hat die Unannehmlichkeit des sehr beschwerlichen Nachsehens, Reinigens und Einlegens der Siebbleche.

Diese Ausführungen werden kaum mehr angewendet.

Allgemein ordnet man nacheinander mehrere Siebtrommeln an, von denen jede nur eine Art Lochung hat.

Diese Anordnung *C* zeigt eine ähnliche Aufstellung, die in der Erzaufbereitung sehr verbreitet war, aber die Neigung hat, wieder zu verschwinden. Hier geht noch die ganze Menge des Sichtgutes zuerst durch die feinen Siebe. Eine ganz veraltete, andere Ausführung besteht darin, jede Trommel unter der vorhergehenden umzukehren (Treppenanordnung). Diese beiden letzteren Anordnungen beziehen sich auf zwei Aufstellungsarten, die in Amerika gegenwärtig für Sand- und Kiesanlagen viel in Gebrauch sind.

Die Siebanordnung „Dull“ von der Gesellschaft Link-Belt (Anordnung *D*) ist an einer sehr schräg gelagerten Welle befestigt. Bei dieser Anordnung kann das Sichtgut, wenn es die erste Trommel durchlaufen

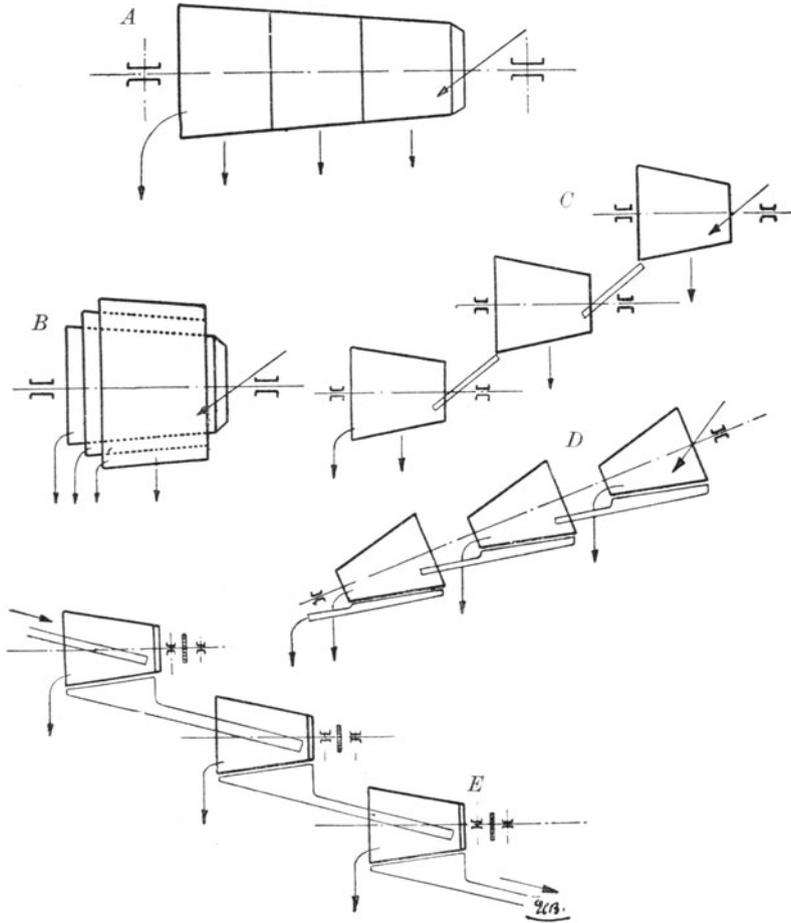


Abb. 153. Schema der verschiedenen Aufstellungsarten der konischen Siebtrommeln.

hat, in die zweite eingeführt werden, während die Rückstände seitwärts herausfallen.

Die Siebvorrichtungen „Gilbert“ der Stephens-Adamson Mfg. Co. (Anordnung *E*) haben eine wagrechte Achse und sind fliegend in zwei Lagern gelagert. Die Aufgabeschurre reicht bis nahe an den Boden einer jeden Siebtrommel, und die Rückstände kehren in umgekehrter Richtung wieder zurück.

Diese Einrichtung besitzt den Vorzug einer fortschreitenden Sortierung, beginnend mit den groben Stücken. Sie läßt auch eine Sortierung auf nassem Wege während der ganzen Dauer des Durchganges zu. Daraus ergibt sich ein wirtschaftlicher Wasserverbrauch und Gewinn an Bauhöhe in der ganzen Anlage. Jedem Satz von Siebtrommeln wird eine Schlammtrommel oder Skrubber vorgeschaltet und er endet in einer Absetzgrube zum Abscheiden von feinem Sand, der durch den Wasserstrom mitgerissen wurde.

Zum Sortieren von großstückigen Rohstoffen wie: Koks, Ballast, Eisenschlacke, Kohle, usw. verwendet man fast ausschließlich zylindrische Sortiertrommeln ohne Welle im Innern (Abb. 152). Das Eisenstell ist aus zwei Gußböden gebildet und durch Längsträger aus Profileisen verbunden. An der Einlaufseite ruht die Trommel auf Laufrollen mittels eines Gußlaufringes. An der Auslaufseite wird sie durch eine ähnliche Vorrichtung getragen oder durch einen Lagerzapfen mit einem Gegendrucklager. Der Antrieb wird durch einen konischen Zahnkranz mit konischem Antriebsrad übertragen.

Diese Bauart läßt die Einrichtung einer sehr langen Siebtrommel zu und auf diese Weise die Herstellung von einer großen Anzahl von verschiedenen Körnungen mit einer einzigen Maschine. Da die Welle und die Tragkreuze wegfallen, wird die Ausbreitung der großen Stücke unter Verminderung des Verschleisses und der Unterhaltungskosten erleichtert und die gelochten Bleche gleichmäßig abgenutzt. Diese letzteren sind im Innern der Trommel auf den Längsträgern festgeschraubt, die sie auch in jeder Weise schützen.

Die nachstehende Zahlentafel 46 enthält die Angaben über die einzelnen Größen der zylindrischen Siebtrommeln von Dalbouze, Brachet & Cie.

Zahlentafel 46. Zylindrische Siebtrommeln ohne Welle.

Nummer der Maschine	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchmesser des siebenden Teiles . . . . . mm	1000	1000	1000	1300	1300	1300	1600	1800
Länge des siebenden Teiles „	5000	7000	9000	8000	10000	12000	12000	17000
Umdrehungen der Siebtrommel i. d. Min. . . . .	13	13	13	11	11	11	9	7
Umdrehungen der Antriebscheibe i. d. Min. . . . .	78	78	78	77	77	77	150	120
Antriebs- { Durchmesser . . . mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1200	1500
scheiben { Breite . . . . .	120	120	150	150	150	200	200	220
Erforderlicher Kraftbedarf bei dem Sortieren von Koks HP	3	4	5	5½	6½	8	12	15
Gesamter { Länge . . . . . mm	7000	9000	11000	10000	12000	14000	14000	20000
Raum- { Breite . . . . . „	2500	2500	2500	3000	3000	3000	3500	4000
bedarf { Höhe . . . . . „	2250	2250	2250	2600	2600	2600	3000	3500
Gewicht der vollständigen Maschine . . . . . kg	3900	4500	5000	5500	6000	6500	13500	30000

Wenn das zu sortierende Gut sehr große Stücke enthält, kann man:

1. die Sortierfläche durch Einbau eines zylinderförmigen Rostes aus Rundeisen (Eichhörnchenkäfig) oder eines Rostes mit viereckigen Löchern aus gekreuzten Flacheisen schützen oder
2. im Innern einen ähnlichen Schutzrost in der bekannten Trommelbauart einbauen, um die gelochten Bleche gegen die Stöße der zu großen Stücke zu schützen.

Wenn das Sortiergut Staub in großen Mengen enthält, kann man den ersten Teil der Sortiertrommel mit einer vollständigen Blechumhüllung (dust-jacket) versehen, die alle Teilchen des Sortiergutes aufnimmt, die durch die feinen Lochungen hindurchgegangen sind, und diese am unteren Teile der Umhüllung ausschüttet.

Wenn man nur über beschränkten Platz verfügt, kann man einen durchlochten Mantel von größerem Durchmesser um die eigentliche Sortiertrommel legen, um auf diese Weise eine oder mehrere Zwischenkörnungen abzuziehen. Diese Vorrichtung hat außerdem den Vorteil, die feinen Bleche zu schützen, da die stärkeren Bleche im Innern liegen, und die großen Sortiergutstücke zu verhindern, die feinen Bleche zu berühren. Aber sie stellen einen schweren Übelstand dar, da sie die Überwachung der inneren gelochten Bleche unmöglich machen und deren Auswechslung erschweren.

Die Abb. 154 zeigt eine Teleskopsortiertrommel von Edgar Allen, die vollständig nach diesem Grundsatz gebaut ist. Die stärksten Bleche erhalten zuerst den Stoß der groben Stücke; die feinen Bleche auf der Außenseite erhalten nur das schon vorsortierte Gut. Jede Korngröße wird am Ende des entsprechenden Siebtrommelstückes aufgefangen mit Ausnahme der Feinsten.

Die Waschtrommeln dienen zum Auswaschen des Kieses, des Sandes oder tonigen Gesteins. Sie bestehen aus einer Blechtrommel, die im Innern mit einer Schlammvorrichtung (Ketten oder auswechselbare Schaufeln) versehen ist. In diese wird das zu waschende Erz mit einer gewissen Menge Wasser eingeführt.

Der Boden der Trommel ist an der Aufgabeseite mit einem Sieb versehen, welches das Tonwasser abscheidet. Die entgegengesetzte Seite dagegen ist mit einem Sammler ausgestattet, der das Erz bis über die nachfolgende Trommel befördert. Je nach Bedarf kann diese Trommel mit gelochten Blechen mit einer oder zwei Lochungen versehen werden. Sie kann aber auch gleich mit einer doppelten Umhüllung ausgerüstet werden. Gewöhnlich ist sie freitragend an die Waschtrommel angebaut.

Die Waschtrommeln von geringen Abmessungen werden auf eine Welle montiert und durch Riemenscheiben oder Zahnradübersetzung angetrieben. Die Trommeln mit größeren Abmessungen werden mit Laufringen auf Rollen ausgerüstet.

Zum Beispiel leistet eine von den Saarwerken ausgeführte Waschtrommel mit einer Trommel von 1000 mm Durchmesser und 3500 mm

Länge, die bei 8 Umdrehungen in der Minute etwa 3 HP Kraft verbraucht und 3000 kg wiegt, etwa 3 bis 4 m<sup>2</sup> in der Stunde bei einem Wasserverbrauch von 80 l in der Minute.

Die mit Metallblechen ausgerüsteten Sortiertrommeln für die Sortierung von trockenem, körnigem oder mehlartigem Siebgut nennt man allgemein Sichter.

In diesem Falle besteht die Maschine aus einem Metallgerüst von sechseckigem Querschnitt, das auf einer durchgehenden Welle befestigt ist. Diese Welle dreht sich in Fettlagern und hat in bezug auf die Wagrechte eine gewisse regulierbare oder feststehende Neigung.

Die Siebgewebe sind je nach der gewünschten Mehlfeinheit aus Stahldraht, Phosphorbronze oder Seidengaze hergestellt. Sie sind auf rechteckige Rahmen aus Holz oder Eisen aufgespannt, und diese Rahmen werden auf das sechseitige Gerüst durch eine Vorrichtung, die ihre leichte Auswechslung gestattet, befestigt.

Das Ganze dreht sich in einem gut abgedichteten Holz- oder Eisenkasten (Abb. 155). Die Vorderwände bestehen aus abnehmbaren Seitenwänden, die das Auswechseln der Siebrahmen ermöglichen.

Wenn nur zwei Sorten Enderzeugnisse verlangt werden, wird das Feinmehl, wenn es durch die Siebe gegangen ist, am Boden des Kastens

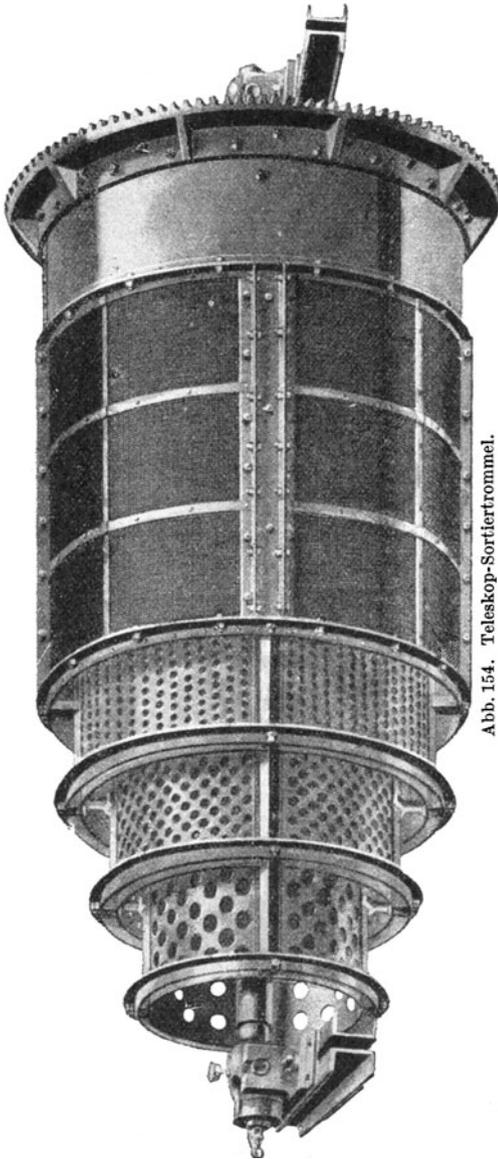


Abb. 154. Teleskop-Sortiertrommel.

durch eine Transportschnecke gesammelt und an irgendeinem Punkt ihrer Länge ausgetragen, während die Rückstände an dem, dem Einlauf gegenüberliegenden, Ende austreten.

Wenn aber mehrere Mehlsorten verlangt werden, wird der Sichter mit Geweben verschiedener Maschenweite versehen und der Boden des Kastens in Abteilungen oder Trichter geteilt, von denen jeder einer Mehlsorte entspricht. Durch mit Schiebern versehene Öffnungen werden diese Trichter entleert.

Angetrieben wird dieser Sichter mittels einer unmittelbar auf die Welle aufgekeilten Riemenscheibe oder mit Hilfe eines konischen Zahnradgetriebes. Der Antrieb der Entleerungsschnecke erfolgt oft unmittelbar von der Sichterwelle aus mittels Riemen- oder Kettentrieb.

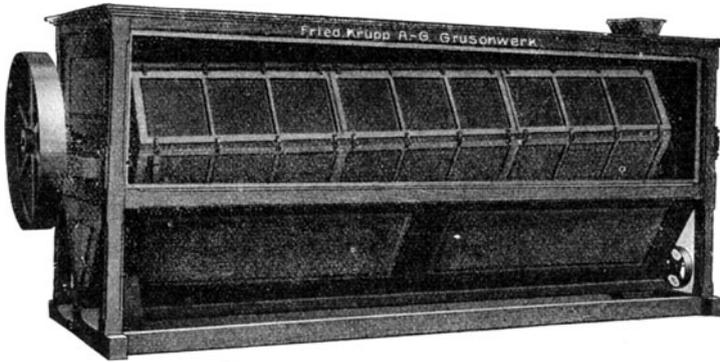


Abb. 155. Sechskantiger Sichter von Krupp-Grusonwerk.

Die sechseckige Gestalt des Sichters ruft ein nacheinanderfolgendes Fallen des Sichtgutes hervor, das die Sichtung erleichtert. Wenn aber die zur Verwendung kommenden Siebe außerordentlich fein sind, ordnet man, um eine Verstopfung zu vermeiden, einen Klopfer über der Mitte des Sichters an, um über die ganze Breite der Sichteinrichtung Erschütterungen zu verbreiten.

Endlich, wenn das Sichtgut große Stücke enthält (zum Beispiel gelöschten Kalk), welche die Gefahr der Zerstörung des Siebe befürchten lassen, bringt man in dem Inneren des Sichters eine konische Trommel aus gelochtem Blech an, in welche das Aufgabegut fällt und die alle größeren Stücke zurückhält. Diese werden dann mit den Siebrückständen ausgetragen.

Wenn man sich eine große Ausbeute sichern will, kann man zwei Sichter nebeneinander in demselben Staubgehäuse vereinigen und mit einem gemeinschaftlichen oder zwei getrennten Antrieben versehen.

Die nachstehende Zahlentafel enthält die Angaben über die einfachen von Polysius, Dessau, gebauten Sichter.

Zahlentafel 47. Sechskantige Sichter von G. Polysius.

Modell Nr.	1	2	3	4		
Innerer Durchmesser des sechseckigen Rahmens mm	600	800	1000	1200		
Länge des sechseckigen Rahmens . . . . . „	2000	3000	3500	4000		
Umdrehungen des Rahmens i. d. Min. . . . . „	35	30	25	20		
Raumbedarf {	Länge . . . . . mm	3500	4000	5000	6000	
		Breite . . . . . „	1400	1500	1600	1800
		Höhe . . . . . „	1500	1800	2200	2700
Kraftbedarf ungefähr . . . . . HP	0,3	0,5	1	1,5		
Ungefähre Leistung in der Stunde der Zementfeinheit . . . . . t	0,7—1	1—2	2—3	3—5		
Gewicht der Maschine, Holzkasten, direkter Antrieb . . . . . kg	680	935	1250	1650		
Gewicht der Maschine, Eisenkasten, direkter Antrieb . . . . . „	850	1200	1600	2100		
Für Winkelantrieb mehr . . . . . „	250	300	350	420		

Für die Feinsichtung auf nassem Wege verwendet man verschiedene von den Siebtrommeln abgeleitete Maschinen, die in der Erzaufbereitung sehr verbreitet sind.

Eine dieser Vorrichtungen ist unter dem Namen Umgekehrte Trommel (Saugsieb, overhung screen) bekannt.

Diese Maschine besteht aus einer Trommel in Form eines Eichhörnchenkäfigs (drehbare Trommel mit Stäben), die aus zwei, mit 12 gleichmäßig voneinander abstehenden Stäben verbundenen Blechseitenteilen gebildet wird. Diese Stabtrommel wird mit einem Metallgewebe überzogen, das am Rande durch Holzleisten festgehalten wird. Es schmiegt sich an die von den Blechseitenteilen festgehaltenen Eisenstäbe an und bildet dadurch Hohlräume (Abb. 156).

Das Ganze dreht sich langsam und ohne Stoß um die wagrecht liegende Welle. Das Sichtgut wird durch eine besondere Aufgabevorrichtung über der Maschine aufgegeben und gleichmäßig in die entstandenen Hohlräume je nach Maßgabe des Durchganges verteilt. Eine Spritzvorrichtung treibt das Feine durch das Metallsieb. Das Wasser und die feinen Stoffteilchen werden in einer geeignet geformten Rinne, die im Innern der Trommel angebracht ist, aufgenommen, während die Rückstände in einen unter der Maschine angebrachten Trichter fallen.

Eine am unteren Teile angebrachte Wasserspritzvorrichtung dient zum Reinigen der Siebe. Man kann mit einer solchen Maschine in der Stunde 1000 kg auf die Feinheit von Sieb Nr. 150 sichten.

Der von der Kennedy-Gesellschaft gebaute „Maxton“-Sichter be-

steht aus einer Siebtrommel von 1200 mm Durchmesser und 900 mm Länge, die auf Rollen läuft, welche ihre Drehbewegung veranlassen.

Eine geneigt stehende Schurre bringt das Sichtgut in das Innere der Trommel. Wasser und das Feine gehen durch das am Umfange angebrachte Siebgewebe, während die Rückstände durch feststehende Schaufeln hochgehoben und in eine geneigt stehende Schurre über dem Einlauf ausgetragen werden. Dieser Vorgang vollzieht sich immer im Innern der Trommel. Eine Wasserspritzvorrichtung oberhalb der Maschine besorgt eine regelmäßige Reinigung des Siebes.

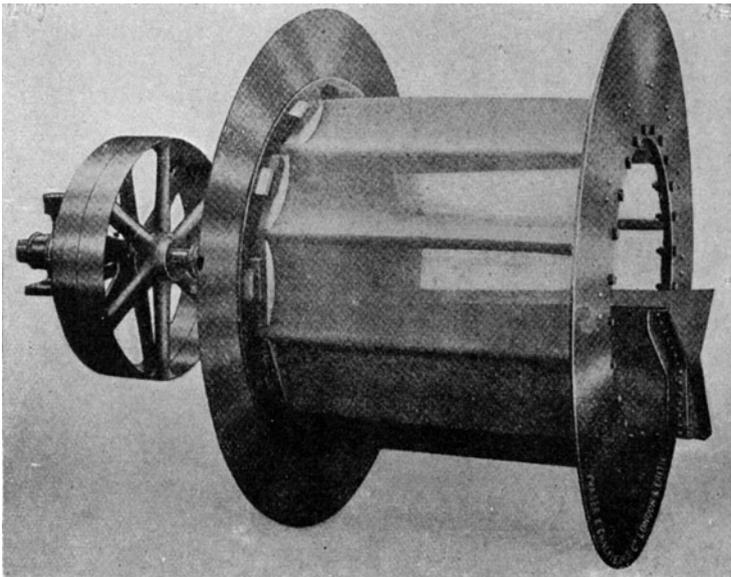


Abb. 156. Umgekehrte Siebtrommel.

Der „Maxton“-Sichter kann mit Sieben bis zu einer Feinheit von Sieb Nr. 80 oder 100 arbeiten mit einer Leistung von 500 bis 2000 kg in der Stunde.

Zum Schluß erwähnen wir noch das „Callow“-Rollsieb, das aus zwei parallelliegenden Trommeln besteht, über welche ein Band ohne Ende aus Metallgewebe rollt. Das Sichtgut wird gleichmäßig auf das obere Siebband ausgeschüttet und von einer darunter angebrachten Auffangvorrichtung aufgenommen, während die Rückstände über die Kopftrommel abgeworfen werden. Die Geschwindigkeit des Siebbandes ist mit Hilfe einer geeigneten Vorrichtung einstellbar. Wasserspritzvorrichtungen sorgen für gute Reinigung der Siebgewebe.

Ein solches „Callow“-Rollsieb leistet 5000 kg in der Stunde bei einer Feinheit von Sieb Nr. 20 und 1000 kg in der Stunde bei einer Feinheit von Sieb Nr. 150. Diese Maschine arbeitet sehr zufriedenstellend und wird in Amerika sowohl wie auch in Europa besonders bevorzugt.

### 3. Stoßsiebe (Rätter).

Die runden oder sechskantigen Siebtrommeln sind Maschinen von kräftiger Bauart, die die dauernde Absiebung mit einer sehr einfachen Antriebsvorrichtung besorgen. Aber sie haben einen großen Nachteil, denn sie können auf einmal nur ein Drittel der ganzen Siebfläche ausnützen. Das verursacht aber eine verhältnismäßige Vergrößerung der Siebfläche, sowie der Inanspruchnahme von nutzbarem Raum und des Anschaffungspreises für gelochte Bleche oder Metallsiebe. Die Maschinen dagegen, die mit einer ebenen Siebfläche arbeiten, vermeiden diese Übelstände.

Wir haben nun gesehen, daß jeder Sichter zwei Bedingungen zu erfüllen hat: Zuerst das Sichtgut über die ganze Siebfläche so zu verteilen, daß möglichst viele genügend feine Teilchen durch die Maschen gehen und dann die Rückstände an eine gegebene Stelle zu befördern.

Eine ebene Siebfläche kann dieses Ziel erreichen:

1. wenn sie wagrecht liegt, aber durch eine vorwärts treibende Kraft bewegt wird oder durch einen Schaufelwurf von bestimmter Weite, so daß das Sichtgut von einem Siebrand bis zum anderen gleichmäßig verteilt wird.

2. wenn sie genügend geneigt gelagert ist und an ihrem höchstgelegenen Punkte beschießt wird. Nur durch die einfache Schwerkraft gleitet dann das Sichtgut je nach der Neigung der Siebfläche herab, und alles was nicht durch die Maschen hindurchgehen können, wird sich auf dem unteren Teile vereinigt finden.

Die Maschinen der ersten Sorte sind unter dem Namen Schüttelflachsiebe bekannt.

Sie bestehen aus einem Rahmen oder einem rechteckigen Schieber, der die gelochten Bleche oder Metallsiebe trägt. Der Rahmen wird von einem Satz kleiner schrägstehender Federn unterstützt und erhält eine hin und her gehende Bewegung mittels eines Exzenters und einer Pleuelstange. Die Neigung der Tragfedern ruft eine Bewegung mit doppelter Komponente des Sichtgutes, das auf dem Herd verteilt ist, hervor. Das Zusammenwirken einer kräftigen wagrechten Erschütterung mit einer leichten senkrechten ruft eine Fortbewegung des Sichtgutes durch ein nacheinander erfolgendes Hüpfen hervor. Auf diese Weise wird jede Neigung zum Verstopfen der Lochungen oder Maschen durch ein Festsetzen eines zu großen Teilchens umgehend beseitigt.

Es sind verschiedene Bauarten zur Ausführung gekommen. Der

Rahmen kann, je nach den örtlichen Verhältnissen, mittels Federn unterstützt (Abb. 157) oder aufgehängt werden. Die Federn sind beweglich (aus Stahl oder Holz), oder, was vorzuziehen ist, biegsam (aus Stahl oder aus furnierten, in Leinöl gekochtem Eschenholz).

Wenn mehrere Klassierungen des Gutes verlangt werden, können zwei oder mehrere Siebe übereinander angeordnet und mit dem gleichen Antriebe bewegt werden.

Um bei großen Leistungen ein zu großes Gewicht der bewegten Teile zu vermeiden, verbindet man zwei Siehter, die von dem gleichen Eisengerüst getragen werden und eine gemeinsame Antriebswelle haben, auf der die Exzenter um  $180^\circ$  gegeneinander versetzt aufgekeilt sind, um auf diese Weise die Rückwirkungen auszugleichen.

Diese ebenen Schüttelsiebe haben mehrfache Vorteile:

Sie nützen die ganze Siebfläche aus,

Sie gebrauchen billigere, ebene Bleche, und die Auswechselung derselben ist leichter als die gebogenen Trommelbleche,

Sie brauchen wenig Platz und verursachen auch keinen Verlust an Bauhöhe bei der Förderung des aussortierten Gutes. Infolgedessen sind sie wirtschaftlich



Abb. 157. Schüttelsieb.

in Hinsicht auf die Einrichtungskosten (Gebäude und Hilfsmaschinen).

Immerhin ruft ihr Betrieb gefährliche Erschütterungen für das Balkenwerk, das sie trägt, hervor, selbst wenn zwei zusammen verbundene Maschinen sich ausgleichen.

Die ebenen Schüttelsiebe können die Trommelsiebe in den meisten Fällen mit Vorteil ersetzen. Sie werden erfolgreich bei der Klassierung von Kohle und Erzen angewendet.

Zum Sichten des Feinkornes und um Verstopfungen zu vermeiden, baut man Schüttelsiebe, die auf der Siebfläche mit Wasser arbeiten.

Unter dem Spülsieb von Desmaret-Pinette versteht man eine Reihe von leicht geneigten, an Federn aufgehängten und in Blechkasten so untergebrachten Sieben, daß sie bei jedem Niedergang gegen die Wasseroberfläche schlagen, um Verstopfungen zu vermeiden. Eine Vorrichtung erhält den Wasserstand auf gleicher Höhe. Die Rückstände werden auf trockenem Wege weggeschafft, während das Feinkorn, dessen Schlamm auf dem Boden des Kastens liegt, mit Hilfe eines Kratzertransporteurs entfernt wird.

Diese Maschine sortiert Körnungen von 0,25 bis 1,5 mm (Sieb Nr. 60 bis Nr. 10) mit guter Leistung. Sie ist sehr bevorzugt in den mechanischen Aufbereitungsanlagen.

Bei den sich drehenden Sieben Bauart „Coxes“ erhält der die gelochten Bleche tragende Rahmen mit Hilfe einer unter dem Siebe angebrachten Vorrichtung eine rollende Bewegung. Die Stöße am Ende eines Umlaufes, die bei den Stoßsieben so gefährlich sind, werden auf

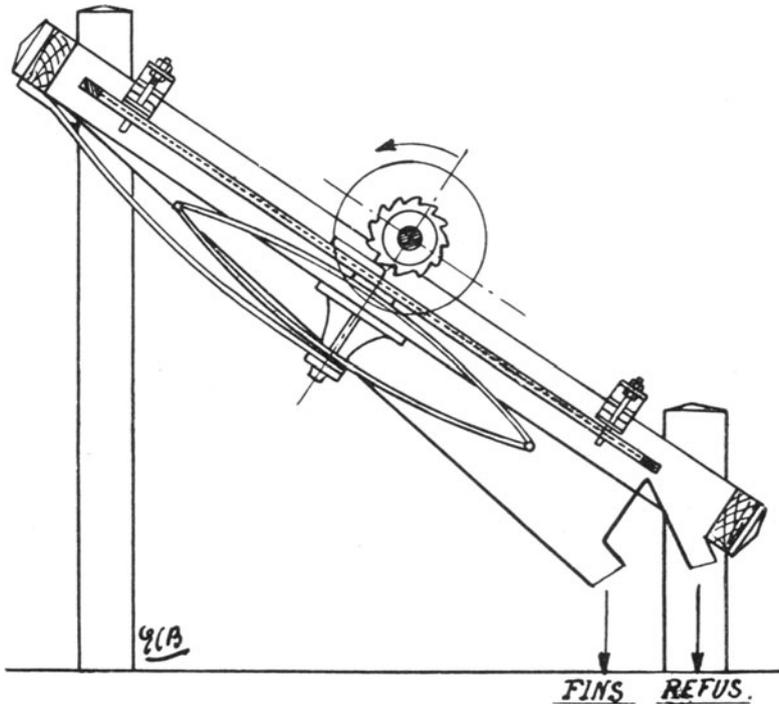


Abb. 158. Schema des „Impact“-Siebes.

diese Weise vermieden. Die Coxes-Siebe werden nur für die Klassierung der Kohlen verwendet.

Es gibt auch noch andere Maschinen, bei denen die Siebfläche geneigt ist und die senkrecht zu derselben Erschütterungen erhalten.

Die Abb. 158 zeigt einen Schnitt durch das Sieb „Impact“, das von den The Colorado Iron Works gebaut wird. Diese Maschine besteht aus einem verstärkten Rahmen, der das Metallsieb trägt. Es wird von einem Paar elliptischer Federn getragen, die sich auf einen kräftigen Holzrahmen stützen. Ein Daumen mit einem zwölfzähligen Daumenrad, das 50 Umdrehungen in der Minute macht, wirkt auf die elliptischen Federn und gibt dem Siebe 600 Erschütterungen in der Minute.

Ein einstellbares Widerlager mit Dämpfungsfedern begrenzen die Höhe der Schwingungen. Der die ganze Maschine tragende Holzrahmen ist zwischen Ständern mit der erforderlichen Neigung (im Mittel  $33^{\circ} 40'$ ) angeschraubt. Die Beschickung erfolgt durch eine schräg liegende Schurre, die mit einem Verteiler, welcher das Sichtgut über die ganze Breite der Siebfläche verstreut, versehen ist. Für die Trockensichtung

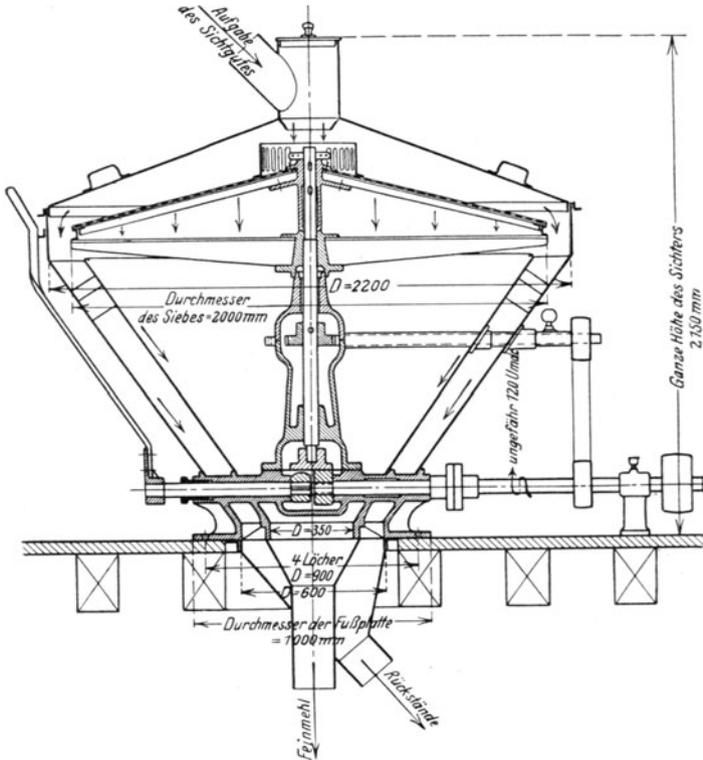


Abb. 159. Morel-Sichter.

verhindert ein abnehmbarer Deckel die Staubverbreitung. Wenn mehrere Sorten gesichtetes Gut gewünscht werden, stellt man mehrere „Impact“-Siebe im Zick-Zack übereinander zwischen den gleichen vier Pfosten auf. Die vibrierende Bewegung der Siebflächen ruft eine wirksame Reinigung der Löcher hervor und eine solche Klassierung nach der Korngröße des auf dem Siebe zurückgebliebenen Sichtgutes, daß die feinsten Teilchen sich unten befinden. Das erleichtert wesentlich ihren Durchgang durch die Bleche.

Die „Impact“-Siebe beanspruchen viel Platz und rufen einen großen Verlust an Bauhöhe hervor. Außerdem sind die Erschütterungen für

das Holzgestell, welches die Maschine aufnimmt, sehr nachteilig. Aber sie sind Maschinen von großer Leistungsfähigkeit, sichten gut sowohl auf trockenem wie auf nassem Wege. Auch werden sie in Amerika in den Bergwerken viel verwendet.

Die „Impact“-Siebe der gängigsten Ausführung haben 3 Fuß (915 mm) Breite der gelochten Oberfläche und eine Länge von 3 Fuß (915 mm) oder 4 Fuß (1220 mm).

Ihre Leistungsfähigkeit schwankt, je nach der Maschinengröße und der Feinheit der Siebe, von 5000 bis 10000 kg in der Stunde (Sieb Nr. 4) bis 250 bis 600 kg in der Stunde (Sieb Nr. 150).

Die erforderliche Betriebskraft schwankt zwischen  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  HP.

Der Morel-Sichter für Feinsichtung (Abb. 159) besteht aus einem

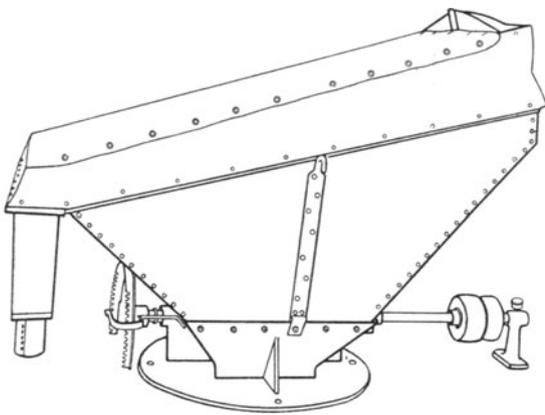


Abb. 160. „Morel“-Sichter, schrägliegende Bauart.

Siebkonus, der auf einer senkrechten Welle sitzt. Diese Maschine hat eine doppelte Bewegung:

1. Sie dreht sich um ihre Achse.

2. Sie ruht mittels eines Schuhs auf einem Daumen, welcher ihr eine abwechselnd schnelle Fallbewegung in der Richtung ihrer Achse gibt. Das Siebgut wird in der Mitte der Maschine zugeführt,

das heißt über der Spitze des Siebkegels. Es verbreitet sich in dünner Schicht über die sich drehende Siebfläche, und unter der Wirkung der wiederholten Stöße gehen die feinen Teilchen durch das Sieb, während die Rückstände nach dem Umfang zu fallen. Ein doppelkonisches Blechgehäuse nimmt das aussortierte Gut auf. Infolge der Erschütterungen der Maschine und der Wirkung der Zentrifugalkraft kann die Neigung der Siebe verhältnismäßig klein sein.

Eine andere Bauart von dem gleichen Fabrikanten besteht aus einem rechteckigen, geneigt liegenden Sieb von  $2000 \times 800$  mm, welchem man eine parabolische Form gibt (Abb. 160). Der Antrieb, welcher die Erschütterungen hervorbringt, ist ähnlich wie bei dem Sichter mit dem Drehsieb.

Diese Maschinen sind abgedichtet, um Staubentwicklung zu vermeiden. Sie brauchen wenig Betriebskraft und erreichen einen sehr hohen Feinheitsgrad.

#### 4. Vibrierende Siebe.

Diese Maschinen arbeiten nach dem gleichen Grundsatz, wie die eben beschriebenen; aber bei diesen steht der Maschinenrahmen fest, und das über den Rahmen gespannte Sieb erhält allein die Erschütterungen.

Wir werden nun mehrere Ausführungen beschreiben.

Die Sichter „National“ (The National Engineering Co. in Chicago) sind mit geneigt liegenden, vibrierenden Sieben versehen, die aus rechteckigen Metallsiebabschnitten von 600 mm Breite und 1800 mm Länge bestehen, welche nebeneinander in der Zahl von 2, 3, 4, 5 oder 6 Abschnitten angeordnet werden. Unter jedem Abschnitt sind in gleicher Entfernung voneinander und im Sinne der Neigung des Siebes starke Metalldrähte angemessen gespannt. Diese Drähte tragen die Siebgewebe durch Vermittelung von schmalen Stahlbändern, die dazu dienen, das Gewebe zu schützen. Eine durchgehende, mit 185 Umdrehungen in der Minute laufende Welle trägt unter verschiedenen Winkeln aufgekellte Daumen und überträgt auf die Tragdrähte aufeinanderfolgende Erschütterungen. Die Drähte schwingen also dauernd wie die Saiten eines Klaviers und mit ihnen die Drahtgewebe.

Man erhält auf diese Weise leichte Maschinen von einfacher Bauweise, die nur wenig Kraft verbrauchen und leicht einstellbar sind.

Sie sind staubdicht und können mit Erfolg zur Sichtung von trockenen grieß- oder staubförmigen Stoffen verwendet werden wie: Kalk, Zement, Gips, Phosphat, Sand, Erze, Ton, Talkum, usw.

Die Leistungen stehen in direktem Verhältnis zur Anzahl der zur Verwendung kommenden Siebabschnitte. Für den Sichter Nr. 1 (Breite 1200 mm = 2 Siebabschnitte) wechselt die Leistung zwischen 9000 kg/Std. bei einer Feinheit von Sieb Nr. 4 bis zu 350 kg/Std. bei einer Feinheit von Sieb Nr. 180.

Die Sichter Sturtevant-Newaygo bestehen aus einem geneigt liegenden Rahmen, auf welchen die Siebgewebe aufgespannt sind. Dieser Rahmen ist von einer staubdichten Umhüllung umgeben und wird von Federn getragen. Der Deckel des Sichters trägt drei Hammerwellen, die sich eine durch die andere mittels Ketten antreiben. Auf diesen Wellen sitzen an verschiedenen Stellen der Länge kleine bewegliche Hämmer, die bei der Umdrehung der Welle der Reihe nach einen leichten, kurzen Schlag auf einen Stift, der durch den Deckel hindurchgeht und den Stoß auf das Sieb überträgt, ausführen. Dieses erhält dann regelmäßig leichte Stöße an gleichmäßig über die Siebfläche verteilten Stellen, welche sie in dem Zustand der dauernden Erschütterungen erhalten. Die Abb. 161 läßt die Arbeitsweise dieser Einrichtung leicht erkennen. Die Aufgabe findet mit Hilfe einer Schneckenauflage statt. Die Neigung der Vorrichtung kann eingestellt werden. Zur Herstellung verschiede-

ner Sorten von Erzeugnissen zu gleicher Zeit können mehrere Siebflächen in der gleichen Maschine übereinander eingebaut werden.

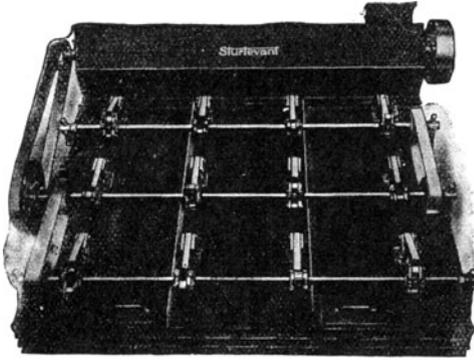


Abb. 161. Trennsieb von Sturtevant-Newaygo.

Alle Maschinenteile sind bequem zugänglich, und die Auswechslung der Siebe ist sehr leicht.

Aus der nachstehenden Zahlentafel 48 sind die erforderlichen Angaben über die drei gängigsten Größen des „Newaygo“-Sichters für trockenes Sichtgut zu entnehmen.

Die „Newaygo“-Sichter werden schon seit vielen Jahren in zahlreichen Trockensichtanlagen für

Grieße und Mehle verwendet wie: Zement, Phosphate, Talkum, Kohle, Sand, usw.

Bei den Sichtern neuester Bauart hat man daran gedacht, zur Erzeugung der Erschütterungen des Siebgewebes unmittelbar elektrische Kraft zu verwenden.

Eine Maschine, deren Erfolg sich besonders erwiesen hat, ist das elektrisch vibrierende Sieb „Mitchell“. Bei dieser Maschine hält ein U-Eisenrahmen das geneigte Metallsieb fest eingespannt zwischen seinen beiden Armen. An der unteren Seite des U-Rahmens ist ein kleiner,

Zahlentafel 48. „Newaygo“-Sichter von Sturtevant.

Modell Nr.	1	5	3
Breite des Siebes . . . . . mm	1200	1800	2400
Länge des Siebes (wirkliche Länge über die Neigung gemessen) . mm	1800	1800	1800
Antriebsscheibe . . . . . „	450 × 100	450 × 100	450 × 100
Umdrehungen i. d. Min. . . . . „	110	110	110
Raumbedarf { Tiefe . . . . . mm	1600	1600	1600
{ Breite . . . . . „	1800	2400	3000
{ Höhe . . . . . „	2200	2200	2200
Ungefähres Gewicht . . . . . kg	590	705	820
Leistung in Tonnen/Stunden:			
Mit Sieb Nr. 4 . . . . . t	4,7	9,35	14,10
„ „ „ 6 . . . . . t	4,3	8,65	12,7
„ „ „ 10 . . . . . t	3,5	6,95	10,45
„ „ „ 20 . . . . . t	2,72	5,45	8,20
„ „ „ 40 . . . . . t	1,05	2,1	3,18
„ „ „ 60 . . . . . t	0,41	0,82	1,23
„ „ „ 90 . . . . . t	0,25	0,50	0,77
„ „ „ 120 . . . . . t	0,20	0,41	0,63

gekapselter Elektromotor angebracht, dessen beide Wellenenden einen exzentrischen Hartgummiring tragen und auf Kugeln im Innern einer feststehenden Kapsel rollen. Die Umdrehung des Motors beschreibt auf diese Weise die Bewegung eines Köppels, die durch zwei Seitenwangen auf das Sieb übertragen wird. Das Metallsieb erhält auf diese Weise eine außerordentlich schnelle Wellenbewegung (3600 Erschütterungen in der Minute).

Diese einfache, wenig Platz erfordernde und außerordentlich stark gebaute Maschine hat die Musterleistung erreicht, während 506 Tagen, jeden Tag 24 Stunden, ohne die geringste Ausbesserung zu laufen. Während dieser Zeit hat sie eine Menge von mehr als 1150 800 t (im geschlossenen Umlauf mit einem Walzwerk) bewältigt mit einem mittleren Kraftaufwand von  $\frac{1}{2}$  HP.

Der „Mitchell“-Sichter wurde bis jetzt mit sicherem Erfolg bei der Sortierung von gebrochenem Kieselstein, Erzen, Sand, Kies, Kohle, Koks, usw. verwendet.

Eine elektrische Siebvorrichtung, von einem anderen Grundgedanken ausgehend, ist der „Hum-Mer“ (The W. S. Tyler Co., Cleveland Ohio, U. S. A.).

Bei dieser Maschine wird das Sieb auf einen Metallrahmen mit Hilfe von Stellschrauben, die durch Handräder zu verstellen sind, gut aufgespannt. Die Erschütterungen stehen in Verbindung mit einem Wechselstrom-Elektromagneten (15 Perioden), welcher auf einer Traverse in der Mitte der Siebfläche angeordnet ist (Abb. 162). Diese Erschütterungen verteilen sich über die ganze Oberfläche und sind so kräftig, daß man nicht die geringste Verminderung der Schwingweite feststellen kann, wenn sich ein Mann auf das Metallsieb stellt. Die Weite der Schwingungen ist durch ein Handrad selbst im vollen Betriebe einstellbar.

Die Aufgabe des Siebgutes erfolgt durch Schneckenauflage oder besser, besonders wenn es sich um große Stücke handelt, durch eine mit Verteilern versehene Fallrinne.

Eine solche Sichtmaschine kann eine, zwei oder drei übereinanderliegende Siebflächen erhalten, die dann entsprechend zwei, drei oder vier Sorten Sichtgut ergeben.

Die Neigung der Siebfläche ist einstellbar und schwankt zwischen 30 bis 35°. Die letztere Angabe ist die gebräuchlichste.

Die elektromagnetischen Sichter „Hum-Mer“ werden in Elementen von 3 Fuß (915 mm) Breite ausgeführt. Die normale Ausführung von 6 Fuß (1830 mm) ist aus zwei Elementen von 3 Fuß nebeneinander zusammengesetzt und mit einer gemeinschaftlichen Aufgabevorrichtung versehen.

Der „Hum-Mer“-Sichter hat im geschlossenen Umlauf mit Mühlen

der verschiedensten Ausführungen glänzende Ergebnisse erzielt, ebenso wie für die endgültige Sortierung aller trockenen Produkte in Grieß und Mehl.

Die geneigten Vibrationssichter ergeben auf Grund der Neigung

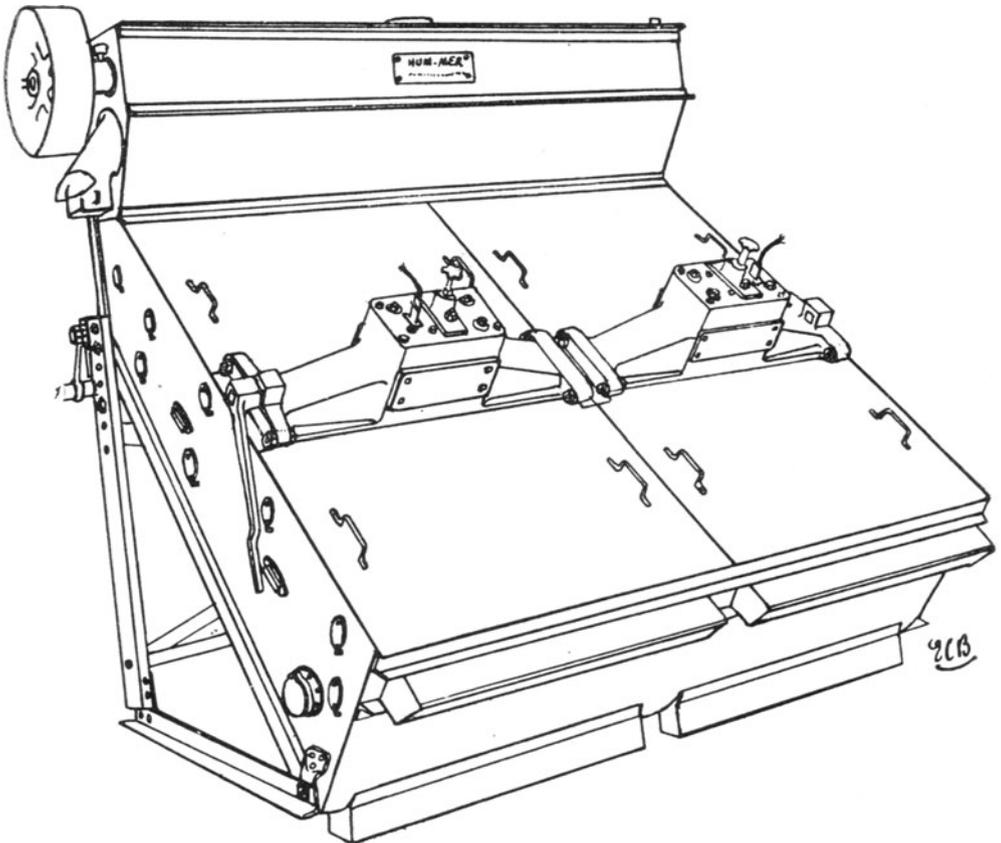


Abb. 162. Elektromagnetischer Sichter „Hum-Mer“.

ein Produkt von wesentlich kleineren Abmessungen als die lichte Öffnung der Maschen angibt.

Diese Eigenschaften ergeben mehrere Vorzüge:

1. Bei gleicher Feinheit des Produktes größte Haltbarkeit und Lebensdauer der Metallsiebe. Also geringere Betriebskosten.
2. Die Feinheit des Produktes kann in gewissen Grenzen reguliert werden, ohne die Siebe auswechseln zu müssen, indem man einfach die

Neigung des Siebes verändert. Die Neigung des Siebes ist also eine direkte Funktion der Feinheit und eine umgekehrte Funktion der stündlichen Leistung.

Man verwendet häufig für die Sichter mit geneigten Sieben Metallgewebe mit rechteckigen Maschen oder Bleche mit rechteckigen Lochungen, um die Durchlaßfläche zu vergrößern und damit die Leistung des Sichters.

## II. Windsichter.

Die Wirkung eines Luftstromes von gegebener Geschwindigkeit auf ein Masseteilchen ist proportional der Oberfläche, welche dieses Stoffteilchen dem Luftstrom darbietet, also im Quadrat der mittleren Abmessung des Masseteilchens.

Die Wirkung der Schwerkraft auf ein homogenes Masseteilchen ist proportional dem Inhalt, also im Kubus (dritte Potenz) der mittleren Abmessung des Masseteilchens.

Infolgedessen vergrößert sich die Wirkung der Schwerkraft schneller als die Wirkung eines Luftstromes von der gleichen Geschwindigkeit, je nachdem die Abmessungen der Stoffteilchen sich vergrößern, welche ihnen ausgesetzt sind.

Wenn man diese beiden Kräfte in Wechselbeziehungen zueinander bringt, das heißt, wenn die gleichartigen, sich im freien Fall befindenden Stoffteilchen einem aufsteigenden Luftstrom ausgesetzt werden, wird die Wirkung der Schwerkraft über die Wirkung des Luftstromes vorherrschen, je größer die Abmessungen der Masseteilchen sind. Umgekehrt wird der passend eingestellte Luftstrom das Masseteilchen um so leichter gegenüber der Schwerkraft mitreißen können, je feiner es ist.

Das über den Grundsatz, welcher dem Windsichter zugrunde liegt.

Die Erfindung des Windsichters hat Robert Moodie gemacht und reicht in das Jahr 1888 zurück. Zahlreiche Verbesserungen sind seither gemacht worden, und die Verschiedenheit der jetzt vorhandenen Ausführungen beweist den wachsenden Erfolg dieser Maschine.

Die Abb. 163 zeigt im Schnitt einen Windsichter von guter und gängiger Bauart.

Eine stehende, durch konische Zahnräder angetriebene Welle trägt ein Windrad  $b$  und einen Streuteller  $d$ , der unter dem Windrade angeordnet ist. Das Ganze dreht sich in einer zylindrischen Blechumhüllung  $h$ . Ein Einlauftrichter  $a$ , der die stehende Welle umgibt, bringt das Sichtgut auf den Streuteller, von welchem aus es durch die Zentrifugalkraft in einem dünnen Schleier verteilt wird. Das Windrad erzeugt einen aufsteigenden Windstrom, der den Sichtgutschleier durchstreicht und die genügend feinen Teilchen mit sich zieht. Diese so mit

Staub beladene, bewegte Luft wird nachher gegen die zylindrische Blechumhüllung *h* geworfen, und immer schwächer werdend, läßt sie die Staubteilchen fallen, die dann in dem darunterliegenden, konischen

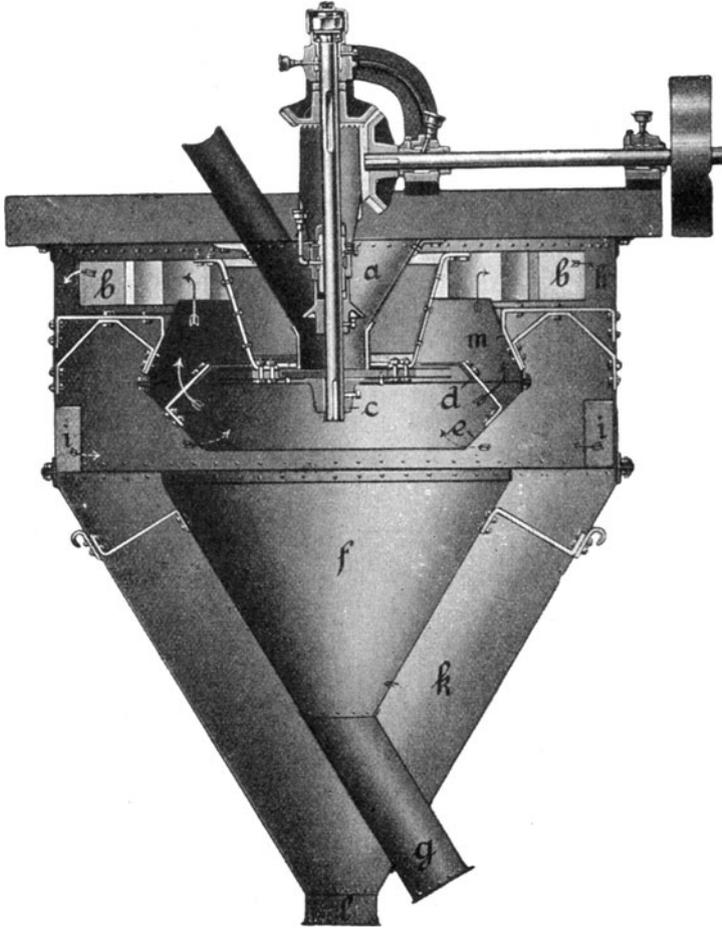


Abb. 163. Windsichter im Schnitt.

Trichter *k* gesammelt werden. Einmal vom Staub befreit, geht die Luft unter den konischen Schirm *e* und wird von neuem durch das Windrad nach der Mitte der Maschine gesaugt.

Das vom Streuteller fallende Sichtgut, das nicht durch den Luftstrom abgesaugt worden ist, fällt auf den konischen Trichter *e*, der es zur nochmaligen Sichtung zwingt. Es begegnet dann von neuem dem vom Umfang kommenden Luftstrom, der die letzten Staubteilchen er-

faßt, welche noch darin enthalten sein könnten. Dann werden die Rückstände durch den konischen Mitteltrichter *f* gesammelt, um abgesackt oder zur nochmaligen besseren Vermahlung in eine Mühle zurückgeleitet zu werden. Bei einigen neuzeitlichen Ausführungen wird die in den Mittelraum zurückkehrende Luft durch einen Ring von Jalousien, die weiter unten über dem konischen Trichter *f* für die Rückstände angebracht sind, zurückgeleitet (Abb. 163).

Man kann die Feinheit des Endproduktes in mehrfacher Weise regeln:

1. Indem man die Umfangsgeschwindigkeit ändert. In den Grenzen der praktischen Erfahrung ist die Stärke des aufsteigenden Luftstromes genau proportional der Geschwindigkeit des Windrades. So bewirkt eine Vergrößerung der Geschwindigkeit eine Verminderung des Feinheitsgrades des Mehles; dagegen wird die Leistungsfähigkeit vergrößert. Umgekehrt gestattet eine Verminderung der Umlaufzahlen des Windrades die Feinheit zu erhöhen, aber zum großen Schaden der Leistung. Diese Art der Einstellung ist nicht allgemein gebräuchlich, sondern man bestimmt ein für allemal die günstigste mittlere Geschwindigkeit, und die Einstellung vollzieht sich im Laufe des Betriebes durch andere Vorgänge.

2. Allgemein gestattet ein Ringschieber, den Durchgangsquerschnitt der Luft an einer Stelle seines Weges zu verändern. Eine Drosselung des Querschnittes vergrößert die Geschwindigkeit an der betreffenden Stelle, und damit scheidet man gröbere Stoffteilchen aus. Dagegen ruft eine jede Erweiterung des Querschnittes eine Verminderung des Luftzuges hervor, die für die Feinheit günstig wirkt. Diese Einstellung übt ihren Einfluß zu gleicher Zeit auf die Leistungsfähigkeit in genau fühlbarem Verhältnis aus.

3. Eine dritte Einstellungsart besteht darin, die Flugbahn des Sichtgutes in Gegenwart des Luftstromes sich ändern zu lassen. Das wird erreicht, indem man einen konischen Ring um den Streuteller herum anbringt. Je nachdem der Ring mehr oder weniger hochgezogen wird, beschreibt das durch die Zentrifugalkraft geschleuderte Sicht-

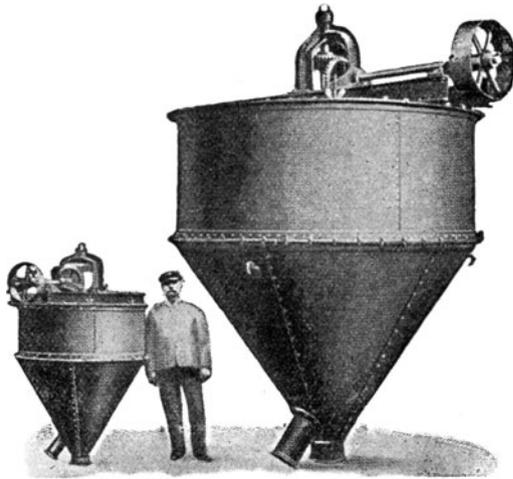


Abb. 164. Windsichter (Außenansicht).

gut eine mehr oder weniger gestreckte Flugbahn. Man begreift, daß, je größer die Berührungsfläche zwischen dem Sichtgut und dem Luftstrom ist, je gröber wird das ausgeschiedene Material sein müssen.

Eine ähnliche Anordnung wird besonders bei den Pfeifferschen Windsichtern neuester Ausführung angewendet, ebenso wie bei den Sichtern von Neyret-Beylier.

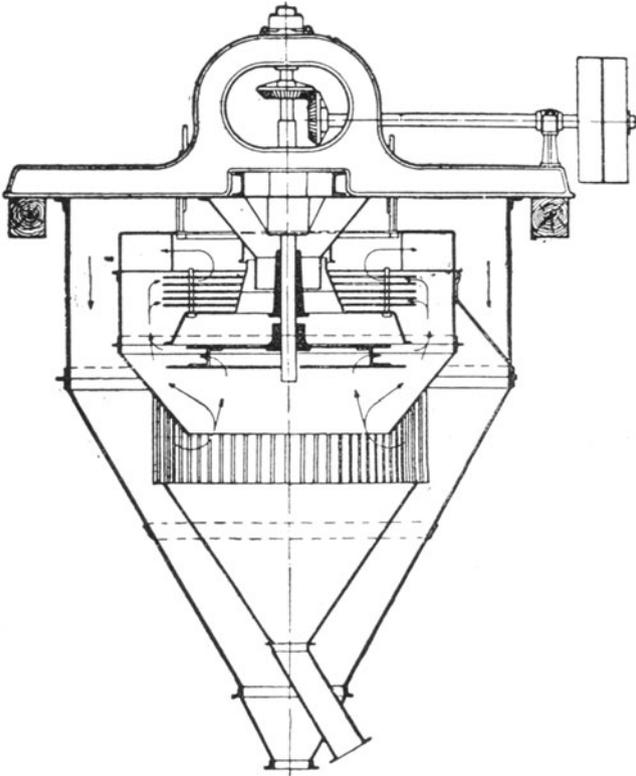


Abb. 165. Feinsichter des Arlodwerkes.

Es gibt noch eine ganze Reihe von Windsichterausführungen, die einige Verschiedenheiten in der Bauart je nach ihrem Hersteller aufweisen.

Die Abb. 163 stellt einen Schnitt des Windsichters der Alpenin Maschinenfabrik dar.

Die Abb. 164 zeigt die Außenansicht des gleichen Windsichters.

Die nebenstehende Zahlentafel 49 bezieht sich auf die gängigen Größen des Sichters C. I. M. (Hersteller J. Duchez Père & Fils).

Der Windsichter weist zahlreiche Vorzüge gegenüber dem Metallgewebesichter auf, besonders wenn es sich um die Herstellung großer Feinheiten handelt.

Zahlentafel 49. Windsichter.

Maschine Nr.	1	2	3	4	5
Durchmesser der zylindrischen Umhüllung . . . mm	1500	1800	2100	2500	3000
Riemen- { Durchmesser . . . „	400	500	500	600	700
scheiben { Breite . . . „	110	110	110	150	150
Umdrehungen i. d. Min. . . .	300	260	240	220	180
Kraftverbrauch . . . . HP	2	3	4	5	7
Allgemeiner { Höhe . . . mm	2700	3000	3200	4000	5800
Raum- { Breite . . . „	1800	2000	2800	3200	3600
bedarf { Länge . . . „	1600	2000	2800	3200	3600
Leistung in der Stunde, je nach Feinheit . . . . kg	400–800	800–1500	1500–3000	3000–4500	4500–6000
Gewicht der vollständigen Maschine . . . . . kg	1000	1500	2100	3200	4400

Tatsächlich passen Siebe nicht für besonders große Feinheiten, weil sie immer zerreißen und sich verstopfen, sobald das Sicht gut die geringsten Spuren von Feuchtigkeit enthält.

Der Windsichter ergibt große Leistungen bei verhältnismäßig geringem Raumbedarf und niedrigem Kraftverbrauch.

Je nach der Bauart kann man jeden Grad der Feinheit erzielen von Sieb Nr. 60 oder 100 bis zum Sieb Nr. 200 bis 250.

Die Feinheit des Mehles ist immer in genügend weiten Grenzen durch einfache Bewegung von einigen Handrädern oder Muttern einstellbar. Der Windsichter verbraucht immer dieselbe Luft, und infolge des geschlossenen Umlaufes zeigt sich kein Freiwerden von Staub.

Endlich ist der Windsichter eine Maschine von einfacher und starker Bauart, die aus wenigen dem Verschleiß unterworfenen Teilen besteht, stoßfrei und ohne Erschütterungen arbeitet und deshalb leicht instand zu halten ist.

Indessen, wenn man sehr große Feinheiten erreichen muß, hat der Windsichter so, wie wir ihn eben beschrieben haben, nur noch eine geringe und wenig wirtschaftliche Leistung. Unter den verschiedenen ausgedachten Verfahren, um diesem Übelstand abzuhelpfen, erwähnen wir zuerst den Feinsichter „Selektor“, der vor etwa 20 Jahren von Pfeiffer erfunden wurde.

In diesem Selektor ist eine Anzahl dünner, wagrecht stehender Blechscheiben, die sehr nahe beieinander liegen, zwischen dem Streuteller und dem Windrad eingebaut, und diese nehmen an ihren Umdrehungen teil. Die Maschine ist so eingerichtet, daß die durch das Windrad angesaugte und mit Staub gesättigte Luft zuerst zwischen den Blechscheiben von außen nach innen hindurchgehen muß. Während dieses Durchganges legen sich die etwa zu groben Stoffteilchen auf die Scheiben, die ihnen einen zentrifugalen Stoß geben und sie in den Raum für

Rückstände zurückschicken. Diese Vorrichtung erzeugt ein unfühlbar feines Mehl und eine zufriedenstellende Leistung.

Die Abb. 165 zeigt einen Feinsichter, der von der Fabrik Arlod gebaut ist.

Eine andere Lösung dieser Frage ist durch den amerikanischen Feinsichter „Gayco-Emerick“ gebracht worden. (Schematische Darstellung in Abb. 166.) Das durch die Mitte der hohlen Antriebswelle aufgebogene Sichtgut wird durch einen sich drehenden Streuteller und eine Gegen-

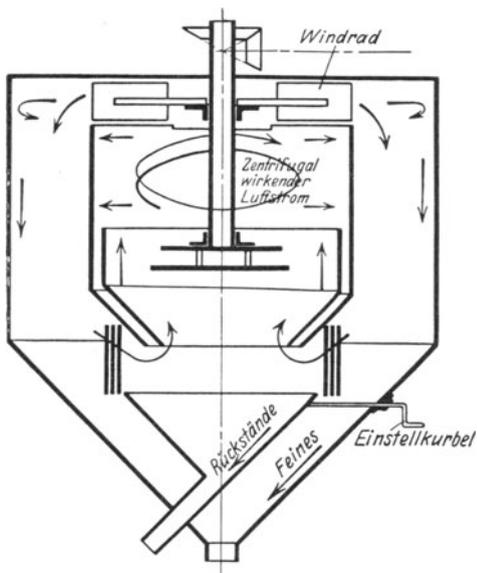


Abb. 166. Separator Gayco-Emerick (Schema).

scheibe aufgeben und fällt in nacheinanderfolgenden, gleichmäßig verteilten Mengen in den aufsteigenden Luftstrom wie bei den schon beschriebenen Maschinen.

Aber bei dieser Maschine ist hier ein Trennungsraum zwischen dem Streuteller und dem Windrad eingeschaltet. In diesem Raum erhält nun der Luftstrom eine zentrifugale Wirkung, die eine wirkliche Sortierung des Staubes, womit er gesättigt ist, hervorruft. Nur die feinsten Teilchen gehen über den oberen Rand des Trennungsraumes und durchstreichen den Raum des Windrades. Diese feinen Staubteilchen setzen sich endlich an der äußeren Umhüllung nieder, wo eine Wirkung wie beim

Zyklon eintritt. Der verlangsamte Luftstrom wird noch durch einen mit Widerständen versehenen Filter zu streichen gezwungen, in welchem er noch den etwa vorhandenen Rest an Staubteilchen abgibt, bevor er in den Absaugraum zurückkehrt. Auf diese Weise besteht der aufsteigende Luftstrom immer aus sehr reiner Luft, die geeignet ist, ein Maximum von feinen Staubteilchen aufzunehmen.

Die Maschine ist so gebaut, daß, wenn sie einmal eingestellt ist, jede Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeit die Menge der Leistung beeinflusst, nicht aber den Feinheitsgrad des Mehles.

Dieser wird eingestellt durch mehr oder weniger starkes Hinaufziehen des konischen Trichters für die Rückstände (Grieße) mittels einer an der Außenseite der Maschine angebrachten Kurbel. Es wird dann der Lufteintrittsquerschnitt am Austritt des Entstaubungsfilters verändert.

Der „Gayco-Emerick“-Sichter wird in 4 gängigen Größen gebaut von 2400, 3000, 3600 und 4200 mm Durchmesser, die eine entsprechende Betriebskraft von 6, 7½, 9 und 11 HP verbrauchen. Die Hersteller sind die Franzosen H. Mariolle in Saint-Quentin.

Die Leistungen sind, je nach dem gewünschten Feinheitsgrad und dem Zustand des Sichtgutes, wesentlich verschieden. So leistet zum Beispiel ein „Gayco-Emerick“ von 4200 mm Durchmesser laufend 18000 bis 20000 kg Portlandzement in der Stunde von einer Feinheit von 83 bis 85% durch das Sieb Nr. 200.

Im ganzen genommen sind die Windsichter Maschinen, die vollständig zum Sichten von allen trockenen Rohstoffen in feinem Zustande ausreichen. Allgemein sollen sie mit vorgemahlenem Sichtgut beschickt werden, das Stücke enthält, die nicht größer sind als höchstens 15 bis 20 mm. Meistens aber wird es vorteilhaft sein, schon im voraus alle Stücke, die größer als 6 bis 8 mm sind, mit Hilfe eines Rund- oder Stoßsiebes auszuschneiden. Unter diesen Umständen werden alle Teilchen, die schon die gewünschte Feinheit haben, selbsttätig ausgeschieden. Das praktische Betätigungsfeld umfaßt alle Feinheitsgrade vom Sieb Nr. 60 bis Nr. 350. Die Leistungsfähigkeiten sind offenbar unter dem Umstand sehr befriedigend, es mit einer gut gebauten und befriedigend einstellbaren Maschine zu tun zu haben. Die Windsichter haben eine zahlreiche Verwendung gefunden, und wir werden sie immer mehr in allen denjenigen Industriezweigen finden, die sich mit der Feinmahlung von trockenen Rohstoffen, beschäftigen, wie: Zement, Kalk, Phosphate, Talkum, Kohle, Ocker, usw.

In der Zusammenarbeit im geschlossenen Umlauf mit Ringmühlen oder Kugelmühlen aller Ausführungsarten erhöhen sie beträchtlich die Leistungsfähigkeit dieser Mahlmaschinen.

Eine andere Art der Windsichtung ist schon in dem Kapitel Pendelmühlen oder Horizontalkugelmühlen beschrieben worden. Diese Ausführungen bestehen aus der Vereinigung mehrerer Maschinen:

1. Einem konisch ausgebildeten Absaugeraum, der über der Mühle oder irgendeinem anderen Apparat, in welchem das Sichtgut im Zustand der dauernden Bewegung gehalten wird, angebracht ist,

2. Einem Ventilator, der in der Mitte oder am oberen Teil des Absaugeraumes abzieht;

3. Einem Zyklon, in welchen der Ventilator die mit Staub beladene Luft zurückdrängt. Ein Zyklon besteht in der Hauptsache aus einem zylindrischen Raum, in welchem die Staubluft durch ein tangential angebautes Eintrittsrohr eingblasen wird. Die auf diese Weise entwickelte Zentrifugalwirkung ruft einen Unterdruck hervor, der einen Niederschlag des Staubes herbeiführt. Die Anordnung verschiedener Flügel oder Widerstände unterstützt diesen Vorgang. Ein darunterliegender

konischer Trichter fängt den Staub auf. Die gereinigte Luft verläßt den Zyklon durch eine Rohrleitung, die in der Mitte des oberen Deckels angebracht ist.

4. Gewöhnlich kehrt diese Luft in den Ansaugeraum mittels einer geeigneten Rohrleitung zurück.

5. Auf Grund des vorhandenen Unterdruckes in den Maschinen unter 1. und 3. findet beständig Wiedereintritt von Luft in großen Mengen statt. Diese Luft, welche beim Umlauf abgeführt werden sollte, wird durch einen Schlot abgezogen. Sie geht aber erst in einen Hilfszyklon oder in einen Schlauchfilter, die dazu bestimmt sind, den Staub zu gewinnen, den sie noch mit sich führt.

Die Abb. 97, 111, 116 und 150 zeigen die ganze Einrichtung dieses Systems, das für die verschiedenen Mühlenarten angewendet worden ist.

Wir hatten hier eine Verbindung mit Luftfördermaschinen und Staubabscheidern herzustellen, deren Einzelheiten anzugeben aber über den Rahmen dieses Kapitels hinausgehen würde.

### III. Wasserscheider (Spitzlutten).

Wir haben im Verlauf der Besprechung der amerikanischen Kugelmühlen oft die Anspielung auf die Anwendung von Vorrichtungen für die Sortierung nach Korngröße gemacht, die über Schlamm oder eine Mischung von zerkleinerten Rohstoffen und Wasser arbeiten.

Ogleich diese Maschinen auf ganz und gar verschiedenen Grundsätzen gegenüber denen beruhen, die wir eben beschrieben haben, so erzeugen sie in der Tat doch eine Sortierung nach Korngröße. Deshalb hat ihre Besprechung hier doch ihren Platz, der ihnen im Verlauf dieses Kapitels zugewiesen ist.

Der Grundsatz der Klassierung durch Wasser ist schon längst bekannt, und die ersten Anwendungen reichen mehr als ein halbes Jahrhundert zurück. Die Anwendung hat sich während langer Zeit nur auf die Behandlung der Erze beschränkt. Vor dem Bekanntwerden der Rundsiebe und verschiedener anderer, schon beschriebener Vorrichtungen, war die Klassierung durch Wasser das einzig bekannte Mittel, um die verschiedenen Feinheitsgrade in Hinsicht auf die Behandlung auf Herden zu trennen.

Trotz der Einführung dieser Naßsichter, hat die Verwendung der Naßscheider mehr und mehr zugenommen.

Um ein Bild von der außerordentlichen Bedeutung, welche die Klassierung durch Wasser einnimmt, zu geben, beschränken wir uns darauf hinzuweisen, daß es gegenwärtig in Amerika mehrere Unternehmen gibt, von denen jede täglich 20000 t Kupfererz verarbeitet. Diese ganz bedeutende Menge wird gänzlich auf eine solche Feinheit mit Hilfe von

in geschlossenem Umlauf mit Spitzlutten arbeitenden Kugelmühlen gemahlen, daß praktisch auf dem Sieb Nr. 48 keine Rückstände zurückbleiben.

Die Klassierung auf nassem Wege ist im allgemeinen angezeigt zur Kontrolle von allen Mahlvorgängen, die man auf nassem Wege vorzunehmen vorteilhaft befunden hat. Das sind in diesem Falle fast alle Einrichtungen zur Aufbereitung von Erzen und gewisse Mühlen für Kalk, Phosphate, Gips, Schwerspat, Quarzsand, usw.

Das praktische Betätigungsfeld für die Klassierung durch Wasser umfaßt alle Rohstoffe in Stücken, die kleiner sind als 1 bis 2 mm, obgleich Kiese bis 6 mm auf nassem Wege klassiert werden können. Über diese Abmessungen hinaus ist immer eine Siebung vorzuziehen. Eine untere Grenze der Abmessungen besteht praktisch nicht, da man doch im Laboratorium Teilchen hat trennen können, deren Größe natürlich nur theoretisch den Anforderungen des Siebes Nr. 3000 genügt haben würde.

Wir wollen nun noch kurz die Theorie der Wasser-Klassierung betrachten, und dann werden wir noch einige dieser Maschinen beschreiben. Wir werden vollständig die alten Bezeichnungen wie Labyrinth, Spitzkasten, Spitzlutte usw., deren Beschreibung in allen Abhandlungen über die mechanische Aufbereitung zu finden ist, aufgeben und werden uns nur an die neuesten Maschinen halten.

Wenn wir in ruhig stehendes Wasser eine Handvoll Sand mit Kies vermischt fallen lassen, werden wir feststellen können, daß die Teilchen um so schneller den Boden erreichen werden, je größer sie sind.

Wenn wir nun eine Handvoll Sand mit Bleikörnchen von gleicher Größe wie die Sandkörnchen in das Wasser fallen lassen, so werden die Bleikörnchen als erste den Boden erreichen.

Im ersten Falle haben die Körner das gleiche spezifische Gewicht, aber ungleiche Größe. Der Widerstand des Wassers gegen den Fall der Körper ist eine Funktion der Oberflächenreibung und ist verhältnismäßig viel größer für die kleinen Teilchen als für die großen. Die Rohstoffkörner werden also um so schneller fallen, je größer sie sind. Das ist das Grundgesetz für die Wasserklassifikation (Spitzlutten).

Im zweiten Falle ist der Wasserwiderstand für alle Teilchen gleicher Größe absolut gleich. Die dichtesten, also die spezifisch schwersten, sind diejenigen, deren Fall am meisten beschleunigt wird. Das ist das Grundgesetz für die Anreicherung der Erze.

Die Gesetze für den Fall der Körper im Wasser sind in der Wirklichkeit sehr verwickelt. Sie sind analytisch durch Rittinger untersucht, und deren Formel

$$V = 2,44 D (\Delta - 1)$$

ist nur auf Korngrößen anwendbar, die größer als 1 mm sind. Sie gestattet ferner, die Fallgeschwindigkeit eines Masseteilchens zu bestimmen

als Funktion seines Durchmessers und seines spezifischen Gewichts. Durch Versuche sind die Feststellungen von Prof. Richards gemacht worden, dessen Beobachtungen in sehr ausführlichen Zahlentafeln aufgezeichnet worden sind. Munroé hat den behinderten Fall untersucht und eine Theorie aufgestellt über die Reibung der Körper untereinander.

Die nachstehende Zahlentafel gibt die mittlere Fallgeschwindigkeit von Körnern verschiedener Größe und dem spezifischen Gewicht (2,6), welches das mittlere spezifische Gewicht des Quarzes ist, und die meisten zum Bauen verwendeten Rohstoffe (Sand, Kalk, Granit, usw.) an.

Zahlentafel 50. Fallgeschwindigkeit im Wasser nach Siebnummern.

Maschen (Sieb Tyler Standard)	Durchmesser der Körner mm	Fallgeschwindigkeit mm i. d. Sekunde
20	0,833	99
28	0,589	71
35	0,417	50,8
48	0,295	35,5
65	0,208	25,4
100	0,147	16,8
150	0,100	10,4
200	0,074	6,4

Im allgemeinen können die Faktoren, die Einfluß auf den Fall eines Masseilchens im Wasser haben, eingeteilt werden in: Spezifisches Gewicht, Masse oder Abmessung, Gestalt des Kornes, Wirkung der Masse (Einfluß der Körper aufeinander) Porosität, Temperatur des Wassers und manchmal auch Magnetismus.

Die Verwendung des Fallgesetzes der Körper im Wasser ist vielseitig. Wir beschäftigen uns hier nur mit denjenigen, die Bezug auf die Klassierung nach Korngröße haben und lassen die Klassierung nach Dichte und Anreicherung beiseite. Diese befindet sich in besonderen Werken, die die mechanische Aufbereitung der Erze behandeln, ausführlich beschrieben.

Die Verfahren der Klassierung nach Korngröße auf nassem Wege tragen verschiedene Namen, je nach dem Zweck ihrer Anwendung.

Man nennt Dekantieren oder Absetzen den Vorgang, die Masseilchen, welche in der Wassermenge enthalten sind, sich einschließlich bis zu einer gewissen Abmessung setzen zu lassen, um dann einerseits das geklärte, oder nur mit feinsten Teilchen getrübe Wasser ablassen zu können, anderenteils den Rückstand an Sand mit geringem Wassergehalt zurückzuhalten.

Man nennt Waschen den Vorgang, den Sand mit Hilfe eines Wasserstromes von den unfühlbar feinen Tonteilchen, welche etwa daran kleben könnten, zu trennen.

Man nennt die Klassierung eigentlich den Vorgang, ein unmittelbar aus der Grube kommendes Rohmaterial in bestimmte Korngrößen zwischen gewissen Grenzen zu trennen.

Die hauptsächlichsten Anwendungen der Wasserklassierung sind folgende:

Die Nachprüfung von Schwerspatmehl, Farben, Kalk und verschiedenen Erzen, die durch Naßmahlung erzeugt wurden.

Das Waschen und die Klassierung von Bausand,	
„ „ „ „ „	„ Sand für die Glasfabrikation,
„ „ „ „ „	„ Sand für die Formerei,
„ „ „ „ „	„ Sand für feuerfeste Produkte,
„ „ „ „ „	der Abfälle von Sandstein, Schmirgel,
„ „ „ „ „	von Ockererden,
„ „ „ „ „	„ Phosphaten usw.

In Hinsicht auf die Arten der zu verwendenden Maschinen unterscheiden wir übrigens genügend willkürlich drei Arten.

1. Maschinen mit Gegenstrom,
2. „ „ aufsteigendem Wasserstrom,
3. „ „ Oberflächenstrom.

Bevor wir nun in die Besprechung von Einzelheiten eintreten, wollen wir noch die Erklärung von einigen gebräuchlichen Ausdrücken geben:

Man nennt „Sand“ alle Teilchen von gekörnter Gestalt, deren größte Abmessung im Mittel bis 6 mm festgelegt werden kann. Dieser Ausdruck bezieht sich ebenso auf Natursand aus Flußläufen oder aus der Grube, als auch auf Sand, der beim Brechen von Gestein erzeugt wird.

Man bezeichnet mit „slimes“ oder Schlamm die Teilchen von unfühlbarer Feinheit, welche in einem Brechgute enthalten sind. Allgemein liegt die Korngröße unter derjenigen von Sieb Nr. 200.

Unter „overflow“ (Überlauf) versteht man das feine Material, das am oberen Teil des Wasserklassierers (Spitzlute) festgehalten wird.

Man nennt „underflow“ das grobe Material, welches sich am unteren Teil des Klassierers ansammelt.

Mit „Pülpe“ bezeichnet man den Schmutz oder eine mehr oder weniger dicke Brühe aus Wasser und Sanden.

Der Wassergehalt der Pülpe versteht sich immer in Gewichtsprozenten.

Die erste Art der Klassiervorrichtungen arbeitet nach dem schematisch dargestellten Grundsatz (Abb. 167). In der Mitte eines runden Behälters oder irgendeiner anderen Form, die mit Wasser gefüllt ist, tritt durch ein Rohr der Schlammstrom ein. Ein senkrecht stehendes Rohrstück veranlaßt den Schlammzufluß in das Innere des Behälters hinab- und dann wieder gegen die Oberfläche hinaufzusteigen. Der

Querschnitt des Behälters ist so berechnet, daß der aufsteigende Strom eine etwas kleinere Geschwindigkeit besitzt als die Fallgeschwindigkeit

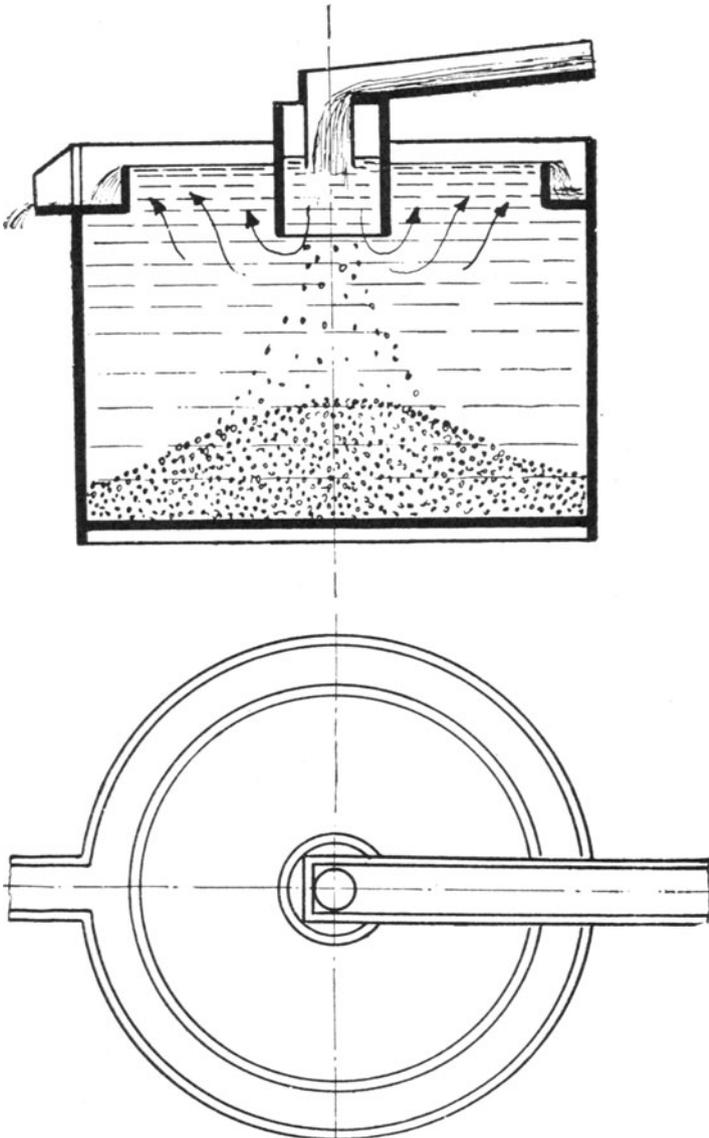


Abb. 167. Schema eines Klassierers mit Gegenstrom.

keit der größten Teilchen, die man gewinnen will. Ebenso, wenn wir unter Voraussetzung der Bedingungen der Zahlentafel 48 einen Schlamm-

strom von  $1 \text{ m}^3$  in der Minute oder  $16 \text{ l}$  in der Sekunde erhalten, in welcher wir alle Teilchen, die größer als  $0,208 \text{ mm}$  (Sieb Nr. 65) sind, absetzen lassen wollen, wird die Geschwindigkeit des aufsteigenden Stromes kleiner als  $25,4 \text{ mm}$  in der Sekunde werden müssen. Das ergibt einen Querschnitt, dessen Minimum  $630 \text{ mm}^2$  beträgt, oder einen äußeren Durchmesser des Wasserbehälters von ungefähr  $1000 \text{ mm}$ .

Unter diesen Voraussetzungen fallen alle Teilchen, welche größer sind als Sieb Nr. 65, auf den Boden des Behälters, während die feineren Teilchen, durch den Wasserstrom mitgenommen, in dem ringförmigen Ablaufkanal gesammelt werden und durch ein Seitengerinne ablaufen. Wenn mehrere Produktsorten gewonnen werden sollen, kann man mehrere, ähnliche Gefäße aufstellen. Der Überlauf des einen dient zur Speisung des nachfolgenden Gefäßes. So wie die abzusetzenden Erzeugnisse immer feiner werden, ist es selbstverständlich, daß die Querschnitte der Behälter immer größer werden müssen.

Diese Vorrichtungen waren früher sehr gebräuchlich. Sie sind aber durch modernere Maschinen ersetzt worden auf Grund mehrfacher Übelstände:

1. Sie beanspruchen sehr viel Platz.
2. Wenn die zu klassierenden Sande sehr tonhaltig sind, ist das Waschen sehr schwer; denn die Körner nehmen bei ihrem Fall Teile des Tonschlammes mit.
3. Es ist sehr schwierig, die klassierten Erzeugnisse in vorteilhafter Weise wieder aufzunehmen.

Bei den Maschinen rohester Bauart ist der Betrieb nur satzweise möglich. Sobald der Sand, der sich auf den Boden des Behälters absetzt, eine gewisse Höhe erreicht hat, läßt man das darüberstehende Wasser ab. Dann entleert man den Sand mit der Schaufel oder, wenn der Behälter sehr groß ist und man mechanische Fördermittel aufstellen kann, mit Hilfe eines Kranes oder einer fahrbaren Brücke mit einem Greifer.

Eine sehr vollkommene Vorrichtung besteht in der Verwendung der Flüssigkeit der Sande mit schwachem Wassergehalt (Quicksands). Der Sand enthält 25 bis 30% Feuchtigkeit und stellt tatsächlich einen genügend flüssigen Schlamm von mittlerem spezifischen Gewicht  $1,8$  dar, der über eine Neigung von nur 25% vollständig frei laufen kann. Wenn das Absetzgefäß am Boden in Form eines konischen Trichters mit einer Entleerungsöffnung in der Mitte ausgebildet ist, kann man durch Anheben des Schützens, der die Öffnung verschließt, die am Boden des Gefäßes angesammelten Sandmengen ablaufen lassen.

Die Abb. 168 zeigt schematisch im Schnitt eine in dieser Weise gebaute Maschine, welche diese letzten Vervollkommungen vereinigt: der Konus „Allen“.

Das Absetzen vollzieht sich in einem konischen Behälter aus Stahlblech. Ein ringförmiger Blechschwimmer folgt den Schwankungen der Schlammoberfläche am oberen Teil des Konusses von selbst, wie seine Dichteschwankungen (mehr oder weniger großer Gehalt an Sanden) auftreten und beeinflusst mittels einer ausbalancierten Zugstange das

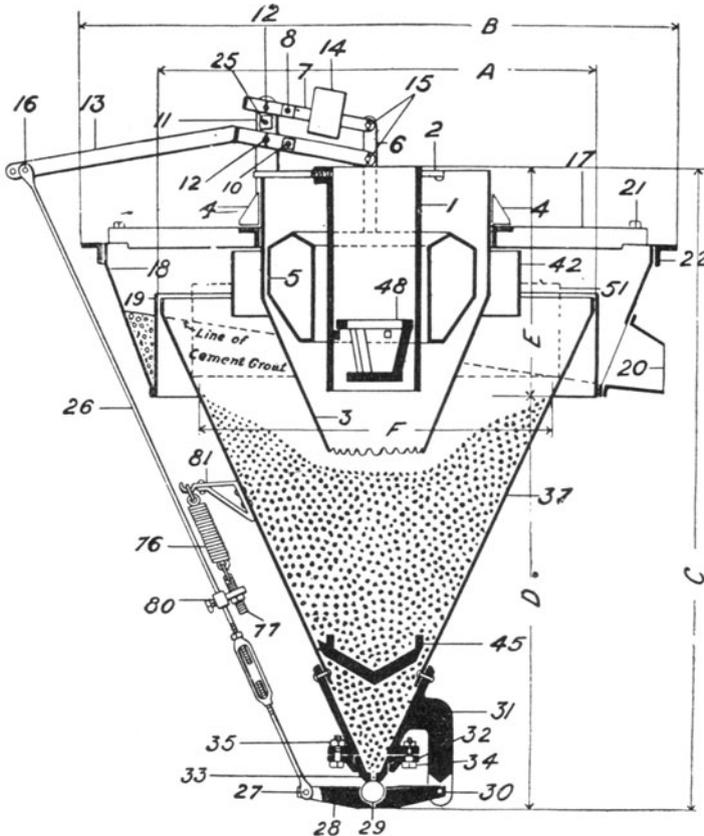


Abb. 168. Konus von Allen.

an der Spitze des Konus angebrachte Sandauslaufventil. Auf diese Weise ist die Austrittsöffnung des Sandes jederzeit im Verhältnis zur Menge des Sandes, die in die Maschine eintritt, eingestellt.

Der Konus „Allen“ liefert, unter der Bedingung genügender Beschickung, regelmäßig und ohne irgendeine Betriebskraft Sande von geringem Wassergehalt. Diese sind genügend gereinigt und getrennt von allen feineren Teilchen, als die verlangten Korngrößen.

Mehrere solche Vorrichtungen hintereinander aufgestellt, erlauben ein Produkt in ebenso viele Sorten zu klassieren, wie nötig sind.

Das Prinzip des Konus „Allen“ ist in gleicher Weise zum Waschen und ununterbrochenem Absetzen eingerichtet mit Hilfe von Vorrichtungen, die sich äußerlich wenig unterscheiden.

Die zweite Art von Klassiervorrichtungen, welche wir zu betrachten haben, ist diejenige, die mit aufsteigendem Strom arbeitet.

Das Schema Abb. 170 gestattet uns, den Grundgedanken der Arbeitsweise dieser Vorrichtung klarzumachen. Der Schlammstrom wird in das Klassierrohr durch einen seitlichen Trichter eingeführt. Dieses Rohr (Sorting Column) ist nach unten offen, und ein Teil des Schlammes fließt in dieser Richtung aus. Aber dieser Abfluß allein genügt nicht, und der größte Teil des Schlammstromes wird in dem Rohr in die Höhe steigen, um durch den oberen Auslauf abzufließen. Auf diese Weise bildet sich ein aufsteigender Strom, der die Teilchen von einer gewissen Feinheit ab mit sich zieht, während die übrigen nach unten fallen und durch den unteren Auslauf (Spigot) abgezogen werden. Die auf diese Weise erzielte Trennung wird dennoch unvollkommen sein, denn mit Rücksicht auf den geringen Querschnitt der Absetzzone wird eine ganze Anzahl von feinen Teilchen durch den Fall der groben mitgerissen. Hier tritt nun ein Strom von reinem Wasser in Tätigkeit. Ein Wasserstrahl wird unter Druck (Hydraulic water) durch ein Knierohr im rechten Winkel zum Ausflußrohr eingeführt. Dieser Wasserstrahl teilt sich in zwei Strömungen. Der eine schwächere geht nach unten, um den Sandaustritt zu erleichtern. Der andere aufsteigende bewirkt die Trennung und zieht die feinen Schlammteilchen mit sich, die der Wirkung des natürlichen Schlammstromes entgangen sind.

Dieser eben beschriebene Apparat hat die folgenden Nachteile: Die Notwendigkeit eines reinen Wasserstrahles und die Einführung dieses Wassers in den Schlamm, das nachher meistens wieder absetzen muß.

Schlechtes Arbeiten, wenn sich die Schlammzuführung nicht absolut gleichmäßig nach Qualität und Quantität vollzieht.

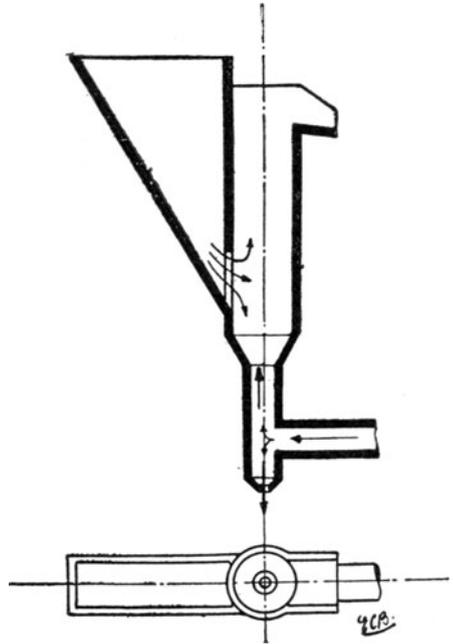


Abb. 169. Schema einer Klassiervorrichtung mit aufsteigendem Strom.

Er hat aber den unbestrittenen Vorzug einfach zu sein, wenig Platz zu beanspruchen und sich leicht unter einer geneigten Rinne (oder „sluice“) den Verhältnissen anzupassen, die den Schlamm von einem Apparat in den anderen führt, ohne den Lauf zu unterbrechen. Verschiedene Verbesserungen sind an diesem eben beschriebenen Verfahren vorgenommen worden. Man hat regulierbare Scheidewände (Spitzlutten) eingebaut, sowie Luftkammern, um den Druck und die Reinwasserverteilung (Bauart „Anaconda“) einzustellen. Schließlich ein selbsttätiges Ventil, welches das Wasser durch Pulsation (stoßweise) einführt (Richards Pulsator-Klassierer).

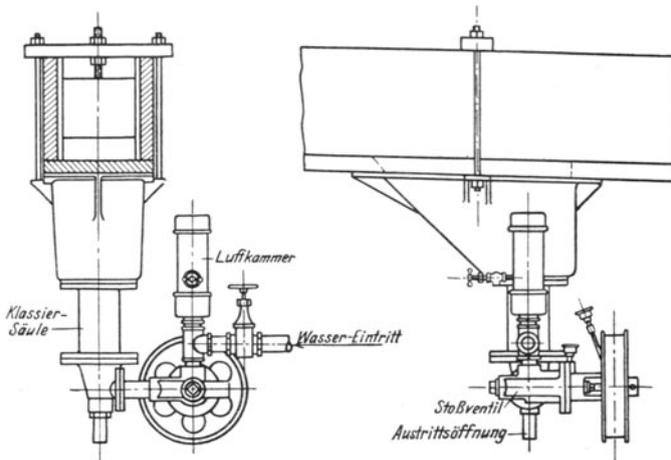


Abb. 170. Klassierer Richards.

Diese letzte Vorrichtung zeigt die Abb. 170, die an eine Holzrinne angeschraubt ist. Ein Rohr von 37 mm Durchmesser führt das Wasser unter 6 kg mittlerem Druck herbei. Das Pulsationsventil wird durch eine kleine Riemenscheibe von 300 mm Durchmesser und 70 mm Breite, die 120 Umdrehungen in der Minute macht, angetrieben. Der Kraftverbrauch ist ungefähr  $\frac{1}{10}$  HP.

Man kann leicht mehrere solcher Richards Pulsator-Klassierer unter derselben Rinne anbringen, so daß man mehrere Sorten Produkte von immer kleiner werdenden Abmessungen erhält. Solche Einrichtungen werden viel angewendet in den mechanischen Erzaufbereitungen zur Vorklassierung der Rohstoffe vor der Aufgabe auf die Konzentrationsherde.

Eigentlich kann man hier nicht mehr von einer Klassierung nach Korngröße sprechen, sondern von einer Klassierung nach Gleichwertigkeit. Das zu verarbeitende, aus ungleichartigen Körnern zusammengesetzte Gut, sowie die Verschiedenheit des spezifischen Gewichts

kommen zu gleicher Zeit mit dem Unterschied des Volumens zusammen. Jeder Klassierer wird die gleichwertigen Körner ausscheiden, das heißt, ein Gemenge von Körnern von einem Volumen, das umgekehrt proportional zu ihrer Dichte (spez. Gewicht) ist nach der Beziehung

$$\frac{D}{D_1} = \frac{A_1 - 1}{A - 1}.$$

Diese Klassierung nach Gleichwertigkeit paßt für eine nachfolgende gute Verarbeitung auf den Konzentrationsherden.

Die hauptsächlichste Anwendung der Frischwasserstrahl-Klassierer beruht gerade auf dieser Arbeitsweise, und wir glauben nicht, daß sie wenigstens fabrikmäßig zum eigentlichen Klassieren nach Korngröße verwendet worden sind.

Dennoch hat man in der Verbindung ihrer Arbeitsweise mit derjenigen anderer Apparate einen Vorteil finden können, um beispielsweise Waschmaschinen herauszubringen, die dazu bestimmt sind, um sehr feine Teilchen abzuscheiden.

Die dritte Art der Wasser-Klassierer, die wir erwähnt haben, sind die Klassierer mit Oberflächenstrom, deren Verwendung in Verbindung mit der Vermahlung sehr häufig ist. Die Abb. 171 stellt schematisch die Arbeitsweise dieses Apparates dar. Ein

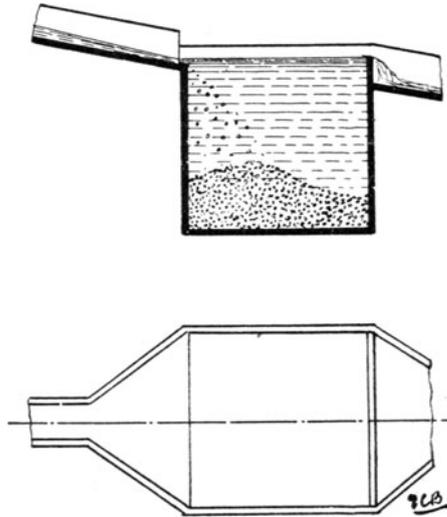


Abb. 171. Schema eines Klassierers mit Oberflächenstrom.

vier- oder rechteckiger Kasten, dessen Länge zu bestimmen ist, ist mit Wasser gefüllt und erhält an dem oberen Teil den Schlammstrom, der durch eine 5 bis 10° geneigt liegende, offene, sich fächerartig ausbreitende Rinne zugeführt wird. Der Schlammstrom durchfließt die Oberfläche des Wassers im Kasten in ganz dünner Schicht und wird durch einen Abweiser am gegenüberliegenden Kastenrand aufgehhalten. Die feinen Teilchen, die nicht die Zeit zum Niederfallen hatten, laufen über den Abweiser, während die gröberen sich im Innern des Kastens absetzen. Der Feinheitsgrad der ablaufenden Schlammteilchen ist proportional der Länge des Kastens und umgekehrt proportional der Neigung der Zuführungsrinne, das heißt der Geschwindigkeit des Schlammstromes. Auf diese Weise eingerichtete Absatzkästen können mehrere hintereinander aufgestellt werden, um somehrere Sorten Sand zu erhalten.

Die Übelstände dieser einfachen Vorrichtungen sind die gleichen wie bei den Klassierern mit aufsteigendem Strom, nämlich: Großer Platzverbrauch, schlechtes Ausschlämmen und schwieriges Entleeren.

Die selbsttätige Entleerung ist zuerst mit Hilfe eines schräg stehenden Becherwerkes mit vollen oder durchlochten Bechern, die die Sandmasse ausbaggerte, ausgeführt worden (dewatering elevators). Dann sind verschiedene fortdauernd arbeitende Fördervorrichtungen ausgedacht worden, die sich wieder an zwei Hauptausführungen anschließen:

Konische Behälter mit unterbrochenem Betrieb.

Schrägliegende Kästen mit Kratzer-, Schneckenförderung u. a.

Die erste Ausführungsart ist von einem mustergültigen Vorbild abgeleitet, das unter dem Namen Spitzkasten bekannt ist.

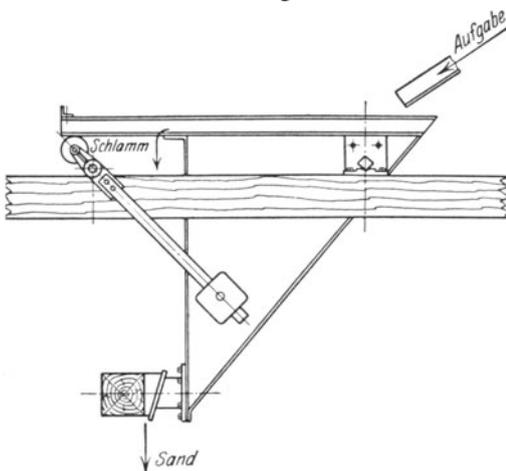


Abb. 172. Sandabsetzkasten, Bauart Stephens Adamson.

Die konischen Behälter und die Kästen verschiedener Bauarten, die unter der amerikanischen Bezeichnung „Sand Settling tanks“ bekannt sind, stellen die neusten Formen dieses Apparates dar.

Bei den meisten dieser Maschinen bewirkt das Gewicht des am Boden des Behälters abgesetzten Sandes die Öffnung eines Ventils, welches den Abfluß nach Maßgabe der Leistungsfähigkeit sichert. Die Abb. 172 stellt einen von der Gesellschaft Stephens Adamson gebauten Sandauffangkasten schematisch dar. Der dreieckige Blechkasten liegt auf Schneiden und ist durch ein Gegengewicht ausgeglichen. In dieser ausbalancierten Lage wird er durch Anlehnen an den Verschußstöpsel erhalten. Das Zusatzgewicht des abgesetzten Sandes ruft ein Schaukeln hervor, das die Öffnung des Ventils freigibt.

Bei dem konischen Behälter „Dull“ ist der Aufnahmebehälter in Form eines umgekehrten Konus ausgebildet und an einem Hebelsystem aufgehängt, welches die Öffnung des Ventils beeinflusst.

Ein konischer Behälter „Dull“ von 1800 mm Durchmesser wiegt ungefähr 900 kg. Er kann ungefähr in der Minute 3750 l Wasser mit 20% Sandgehalt umsetzen. Die ausgeschiedene Sandmenge ist dann ungefähr 45 m<sup>3</sup> in der Stunde.

Der „Tank“ von Allen ist ein pyramidenförmiger Kasten aus

Blech, dessen unteres Ventil durch eine Art Schwimmer beeinflusst wird, ähnlich dem, wie er anlässlich des Konus Allen (Abb. 161), von dem gleichen Konstrukteur erbaut, beschrieben worden ist.

Alle diese Maschinen werden zum Waschen und Klassieren von Sand in den großen amerikanischen Anlagen verwendet. Sie erhalten das Gemisch von Wasser und Sand, indem es unmittelbar durch eine Zentrifugalpumpe aus dem Fluß angesaugt wird, oder sie werden im Anschluß an eine Reihe von Sortiertrommeln, welche die von einem Bagger herangeschafften Kiese und Steine klassieren, aufgestellt. Die Aufgabe des Wasserklassierers ist in diesem Falle, den feinen Sand von dem Schmutz zu trennen, der von dem Abwasser der Sortiertrommeln mitgenommen wurde.

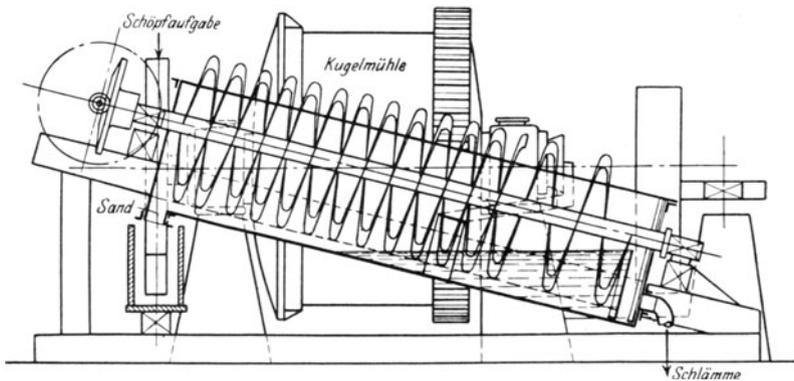


Abb. 173. Klassierer „Akins“ in Verbindung mit einer Kugelmühle.

Die zweite Ausführungsart, welche wir nun einer Besprechung unterziehen wollen, umfaßt Apparate, die ganz besonders dem Mühlenbetriebe mit geschlossenem Umlauf angepaßt sind.

Wir werden zwei von den gebräuchlichsten Arten beschreiben: den Klassierer „Akins“ und den Klassierer „Dorr“.

Die Abb. 173 zeigt einen Klassierer „Akins“ in Verbindung mit einer Kugelmühle. Diese Maschine setzt sich zusammen aus einem geneigt liegenden Blechtrog (mittlere Neigung  $21^{\circ}$ ). Im Innern des Troges dreht sich langsam eine Schnecke, welche aus einem Stahlband gebildet ist und von an der Welle befestigten Stützen gehalten wird. Die Aufgabe erfolgt durch eine seitliche Eintrittsöffnung, die ungefähr in der Mitte der Troglänge angebracht ist. Der untere Teil der Schnecke, welcher in die Flüssigkeit taucht, besteht aus einem Stück, während der obere Teil Unterbrechungen aufweist. Die feineren Teilchen werden durch die Strömung mit fortgerissen und durch zwei am Kopfende befindliche Rohre entleert, während die Sande langsam durch das Schneckenband nach oben befördert werden. Die Einschnitte im oberen Teil

des Schneckentroges haben den Zweck, das Wasser und die feinen Teilchen, die etwa an den Sandkörnchen hängengeblieben sein könnten, ausfließen zu lassen. Ihre Abmessungen und Anzahl ist eine Funktion, die von der mehr oder weniger großen Feinheit der Scheidung abhängig ist.

Die hauptsächlichste Verwendung findet dieser Klassierer im geschlossenen Umlauf mit einer Kugelmühle oder einer Rohrmühle. Der Austrag aus der Kugelmühle geht vollständig durch den Klassierer. Die Übergänge werden nach Verhältnis abgeführt, während der Sand nach der Mühlenaufgabe zurückkehrt. Wenn diese mit einer Schnecken- aufgabe von großem Halbmesser vorgesehen ist, ist kein Becherwerk notwendig. Der Sand wird dann unmittelbar in einen Behälter oder die Schöpfer der Aufgabevorrichtung ausgeschüttet. Diese Vorrichtung ist fast die gleiche wie bei einer Rohrmühle.

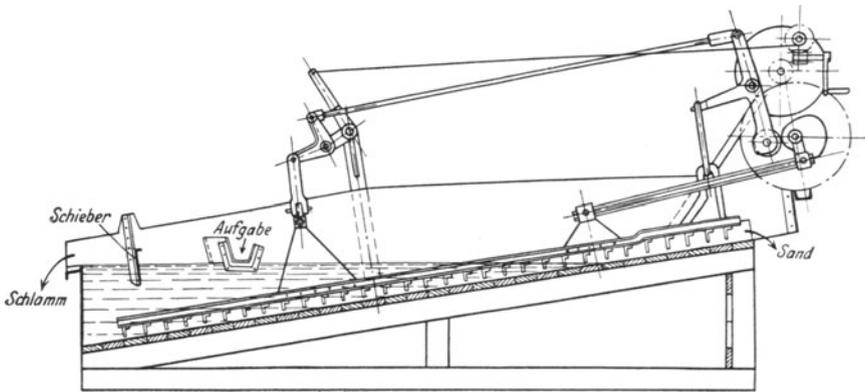


Abb. 174. Klassierer „Dorr“.

Der „Akins“-Klassierer kann alle Feinheiten von Sieb 40 bis Sieb 200 mit einer Wirkung, die von 80 bis 95% schwankt, trennen, das heißt, daß der Sand nicht mehr als 5 bis 15% feinere Teilchen enthält wie die vorgeschriebenen Abmessungen, während die Übergänge praktisch keine Rückstände auf dem festgesetzten Sieb zurücklassen.

Der Klassierer „Dorr“, der von „The Dorr Compagny“ in New York gebaut wird, ist schematisch in der Abb. 174 dargestellt.

Die Sandabscheidemaschine besteht hier in einem Satz Schaufeln, die sich in Wechselbewegung befinden. Während der Vorwärtsbewegung stoßen die Schaufeln den Sand vor sich her, dagegen bei dem Rückgang werden sie selbsttätig hochgehoben und lassen das zu befördernde Material auf seinem Platz liegen. Diese Vorrichtung hat glänzende Erfolge ergeben, denn der Sand wird durch kleine Sprünge, welche durch Ruhepausen getrennt werden, aufgehäuft, während welcher das Auswaschen sich vervollständigen kann. Die Feinheit ist einstellbar durch

die Schwingweite der Schaufeln, die man mit Hilfe einer Einrichtung, wie sie auf Abb. 174 angegeben ist, verändern kann.

Die „Dorr“-Klassierer werden häufig in den modernen Aufbereitungsanlagen für den Betrieb mit Kugel- oder Rohrmühlen im geschlossenen Umlauf angewendet. Die nachstehende Zahlentafel 51 gibt die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Größen der „Dorr“-Klassierer an.

Zahlentafel 51. Leistungsfähigkeit der „Dorr“-Klassierer.

Feinheit des Produktes Sieb Nr.	28	48	65	100	150	200
Hin- und Hergänge i. d. Min. Neigung cm auf den Meter	25-30 27-31	25-30 25-37	20-25 23-25	16-20 21-23	12 16-19	12 16-19
Lösungsverhältnis des Schlammes . . . . .	2:1	3:1	3,5:1	4,6:1	6,10:1	10,15:1
Austragsfähigkeit (Tonnen in 24 Stunden in getrocknetem Produkt):						
Modell C Simplex Breite 685 mm Typen SSC u. SVC	150-200 350	100-150 350	75-125 300	40-75 250	50-50 200	20-30 200
Überlauf Sande . .						
Modell C Duplex Breite 1370 mm Typen DSO u. DWC	300-350 700	250-300 700	150-250 600	100-150 500	75-100 400	50-60 400
Überlauf Sande . .						
Modell D Duplex Breite 1830 mm Typen DSD u. DWD	450-600 1500	400-500 1500	300-350 1250	200-300 800	150-200 600	75-125 600
Überlauf Sande						

## Zwölftes Kapitel.

**Zerkleinerungsanlagen. Hilfsmaschinen.**

Wir beabsichtigen nun, sehr schnell die verschiedenen Maschinen, wie sie im Verlauf des Betriebes folgen und welchen man fortwährend in den Zerkleinerungsanlagen begegnet, einer Durchsicht zu unterziehen. Das sind diejenigen Maschinen, welche zur Bedienung der Zerkleinerungsmaschinen und zum Austrag ihrer Erzeugnisse dienen.

In erster Linie werden wir also die verschiedenen Apparate zur maschinellen Aufrechterhaltung des Betriebes zu betrachten haben. Die Aufgabe der maschinenmäßigen Behandlung der Rohstoffe und Erze ist an sich sehr verwickelt, so daß wir sie nicht mit einigen Seiten abtun können. Wir beschränken uns aber hier darauf, eine elementare Technologie der verschiedenen bekannten Apparate zu bringen, damit das Studium des letzten Teiles unseres Buches: „Arten der allgemeinen Anlagen“ nicht zu einer undeutlichen Erklärung der Fachausdrücke für irgend jemand führen könnte.

## I. Betrieb im Bruch und in der Grube.

Die mit Hilfe von Sprengstoffen gelösten Gesteine oder Erze werden auf Feldbahnen oder Karren geladen. Meistens findet das Beladen mit der Hand statt. Man verwendet neuerdings in den Bergwerken mehrere Arten von Bandtransporteuren, die das Werfen mit der Schaufel vermeiden und in Bühnenhöhe beschickt werden. In den Brüchen verallgemeinert sich mehr und mehr der Gebrauch der Dampfschaufel. In Amerika ist diese Maschine schon allgemein in Gebrauch. Sie gestattet Blöcke bis zu einem Kubikmeter Größe und mehr zu erfassen, und täglich eine ganz bedeutende Leistung zu erzielen. Die Anwendung der Dampfschaufel erfordert natürlich genügend stark gebaute Waggonets und einen Vorsteinbrecher von ganz beträchtlichen Abmessungen, um die Blöcke, die die Schaufel in vorteilhafter Weise noch ergreifen kann, aufzunehmen.

Eine Schaufel „Marion“ Nr. 51 mit einem Aufnehmer von 1 bis  $1\frac{3}{4}$  m<sup>3</sup> Fassungsraum und 7 m größte Ausladung ist imstande, eine Stundenleistung von 60 bis 180 m<sup>3</sup> zu bewältigen.

Die im Bruch verwendeten Waggonets sind ganz aus Eisen hergestellt oder mit einem Rahmen und einem Kasten aus Holz. Der Kasten ist umkippar oder aber mit einer Seitenöffnung versehen, um ein schnelles Entladen zu ermöglichen. Die gängigsten Fassungsvermögen der Waggonets sind  $\frac{1}{2}$ , 1 und 2 m<sup>3</sup>. Sie rollen auf Schienen, deren Spurweite von 500 bis 1000 mm schwankt.

Bei den Anlagen von einiger Bedeutung und wenn der Steinbrecher in der Höhe des Bruches aufgestellt ist, werden die Waggonets in Zügen mit Hilfe kleiner elektrisch betriebener oder Benzinlokomotiven geschleppt.

Wenn aber eine beträchtliche Störung der wagrechten Ebene vorhanden ist, benutzt man schiefe Ebenen mit Seilzug, die allgemein so angelegt sind, daß das Gewicht des geleerten Wagens sich ständig mit dem des beladenen Wagens ausgleicht.

Bei Ankunft an dem Bestimmungsort werden die Waggonets entweder von Hand gekippt oder mit verschiedenen mechanischen Vorrichtungen entleert.

Wenn die Entfernung zwischen Bruch und Zerkleinerungsanlage sehr beträchtlich ist, wird die Überführung der Rohstoffe mit Hilfe einer Drahtseilbahn bewirkt werden können.

Ferner besteht noch ein letztes Transportmittel von dem Bruch bis zum Brecher in dem Ausbaggern des Sandes und Kieses aus dem Fluß mittels Pumpen, Saugbaggern oder Kräne mit Greifer, Schleppbagger, usw.

## II. Betrieb im Zerkleinerungsraum.

Nachdem die Rohstoffe durch den ersten Steinbrecher gegangen sind, werden sie im allgemeinen mittels ständig laufender Fördervorrichtung weitergeleitet.

Die in wagrechter oder nur wenig geneigter Richtung laufenden Förderungen werden mittels Transportbändern ausgeführt. Wir unterscheiden:

### 1. Förderschnecken,

die aus einer Welle bestehen, um welche dünne Blechspiralen befestigt sind. Das Ganze dreht sich im Innern eines geschlossenen Blechtroges. Das an einer beliebigen Stelle der Länge desselben in den Trog eingeführte Fördergut wird in einer bestimmten Richtung durch die Drehung der Spirale fortgeschafft. Die mit einem Schieber versehenen Austrittsöffnungen gestatten, an irgendeinem Punkte der Schnecke das Fördergut austreten zu lassen.

Die Förderschnecken fördern nur grießige oder mehlartige Rohstoffe. Die größeren Stücke, die größer als 25 mm sind, besonders wenn es sich um abschleifend wirkende Rohstoffe handelt, rufen einen großen Verschleiß hervor. Die praktisch ausführbare größte Länge einer Förderschnecke beträgt 40 m.

Man baut Förderschnecken von 150 bis 600 mm Durchmesser, deren Stundenleistung von 1 bis 80 m<sup>3</sup> je nach Durchmesser und Umdrehungszahl schwankt.

Die Förderschnecke ist eine einfache, sehr wirtschaftlich arbeitende Maschine zur Förderung von granulierten und mehlartigen Rohstoffen (Kalk, Zement, Phosphate, Getreide, Kohle, usw.) für eine geringe Länge (2 bis 20 m). Zur Beförderung von scharfen Grieben oder Rohstoffen in groben Stücken und für sehr lange Förderwege zieht man andere Maschinen vor.

### 2. Förderrohre.

Sie bestehen aus einem zylindrischen, wagrecht liegenden Rohr, das im Innern mit Schneckenflügeln versehen ist und sich auf einem Satz von Laufrädern um seine Achse dreht. Die Rohstoffe werden im Innern des Rohres mit Hilfe der Schneckenflügel befördert. Diese Maschinen werden bisweilen zum Fördern von heißen oder in großen Stücken befindlichen Rohstoffen gebraucht, wie Zementschlacken, gebrannter Kalk, usw.

### 3. Schüttelrinne.

Diese Maschine besteht aus einer Blechrinne, die durch Federn getragen wird und durch eine wechselnde Bewegung mittels eines Mechanismus aus Schubstange und Kurbel angetrieben wird. Auf

Grund der schrägen Stellung der Unterstützungen beschreibt die Schüttelrinne eine Wurfbewegung wie bei einer Schaufel, die das Fördergut bei jeder Umdrehung vorwärts wirft.

Bei anderen Maschinen der gleichen Bauart ist die Bewegung der Rinne gradlinig, denn sie rollt auf einem Rollengestell, jedoch gibt ihr der Antriebsmechanismus eine gleichmäßig beschleunigte Vorwärtsbewegung, sie wird dann kurz aufgehalten, und es erfolgt ein rascher Rücklauf, der eine Vorwärtsbewegung durch die Trägheit des Rohmaterials hervorruft (Propeller-, Torpedorinne, usw.).

Die in Amerika wenig verwendeten Maschinen werden dagegen in Europa sehr geschätzt, so zum Fördern von Kohlen und Erzen, sowie zur Behandlung von Kalk, Zement und aller Arten Stoffen in Mehlform oder Stücken.

Sie haben den Übelstand, hauptsächlich die erste Bauart, heftige Rückstöße in den Unterstützungen hervorzurufen und diese auf das Gerüst und auf die Gebäude fortzusetzen.

Die praktisch mögliche, größte Länge für einen Antrieb ist 40 m.

Man führt Schüttelrinnen bis zu 1200 mm Breite aus mit einer Stundenleistung von 80 bis 120 t aus.

#### 4. Bandtransporteur.

Diese Maschinen haben ein Band ohne Ende aus Stahl, Baumwolle oder Balata, das auf Tragrollen liegt und auf welchem die Rohstoffe befördert werden.

Die Ränder des Bandes werden allgemein mit Hilfe von schräg stehenden Führungsrollen in die Höhe gehoben, um auf diese Weise die Nutzleistung zu vergrößern.

Der Bandtransporteur kann eine wagrechte oder auch eine leicht geneigte (bis  $15^{\circ}$  höchstens) Förderung ausführen. Die Förderfähigkeit hängt von der Geschwindigkeit und der Breite des Bandes sowie auch von den Eigenschaften des zu fördernden Rohstoffes ab.

Die Aufgabe des Gutes kann an irgendeiner Stelle der Länge des Bandes erfolgen.

Das Abwerfen vollzieht sich regelrecht über die Kopfscheibe. Verschiedene Vorrichtungen gestatten es, dasselbe an irgendeiner Stelle des Bandlaufes vorzunehmen.

Die Bandtransporteure können ganz beträchtliche Längen erreichen: 100, 200 und bis 275 m.

Sie besorgen schnell und wirtschaftlich die Förderung aller mehlartigen und stückigen Rohstoffe, deren Korngröße sich nach der Breite des Bandes richtet.

Die Zahlentafel 52 gibt die erforderlichen Angaben einer Reihe von amerikanischen Bandtransporteuren an.

Zahlentafel 52. Maße und Gewichte der Bandtransporteure Bauart „Dodge“ Standard.

		Breite des Bandes									
		300	400	500	600	750	900	1000	1200		
Anzahl der Einlagen . . . . .		3	4	5	6	6	8	8	10		
Größte Abmessungen der zu fördernden, abgeseihten Stücke . . . . . mm		37	63	90	115	150	190	230	250		
Stücke, wie sie aus dem Bruche kommen (Fördergut) . . . . . "		63	100	125	200	300	380	460	500		
Mittlere Entfernung der Tragrollen:											
Obere Tragrollen . . . . . m		1,5	1,5	1,2	1,2	1,10	1,10	1,10	1,10		
Untere Tragrollen . . . . . "		3	3	3	3	3	3	3	3		
Größte Länge von Mitte Welle bis Mitte Welle:											
Wagrecht liegendes Band:											
Rohmaterial vom spez. Gew. 0,8 . . . . . m		215	220	230	250	205	260	240	275		
" " " " 1,6 . . . . . "		152	160	166	180	146	186	170	196		
Geneigt liegendes Band 1:3 (18 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>0</sup> ):											
Rohmaterial vom spez. Gew. 0,8 . . . . . m		85	87	95	93	75	96	80	88		
" " " " 1,6 . . . . . "		49	48	50	52	42	52	44	49		
Mittlere Bandgeschwindigkeit:											
Leichtes Material (Meter in der Minute) . . . . . m		60	60	60	60	60	60	60	60		
Schweres Material (Meter in der Minute) . . . . . "		60	120	120	120	120	120	180	180		
Leistung in Tonnen/Stunden bei mittl. Geschwindigkeit:											
Leichtes Material . . . . . t		22	40	62	92	150	210	280	370		
Schweres Material . . . . . "		44	120	248	368	600	840	1120	1480		
Kraftverbrauch entsprech. d. mittl. Geschwindigkeit und größten Länge:											
Leichtes Material . . . . . HP		4,3	7,6	12	18	23	38	45	64		
Schweres Material . . . . . "		4,3	11,4	24	36	46	77	135	19		
Abmessungen der Kopfscheibe (für die größte Länge):											
Durchmesser . . . . . mm		600	800	1000	1200	1200	1600	1600	2000		
Breite . . . . . "		350	450	550	650	800	950	1100	1250		

### 5. Blechbrückentransporteur.

Diese Maschinen arbeiten genau so wie die Bandtransporteur, nur bestehen sie aus einer oder zwei Metallketten, die Blechbrücken und Winkeleisen tragen, die zusammen eine ununterbrochene, gelenkige Oberfläche bilden.

Die Blechbrückentransporteur sind sehr schwer, laufen sehr langsam und sind schwerer gebaut als die Bandtransporteur. Sie dienen zur Beförderung von großen Mengen heißer Rohstoffe oder solche in sehr großen Stücken und können eine Steigung bis zu  $45^{\circ}$  bewältigen.

### 6. Kratzertransporteur.

Sie sind wie die vorhergehenden ausgeführt mit einer oder zwei Ketten ohne Ende. Aber hier sind die Blechbrücken rechtwinkelig zur Förderrichtung gestellt und schaben das auf dem Boden der Rinne, welche unter der Kette angebracht ist, liegende Fördergut ab. Die Rinne steht fest, nur die Kratzer und das Fördergut bewegen sich. Diese Maschinen werden zu dem gleichen Zweck verwendet, wie die vorhergehenden: Förderung von zerkleinerter Kohle und Erzen.

### 7. Transporteur mit sich drehenden Bechern.

Diese Maschinen werden überall in den großen Heizanlagen verwendet. Sie bestehen aus einer doppelten Kette, die sich drehende, dicht neben einander angeordnete, kastenartige Becher trägt. Der Förderweg kann in beliebiger Weise geführt werden und führt gewöhnlich durch das ganze Gebäude, indem der Transporteur Kohlen herbeibringt und sie in den oberen Teilen des Gebäudes verteilt, dann leer nach der entgegengesetzten Seite heruntersteigend, die Asche und Schlacken im Vorbeigehen unter den Heizungsanlagen aufnimmt.

Bewegliche Anschläge sorgen dafür, daß die kastenförmigen Becher selbsttätig an der gewünschten Stelle umkippen.

**Die Becherwerke** besorgen die senkrecht oder stark geneigt liegenden Förderungen. Sie bestehen im allgemeinen aus einer Kettenkunst oder Becherkette.

Die Becher sind aus getriebenem Blech, genietetem Blech oder aus schmiedbarem Guß, je nach den Anforderungen, hergestellt. Ihr Fassungsraum wechselt von 1 bis 10 Liter und mehr. Er ist nicht allein eine Funktion der zu sichernden Leistungsfähigkeit, sondern auch der größten Abmessungen der zu fördernden Stücke. Die Gestalt der Becher wechselt nach der natürlichen Beschaffenheit der zu fördernden Rohstoffe und nach dem Grade der Neigung des Becherwerks.

Die Becher werden an einem Gurt oder einer Kette ohne Ende aufgereiht. Für den Gurt verwendet man Leder, Gummi- oder Balata-

gurt. Der Gummigurt paßt besser für feuchte oder sehr scharfe Rohstoffe. Der Baumwollgurt kann am wirtschaftlichsten erscheinen, wenn es sich um die Förderung von leichten oder wenig scharfen Rohstoffen handelt.

Die Ketten werden oft an Stelle der Riemen vorgezogen, wenn das Fördergut schwer ist und aus großen Stücken besteht. Andererseits ist ihre Verwendung ausgeschlossen, wenn man es mit warmen oder ätzenden Rohstoffen zu tun hat. Die Ketten können mit auswechselbaren Gliedern versehen sein (Ewart, Simplex, Ley, usw.) oder von der Bauart Gallscher Gelenkketten für Triebwerke und Kettenräder oder endlich von der gewöhnlichen Ausführung mit kalibrierten Gliedern. Diese letztere Ausführung ist besonders wirtschaftlich für die Becherwerke mit geringer oder mittlerer Beanspruchung.

Der Gurt oder die Kette wickelt sich über zwei Trommeln ab, deren eine, die Kopftrommel, den Antrieb erhält, während die Fußtrommel gewöhnlich mit einer Spannvorrichtung mit Stellschraube oder Gegengewicht versehen ist. Die Aufgabe erfolgt ein wenig über der unteren Trommel in einem Blech- oder Gußeisentrog. Die Entleerung vollzieht sich oben an der Kopftrommel. Bei den senkrecht stehenden Becherwerken läßt man die Zentrifugalkraft einwirken, um das Fördergut über die Bahn der Becher hinauszurufen. Bei den schrägliegenden Becherwerken vollzieht sich die Entleerung durch die Wirkung der einfachen Schwerkraft. Ein Holz- oder Blechgehäuse umhüllt das ganze Becherwerk.

Die gängigsten Abmessungen verwenden Becher von einer Breite von 150, 250 und 350 mm. Die entsprechenden größten Leistungsfähigkeiten betragen 5, 10 und 20 m<sup>3</sup> in der Stunde.

Es werden aber auch Becherwerke für Leistungsfähigkeit bis zu 300 m<sup>3</sup> in der Stunde gebaut.

**Trichter und Silos.** Wir führen die einfachsten und die am wenigsten umfangreichen dieser Zubehörteile des Mahlraumes nur an, um sie ins Gedächtnis zurückzurufen. Sie haben hauptsächlich den Zweck, dem Ausgleich des Mahlgutes während des Fabrikationsganges zu dienen, und dementsprechend sind ihre Fassungsräume vorgesehen.

Man kann drei Arten von Vorratsbehältern unterscheiden:

a) Vorratsbehälter, in welche man die Rohstoffe vor jeder Bearbeitung einlagert. Je nach der Herstellungsweise sind diese umfangreiche Bauwerke, aus Mauerwerk oder aus armiertem Beton hergestellt, oder auch ein einfacher, freier Platz unter freiem Himmel, auf welchem man das Gestein oder die Erze aufhäuft;

b) Vorratsbehälter zum Ausgleich im Verlauf der Herstellung. Sie werden zwischen zwei aufeinanderfolgende Maschinen eingeschaltet und dienen zum Ausgleich zwischen der Produktion der

ersten Maschine und zur Speisung der zweiten. Das sind im allgemeinen einfache Vorlagen aus Holz oder Blech, deren Fassungsraum nur einige Kubikmeter beträgt. Zuweilen dienen sie auch zur Zwischenlagerung des Mahlgutes nach der Sortierung. In diesem Falle werden sie in eine angemessene Anzahl von Abteilungen (Taschen) geteilt.

c) Die Lagersilos am Schlusse der Herstellung, die dazu bestimmt sind, um als Ausgleich zwischen der Produktion und dem Absatz zu dienen. Ihr Fassungsraum ist veränderlich je nach den Bedürfnissen und der Eigenart der Herstellungsweise. Zuweilen spielen auch die Vorratsbehälter eine wirksame Rolle bei der Bearbeitung des fertigen Erzeugnisses. Ebenso die Silos zum Ablöschen bei der Kalkhydratherstellung und die Klinkersilos bei der Zementherstellung.

Im nächsten Kapitel werden wir einige Beispiele der Anwendung in verschiedenen Fällen kennenlernen.

**Selbsttätige Aufgabevorrichtungen.** Von außen oder von irgend einem Vorratsbehälter kommende Rohstoffe sollen einer Mühle oder einer Fördermaschine, die sie aufzunehmen bestimmt sind, gleichmäßig zugeteilt werden.

Das ist eine durchaus notwendige Bedingung für das einwandfreie Arbeiten der genannten Maschinen. Die gleichmäßige Beschickung wird mechanisch mit Hilfe von selbsttätigen Aufgabevorrichtungen besorgt. Die Wichtigkeit dieser Maschinen in den Zerkleinerungsanlagen steht außer Frage.

Wir wollen nun schnell die hauptsächlichsten, bekanntesten Ausführungen besprechen.

Die Schubwagenaufgaben (Abb. 175) bestehen aus einer geneigt liegenden Rinne mit ebenem Boden, die frei über einen Satz Laufräder gelagert ist. Diese letzteren sind auf einem Gerüst oder auf einem gemauerten Fundamentsockel festgemacht. Eine Exzenterstange versetzt die Rinne (Schüttelschuh) in eine hin und her gehende Bewegung. Über dieser öffnet sich der Boden des Vorratsbehälters, der das Aufgabegut enthält. Zwei Seitenwände und eine Wand auf der Hinterseite gehen bis nahe an den Boden des Schüttelschuhes heran, während nach vorn ein Schieber die Böschungshöhe der Aufgabegutschüttung im schwingenden Schüttelschuh einstellt. Wenn der geneigt liegende Schüttelschuh vorwärts geht, zieht er eine gewisse Menge Aufgabegut mit sich fort. Die hinter ihm geschaffene Leere füllt sich sofort durch das Herabfallen des Vorratsbehälterinhaltes. Beim Rücklauf stößt der Inhalt des Schüttelschuhs gegen die hintere Wand des Trichters, die nun gewissermaßen einen Schaber bildet, und der Schüttelschuh zieht sich leer zurück. Eine gewisse Menge Aufgabegut ist so gezwungen, den Schüttelschuh zu verlassen. Man trägt dieser Tatsache Rechnung

beim Einstellen der Böschungshöhe am Eintritt in die Aufgabe und stellt so den Abgang von dieser durch jede Umdrehung des Exzenters ein.

Diese Maschinen müssen sehr stark und schwer gebaut werden; denn ihre Arbeit ist sehr schwer. Zur Beschickung eines Steinbrechers mit Rohstoffen soll man keine geringere Breite des Schiebers als 500 mm annehmen.

Für die weitere Behandlung des schon auf eine untere Abmessung von 120 oder 100 mm vorgebrochenen Rohmaterials kann man eine gleiche Sorte Aufgabevorrichtung verwenden, aber mit geringerer Breite des Schiebers, etwa von 250 bis 400 mm wechselnd.

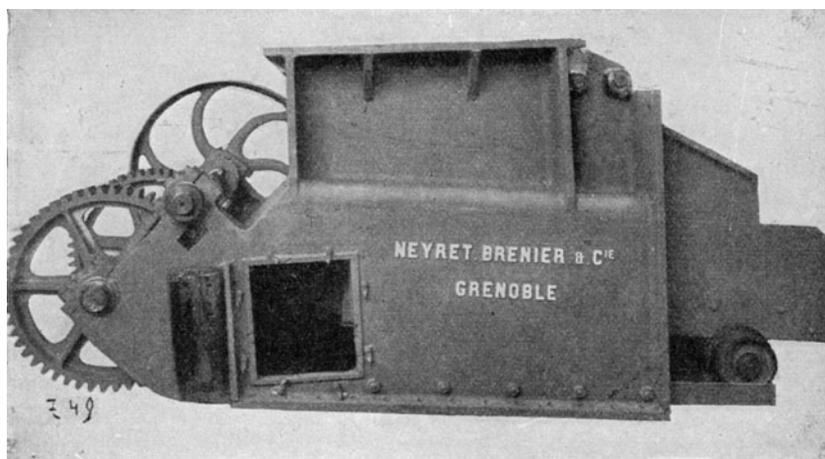


Abb. 175. Schubwagenaufgabe.

Ein unter dem Vorratsbehälter aufgestelltes Blechbrückenförderband von sehr großer Breite und sehr kräftiger Bauart kann als Aufgabe für Rohstoffe dienen, wie sie unmittelbar aus der Grube oder dem Bergwerk kommen. Die Bauausführung dieser Maschinen („apron feeders“) ist ähnlich derjenigen der Fördervorrichtung des gleichen Namens, nur haben sie einige Meter Länge. Wenn die Blechbrücken aus Stahlstangen bestehen, die einen Rost bilden, so fällt das Feine, welches in dem Aufgabegut enthalten ist, quer durch das Förderband und wird in einem besonderen Behälter gesammelt, während der Steinbrecher nur große Stücke erhält.

Bei den Kolbenaufgaben ist ein Gußzylinder am unteren Ende des Vorratsbehälters angebracht. Seine Achse liegt wagrecht oder nur wenig geneigt. Ein Teil des Zylinders unter dem Vorratsbehälter ist

offen. Ein geführter Kolben drängt bei jedem Vorwärtsgen das herabgefallene Rohmaterial durch die Wirkung seines eigenen Gewichts in den Zylinder zurück. Wenn der Kolben sich zurückzieht, füllt sich der Zylinder von neuem. Der jedesmalige Abgang an Rohmaterial hängt von der Weglänge des Kolbens und seiner Stellung in bezug auf die Öffnung im Vorratsbehälter ab. Diese Stellung ist leicht durch ein Handrad, das hinter dem Apparat sich befindet, einzustellen. Ein Kolbenspeiser, der etwa 700 kg wiegt, kann in einer Stunde 6 t Rohstoff in Stücken, die die Größe von 200 mm erreichen können, aufgeben.

Die Stoßschuhspeiser (Abb. 176) bestehen aus einem Stoßschuh aus Gußeisen oder Blech, der durch ein Paar Lenkstangen beweglich

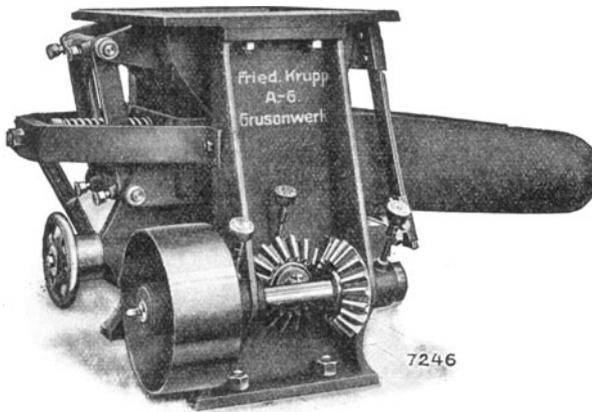


Abb. 176. Stoßschuhspeiser.

angelenkt ist und dessen äußerstes Ende durch Federn an den Holzschuhleisten befestigt ist. Ein Daumen, der durch ein Vorgelege angetrieben wird, hebt dieses gefeder- te Ende in die Höhe, dann läßt er es kurz unter der Wirkung der Federn zurück- fallen. Zu gleicher Zeit geben die Auf- hängelenkstangen

dem Stoßschuh einen Längsstoß, so daß das Aufgabegut durch den Ruck abfällt.

Diese Maschine kann auf einem gemauerten Sockel aufgestellt werden, wie es auf der Abbildung zu sehen ist, oder aber an dem unteren Teil des Vorratsbehälters aufgehängt werden. Man kann damit Aufgabegut behandeln, dessen Körnung nach seinen eigenen Abmessungen von 20 mm Größe bis zu 200 mm wechselt.

Der Stoßschuhspeiser wird häufig für die Aufgabe des Mahlgutes in die Grieß- und Feinrohmühlen angewendet; denn die Gestalt des Stoßschuhes eignet sich ganz besonders gut, um in den Hohlzapfen dieser Mühlen einzudringen.

Walzenaufgabe. Eine mit Rillen versehene oder glatte Walze dreht sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit unter dem Vorratsbehälter und zieht einen Schleier von Aufgabegut verschiedener Dicke mit sich, je nach dem Zwischenraum, der zwischen Walze und einem

Schieber gelassen wird, der den Rand der Vorratsbehälteröffnung abschließt. Diese Vorrichtung paßt nur für feine Rohstoffe in Gries- oder Mehlform. Wenn er aber als Aufgabevorrichtung für eine Rohmühle oder als Abteilverrichtung für eine nachfolgende Mischung dienen soll, wird das aus der Trommel fallende Mahlgut in eine Transportschnecke von veränderlicher Länge, die entweder mit dem Apparat fest verbunden oder unabhängig von ihm ist, ausgeschüttet.

Die Fächerwalzenaufgabe kann leicht abgedichtet werden. Auch gebraucht man sie zur Einführung von Mahlgut in die gegen Außenluft abgeschlossenen Mühlen, in die ein Wiedereintritt von Luft im Verein mit Rohmaterial vermieden werden muß.

Wirknüpfen bei der Rostaufgabe „Ross“, die in Abb. 177 dargestellt ist, hier wieder an. Diese Maschine besteht aus einer Trommel nach Art der Eichhörchenkäfige, deren einer Teil von Stäben von Gallschen Gelenkketten, die sich auf der Außenseite der Kettenräder abrollen, getragen wird. Die kleinen Stückchen fallen durch den Käfig hindurch und werden in dem darunter

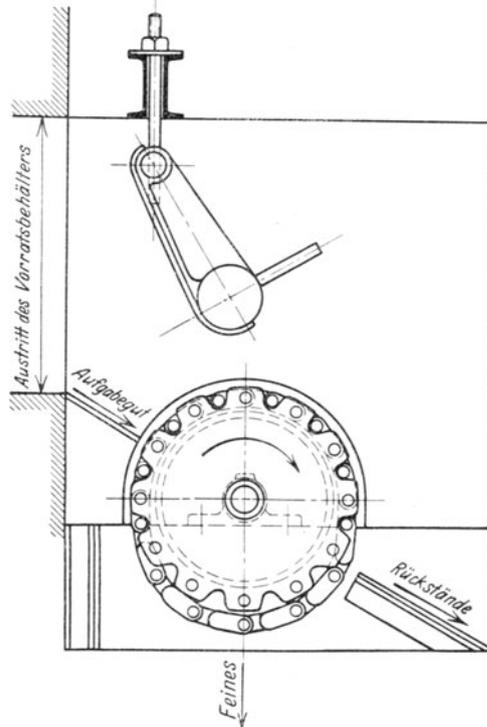


Abb. 177. Rostaufgabe „Ross“.

liegenden Teil gesammelt. Das Zusammenarbeiten erklärt sich leicht an der Hand der Abbildung. Die Rostaufgabe „Ross“ wird von der amerikanischen Firma Chalmers & Williams gebaut. Es ist dies eine sehr kräftig gebaute Maschine, die bedeutende Mengen an Kohle, Koks, Kies, Schotter, Erze, usw. aufgeben und sortieren kann.

Bandspaiser. Ein Förderband rollt sich über zwei Trommeln ab und geht an der Öffnung des Vorratsbehälters vorbei. Es zieht eine gleichmäßige Menge Aufgabegut weg, die je nach der Breite des Förderbandes und seines Abstandes von der Unterkante der Öffnung des Vorratsbehälters verschieden ist. Diese Anordnung hat den ungeheuren Vorteil, eine Magnetscheidetrommel anwenden zu können, die selbst-

tätig alle in dem Mahlgut enthaltenen Metallteile ausscheidet. Die Magnetscheidetrommel wird mit Gleichstrom oder Wechselstrom betrieben, der durch im Innern befindliche Spulen geht. Der Strom erzeugt ein magnetisches Feld, dessen Kraftlinien durch das Förderband hindurchgehen und irgendwelche Eisen- oder Stahlstücke anziehen, die sich in dem auf dem Band beförderten Aufgabegut etwa befinden könnten. Diese angezogenen Körper werden in Kontakt mit dem Förderband festgehalten, bis dieses die untere Bandrolle verläßt. Dann fallen sie in einen für diesen Zweck vorgesehenen Behälter, während das nichtmagnetische Aufgabegut vorher von der Bandrolle fällt. Man kann auf diese Weise Nägel, Bohrstangenspitzen, Muttern, Hammerköpfe, usw., die fortwährend in die Erze oder das Zerkleinerungsgut hineingeraten und deren Einführung in die Mühlen sehr verhängnisvoll werden kann, ausscheiden.

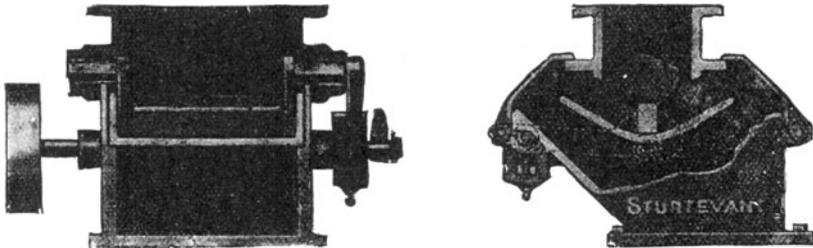


Abb. 178. Pendelspeiser von Sturtevant.

Bei den Pendelspeisern (Abb. 178) ist eine halbkreisförmig-konkave Oberfläche unter der Auslauföffnung des Vorratsbehälters angeordnet. Er wird an seinem Platz durch Flanschen am unteren Teil des Vorratsbehälters befestigt, während das Aufgabegut sich unter der Öffnung des Vorratsbehälters auf der halbkreisförmigen Fläche mit Böschungen nach beiden Seiten aufhäuft. Ein Schaber wird auf der halbkreisförmigen Oberfläche langsam abwechselnd hin und her bewegt. Zu diesem Zwecke ist er an seinen beiden Enden an einer Welle befestigt, deren Mittellinie mit dem Mittelpunkt des Krümmungskreises der halbkreisförmigen Aufgabefläche zusammenfällt. Die Welle ist fest mit einer Kurbel verbunden, die durch den Antrieb eine hin und her schwingende Bewegung erhält. Bei jeder Schwingung wird das Aufgabegut durch den Schaber nach vorn gestoßen und fällt bald von der einen bald von der anderen Seite der halbkreisförmigen Aufgabefläche herab. Das Ganze kann in einstaubdichtes Gehäuse eingeschlossen werden.

Diese Maschine dient zur Aufgabe von vorgebrochenem oder mehligem Mahlgut. Man verwendet sie besonders zur Beschickung von Walzenmühlen, Ringmühlen, usw. Der Ausschlag des Schabers ist mittels einer Kurbel mit veränderlichem Radius verstellbar.

Die Telleraufgabe (Abb. 179) ist eine sehr zuverlässig arbeitende Vorrichtung und wird häufig verwendet. Sie besteht aus einem wagrecht stehenden Teller, welcher sich um seine Achse dreht. Der Auslauftrichter des Vorratsbehälters schüttet in der Mitte über diesem Teller aus. Das Aufgabegut nimmt seine natürliche Böschung an, so daß im Ruhezustand nichts von dem Teller herunterfällt. Ein feststehender Schaber knappert unter der Wirkung der Tellerumdrehung eine mehr oder weniger große Menge von der Böschung ab und ruft das Herabfallen einer bestimmten Menge Aufgabegutes hervor. Der Teller dreht sich in einer Blech- oder Gußumhüllung, welche gegen das etwa zufällige Eintreten des Aufgabegutes und gegen Verstaubung schützt.

Die Einstellung der Aufgabegutabgabe findet in zweierlei Weise statt: Durch Verändern der Lage des Austragschabers und durch mehr oder weniger starkes Anheben der zylindrischen Hülse, welche den Auslauf des Vorratsbehälters umgibt und die Höhe der Böschung bestimmt.

Man baut die Telleraufgaben bis 1500 mm Durchmesser mit einer Leistung von 20 t in der Stunde.

Eine Telleraufgabe von 750 mm Tellerdurchmesser leistet im Mittel bis 6 m<sup>3</sup> in der Stunde.

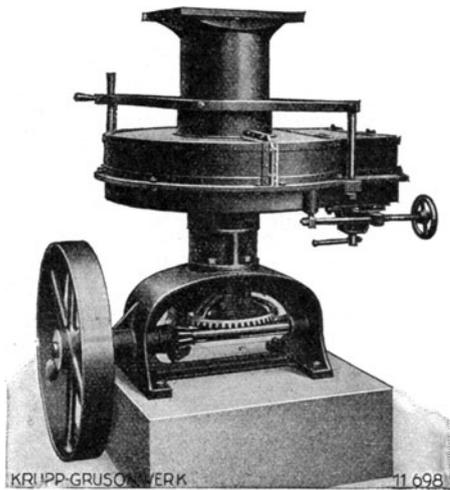


Abb. 179. Telleraufgabe.

Der Kraftverbrauch überschreitet nicht  $\frac{1}{2}$  bis 1 HP.

**Schneckenaufgaben.** Eine Blech- oder Gußeisenschnecke, so wie sie vorher als Fördermittel beschrieben worden ist, kann auch als Aufgabevorrichtung dienen unter der Bedingung, daß sie selbst gleichmäßig beschickt wird. Die Bedingung wird wirklich erfüllt, wenn die Schnecke unmittelbar unter einem Vorratsbehälter angebracht ist, der eine gewisse Menge von körnigem oder mehlartigem Aufgabegut enthält, das wenig Neigung besitzt, Brücken zu bilden.

Die Schneckenaufgaben werden auch zur Einführung des Mahlgutes in die Kugel- oder Rohrmühlen verwendet. Die Aufgabegutmenge wird durch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Schnecke geregelt.

Eine andere Anwendung findet die Schneckenaufgabe bei der Entleerung von mehlartigen Erzeugnissen wie: Kalk, Zement, Phosphate,

Kohlenstaub, usw. (Abb. 180). Im allgemeinen ist die entgegengesetzte Seite der Schnecke einer Gruppe von selbsttätigen Wiege-, Absack- und Faßpackmaschinen angepaßt.

**Doseure** (Abteilvorrichtungen). Es kommt oft vor, daß man gewisse Erzeugnisse in Hinsicht auf eine gewisse Mischung abzuteilen hat, bevor die Mischung in genau bestimmten Verhältnissen vor sich geht. Die Abteilung (Dosierung) findet entweder in angenäherter Weise mittels Karren oder Wagen von bekanntem Inhalt statt, oder mit Hilfe von Apparaten mit ununterbrochenem, selbsttätigem Betrieb. Diese ergeben übrigens einen hohen Genauigkeitsgrad. Sie werden in Doseure nach Volumen und nach Gewicht eingeteilt.

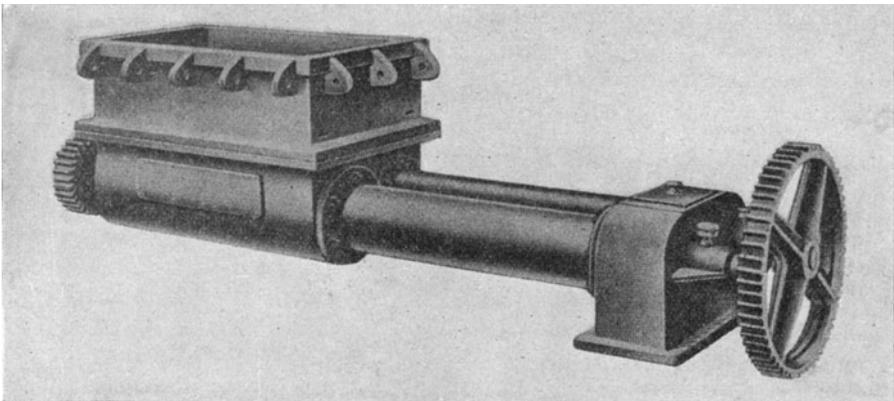


Abb. 180. Entleerungsschnecke, Bauart Chapuis.

Allgemein können alle selbsttätig wirkenden Aufgabevorrichtungen, die wir beschrieben haben, wenn sie genügend eingestellt werden, als Gewichtsdoseure dienen. Die Einrichtungen aber, welche die größte Genauigkeit ergeben und demzufolge die Aufmerksamkeit der Konstrukteure besonders behalten haben, sind die Telleraufgaben und die Rohraufgaben.

Mehrere ähnliche Apparate, die nebeneinander unter entsprechende Vorratsbehälter aufgestellt sind, können den Inhalt der Behälter in dem gewünschten Verhältnis einer Förderschnecke zuführen, die in der gleichen Zeit das Geschäft eines Mischers besorgt.

Man erhält auf diese Weise Mischdoseure, die für die Mischung aller trockenen Rohstoffe genügen wie: Düngemittel, Zementrohmehl, usw.

Die Gewichtsdoseure sind im allgemeinen viel genauer als die Volumendoseure. Ihre Anordnung ist sehr einfach und besteht aus einem Dosierkasten von verschiedenem Inhalt, der unter einem Vorrats-

behälter mit Hilfe eines Wagebalkens aufgehängt ist. Dieser Wagebalken beherrscht das Auslösen eines Ventils, welches den Eintritt des Aufgabegutes regelt, so daß das Ventil sich selbsttätig schließt, wenn das gewünschte Gewicht erreicht ist.

Jetzt bleibt nur noch übrig, den Hebel mit der Hand in Bewegung zu setzen, um die am unteren Teil angebrachte Klappe frei zu machen. Der Dosierkasten entleert sich dann schnell, die Klappe schließt sich von selbst wieder, und die Vorrichtung ist bereit zu einer neuen Füllung.

Die Vorrichtung arbeitet also nicht vollständig selbständig, und das ist in gewissen Fällen ein schwerer Übelstand.

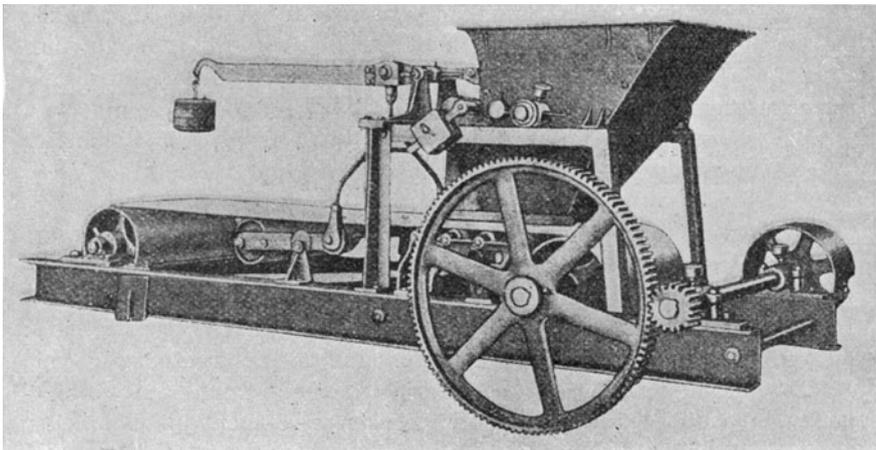


Abb. 181. Gewichtsdoseur.

Eine andere Art von Gewichtsdoseuren verwendet die fortdauernde Beschickung in Verbindung mit einem biegsamen Transportband, welches in jedem Augenblick seine Last durch eine Anzahl Regulierhebel übertragen kann. Diese in Abb. 181 abgebildete Maschine ist unter dem Namen Poidmeter = Gewichtsdoseur bekannt und sichert eine absolut genaue, vollständig selbständige und dauernde Gewichtsbestimmung.

Dieser besteht im wesentlichen aus einem Transportband von geringer Länge, das an dem einen Ende durch einen besonders geformten Trichter beschickt wird. Feststehende Tragrollen, die unter dem Band und unter der Öffnung des Trichters liegen, verhindern, daß das Gewicht des Inhalts des letzteren auf die Spannung des Bandes einwirkt. Eine Stützrolle, die vor dem Trichter angebracht ist, ist auf einem Eisenrahmen montiert. Der Rahmen ist mit einem Wagebalken verbunden, der seinerseits wieder mit dem Schieber zum Einstellen der Trichter-

öffnung in Verbindung steht. In gleicher Weise wie das Aufgabegut durch das Förderband in Form eines Streifens von veränderlicher Dicke weggezogen wird, wird der Wagebalken durch das Gewicht des Aufgabegutes belastet. Das Gewicht des Aufgabegutes, welche das Förderband gerade belastet, wird sofort durch die bewegliche Unterstützungsrolle ausgeglichen, die ihrerseits die Gewichtsschwankungen auf den Wagebalken überträgt und dann auf die Öffnung des Trichters einwirkt. Diese Vorrichtung ist sehr empfindlich und erreicht eine Genauigkeit von 99½% der Mengenverhältnisse.

Wenn mehrere Apparate in demselben Betriebe für die Gewichtsbestimmung der verschiedenen Rohstoffe arbeiten, die einen Teil der Zusammensetzung der verlangten Mischung ausmachen, können sie elektrisch untereinander vereinigt werden, und zwar so, daß wenn einer der Apparate sich wegen eines Aufgabefehlers oder jeder anderen Ursache selbst ausdrückt, die anderen zu gleicher Zeit selbsttätig auch stehen bleiben.

Ein selbstregistrierender Zählapparat kann über dem Poidmeter aufgestellt werden, so daß er genau die in einer gegebenen Zeit geleistete Menge aufschreibt.

Der Poidmeter ist ein neuzeitiger und genau arbeitender Apparat, dessen Anwendung schon sehr häufig ist in der Zementindustrie, Düngstofffabrikation, Herstellung von Kalksandsteinen, in der Keramik und für alle Verwendungsarten gebraucht wird, bei denen notwendig sind: entweder eine genaue Gewichtsbestimmung mehrerer Rohstoffe mit Rücksicht auf eine Mischung in verschiedenen, bestimmten Verhältnissen, oder die genaue Angabe von geleisteten Mengen von einem oder mehreren Rohstoffsorten wie Mehle, Körner, Sand und Grieße, usw.

**Mischer.** Die gangbarsten Mischmaschinen sind die der Bauart mit Mischflügeln oder Mischtrommeln.

Die Mischer mit Mischflügeln bestehen aus einer oder zwei Flügelwellen, die meistens wagrecht gelagert sind und sich in einem Trog von passender Gestalt drehen.

Wir haben gesehen, daß die Schneckentransporteure gute Mischer für trockene Rohstoffe in Mehlform darstellen, besonders wenn sie mit unterbrochener Schnecke oder mit Mischflügeln versehen sind.

Für große Leistungen verwendet man Mischer mit doppelten Mischflügeln. Diese bestehen aus einem Blechtrog, in dessen Innern sich zwei Flügelwellen im entgegengesetzten Sinne drehen, so daß die Mischflügel sich kreuzen. Die zu mischenden Rohstoffe werden am Ende der Maschine aufgegeben. Die Mischflügel, die leicht schneckenartig gebogen ausgebildet sind, mischen die Rohstoffe und treiben sie langsam gegen die Austrittsöffnung.

Wenn den Rohstoffen in der gleichen Zeit Wasser zugesetzt werden soll, bringt man über dem Trog eine Bewässerung an.

Diese Trogmischer genügen zur Mischung von trockenen oder feuchten Rohstoffen wie: Kalk und Ton für die Zementherstellung, Quarz und Ton für die Herstellung von feuerfesten Produkten, Sand und Zement zur Erzeugung von Kunststeinen, usw.

Die Trommelmischer arbeiten in unterbrochenen Betriebe, das heißt die zu mischenden, vorher im bestimmten Verhältnis zusammengestellten Rohstoffe werden als vollständige Einsätze in die Maschine eingeführt, die während einer bestimmten Zeit, welche notwendig ist, um eine befriedigende Mischung herbeizuführen, arbeitet und dann ihren Inhalt entleert, um einem neuen Einsatz Platz zu machen. Diese Sorte von Mischern gestattet, eine große Regelmäßigkeit des Produktes zu erzielen; denn es ist leichter, eine große Menge vorher genau abzuwiegen, als einen dauernd laufenden Strom von Rohstoffen durch Aufgabevorrichtungen zuzuführen.

Am Anfang des zehnten Kapitels haben wir gesehen, daß die Kugelmühlen mit unterbrochenem Betrieb (Feinmühle Alsing) außerordentlich gute Mischer sind. Die Trommelmischer sind genau so ausgeführt, nur daß sie nicht mit Mahlkörpern gefüllt sind; dagegen sind sie aber im Innern mit Rippen oder Flügeln versehen, die dazu bestimmt sind die Mischwirkung zu vergrößern.

Es sind verschiedene Vorrichtungen ausprobiert worden, um einen schnellen Austrag der gemischten Rohstoffe in Hinsicht auf einen neuen Einsatz zu erreichen.

Bei der Betonmischmaschine, Bauart Smith, dreht sich die Trommel auf Laufrollen. Im Innern ist sie mit Mischflügeln und Mischbechern ausgekleidet. Das Mischgut, das von einem Becherwerk oder aus einem Vorratsbehälter kommt, wird durch eine Öffnung in einem der Böden eingeführt. Durch den gegenüberliegenden, ebenfalls offenen Boden geht eine drehbare Blechrinne. Die Mischflügel sind so angeordnet, daß das Mischgut immer das Bestreben hat, in die Rinne auszuschütten. Während des Betriebes ist die letztere gegen das Innere der Mischtrommel geneigt, so daß sie zum Mischen des Gutes beiträgt. Am Ende des Arbeitsvorganges genügt es, die Rinne umzukippen, damit sie sich nach außen neigt. Die Maschine entleert sich mit einigen Umdrehungen, während sie in dem gleichen Sinne weiterläuft. Dann kann ein neuer Satz von dem Gemisch eingeführt werden.

Eine andere bekannte Maschine ist der konische Mischer „Debra“, der aus einer abgestumpften Kegeltrommel mit wagrechter Welle besteht, auf welcher Schneckenwindungen befestigt sind. Der Boden mit dem großen Trommeldurchmesser ist vollständig geschlossen, während der gegenüberliegende es nur teilweise ist, soweit er zur Beschickung und Entleerung dient.

Die Trommel wird vorn und hinten von Laufrollen getragen. Die

vorderen sind durch ein Winkelgetriebe mit der Transmission verbunden, welche mit Fest- und Losscheibe versehen ist. Diese können der Trommel je nach Wunsch eine Drehbewegung in dem einen oder anderen Sinne geben. Wenn die Maschine so eingerückt ist, daß sich die Trommel im Sinne der Spiralen dreht, führt man durch eine Rinne, die in der Mitte des kleineren Bodens angebracht ist, die verschiedenen, zu mischenden Rohstoffe in beliebiger Reihenfolge ein. Die Rohstoffe werden auf diese Weise gegen den Boden der Maschine geschleudert, und nun vollzieht sich eine energische Mischung. Nach Verlauf einer gewissen Zeit ist die Mischung vollendet. Um die Entleerung zu bewerkstelligen, genügt es, die Maschine auf den Rückwärtsgang einzurücken. Die Spiralen schaffen dann das gemischte Gut nach vorn und lassen es mit Hilfe einer tiefer liegenden Rinne fallen, sei es nun in einen Kippwagen oder in eine andere zur Entleerung vorgesehene selbsttätige Vorrichtung. Die entleerte Maschine wird von neuem zum Vorwärtsgang eingerückt und ist für einen neuen Arbeitsvorgang fertig.

**Pressen für Kunststeine.** Diese Maschinen finden immer häufigere Verwendung:

1. Zur Herstellung künstlicher Baumaterialien aus den Grundstoffen wie: Backsteine, Dachziegel, Kunststeine, feuerfeste Steine usw.

2. Zur Herstellung von Zwischenprodukten, die in diesem Zustand leichter zu handhaben sind wie: Brikettierung von Kohlenabfällen, Erzen, Zementrohmaterial, usw.

In allen diesen Fällen hatte die vorhergehende Vermahlung nur den Zweck, eine genügende Mischung und Gleichmäßigkeit der zu pressenden Bestandteile herbeizuführen.

Es gibt eine große Anzahl von Ausführungen solcher Kunststeinpressen, einfache oder mehrfache, mit Schnecken, Kolben, Revolvertrommeln usw.

Wir haben gedacht, daß ihre Beschreibung zu weit über den Rahmen dieses Buches hinausgehen würde. Deshalb wollen wir sie hier nur erwähnen.

**Trockner.** Beim Studium der Trocknungen kann man die Trockner der eigentlichen Öfen in dem Sinne unterscheiden, daß die ersteren nur den Zweck haben, den Feuchtigkeitszustand eines Rohstoffes zu verändern ohne Einfluß auf seine chemische Zusammensetzung, während die zweiten dazu dienen, eine chemische Reaktion im Innern des zu behandelnden Rohstoffes hervorzurufen mit der Absicht, seine Zusammensetzung und seine Eigenschaften zu ändern.

Die zur Entsäuerung des Kalkes, Dolomits und Naturzements, zum Rösten der Erze, zum Brennen des Portlandzements, zum Brennen der Ziegelsteine und keramischen Erzeugnisse, zum Schmelzen der Metalle, usw. dienenden Öfen dringen zu tief in jedes Sonderfach ein, als daß wir

darán denken könnten, ein solches Arbeitsgebiet in einem Werke von allgemeiner Bedeutung, wie das vorliegende, in Angriff zu nehmen.

Dagegen finden die Trockeneinrichtungen eine vielseitige Verwendung in Verbindung mit der Zerkleinerung in zahlreichen Industriegebieten.

Im allgemeinen drängt sich ihre vorherige Anwendung jedesmal dann auf, wenn man eine feine Mahlung auf trockenem Wege erreichen will.

Wir haben in der Tat gesehen, daß alle Feinmahlmaschinen, Schleudermühlen, Kollergänge, Kugel- oder Hammermühlen die Aufgabe eines absolut trockenen Mahlgutes erfordern. Der notwendige Trockenheitsgrad ist übrigens eine Funktion der mehr oder weniger großen gewünschten Feinheit.

Desgleichen erfordern die Sichter mit feinem Siebgewebe und die pneumatischen Sichter ein gut trockenes Sichtgut.

Folglich ist in allen Fällen, bei denen ein Rohstoff, der eine gewisse Menge Feuchtigkeit enthält, auf trockenem Wege feingemahlen und gesichtet werden soll, eine vorhergehende Trocknung durchaus erforderlich. Das ist der Fall bei Kohle, bevor sie als staubfeiner Brennstoff verwendet werden kann, bei Kalk oder Ton zur Herstellung von Zement nach dem Trockenverfahren, Phosphatgestein usw.

Andererseits sollen die nach dem Naßverfahren gemahlene Rohstoffe, besonders Erze, am Ende der Behandlung von dem größeren Teil ihrer Feuchtigkeit befreit werden. Dieses Verfahren beginnt in besonderen Absetzkästen (Tank Thickeners), setzt sich in Filtern der verschiedensten Systeme fort, um schließlich in den Trockenöfen zu enden.

Endlich kann die Trocknung selbst an der Zubereitung des ins Auge gefaßten Erzeugnisses teilnehmen. Das ist der Fall bei der Gipsherstellung (Entwässerung, Kochen des Gipses).

Die Trockner, die für alle diese Verwendungszwecke genügen, können verschiedener Art sein: Mit feststehender Feuerplatte, mit drehender Feuerplatte und drehenden Trommeln.

Die Trockner mit feststehender Feuerplatte (Darre) bestehen aus einer rechteckigen Feuerplatte aus Gußeisen oder feuerfesten Steinen, die über einem Gewölbe angeordnet und der Wirkung heißer Gase ausgesetzt sind, die aus einem, an einem von beiden Enden der Trocknung eingebauten Feuerherd kommen. Das Trockengut wird an der dem Feuerherd entgegengesetzten Seite, auf der ganzen Oberfläche der Feuerplatte, ausgebreitet und fortschreitend im entgegengesetzten Sinne des Zuges der heißen Feuergase mit Hilfe einer geeigneten Vorrichtung vorwärts bewegt. Diese Vorrichtung kann eine Reihe von Schabern mit abwechselnd hin und her gehender Bewegung und selbsttätiger Entleerung beim Rückgange sein, ähnlich wie die bei dem Klasierer „Dorr“ angewendeten.

Der nach den Angaben der Colorado Iron Works gebaute „Lowdon“-Trockner hat in Amerika einen sehr großen Erfolg für die Trocknung der Konzentrate in den mechanischen Aufbereitungsanlagen erzielt.

Mit Rücksicht auf einen geringeren Platzverbrauch hat man Trockner gebaut, die mehrere übereinanderliegende Feuerplatten haben, über welche das Trockengut im Zick-Zack und im entgegengesetzten Sinne der heißen Feuergase umläuft.

Die Trockner mit umlaufender Feuerplatte haben eine oder mehrere übereinanderliegende Platten. Bei dem „Leflaive“-Trockner trägt eine senkrecht stehende, durch konische Zahnräder angetriebene Welle zwei Gußteller von großem Durchmesser, welche sich langsam im Innern von mit feuerfester Ausmauerung versehenen Kammern drehen. Das Trockengut, das in der Mitte des oberen Tellers aufgegeben wird, wird langsam durch feststehende Schaber gegen den Umfang bewegt. Am Rande des Tellers angekommen, fällt das Trockengut in einen Metalltrichter, der es nach der Mitte des unteren Tellers führt. Auf diesem vollzieht sich ein vollständig gleicher Vorgang. Endlich wird es an einem Punkte des Tellerumfangs in eine Förderschnecke oder eine andere Transportvorrichtung entleert.

Die heißen Gase kommen aus einer an der Seite liegenden Feuerung und werden durch verschiedene Hindernisse gezwungen, einen entgegengesetzten Weg als das Trockengut zurückzulegen.

Der Herdtrockner, Bauart Huillard, ist sehr verbreitet für die Trocknung von Ton, Phosphaten und besonders von Gips. Er besteht aus einem gemauerten Turm, der eine Anzahl feststehender Teller einschließt, zwischen denen sich zwei bewegliche Teller drehen. Das Trockengut fällt im Zick-Zack von einem Teller zum andern mit Hilfe von Trichtern, die unter den Tellern befestigt sind.

Die drehbaren Trockner bestehen aus einer auf Rollen laufenden Stahlblechtrommel, in deren Inneren das Trockengut in bestimmtem Sinne umläuft.

Die Beheizung kann in zweierlei Weise ausgeführt werden:

Wenn das Trockengut die Berührung mit den Heizgasen vertragen kann (Kiese, Sand, Kalk), genügt es, einen festen Feuerherd in Mauerwerk an dem der Aufgabe entgegengesetzten Rohrende anzulegen. Die heißen Gase durchströmen das Rohr (Innenfeuerung), wo sie mit dem Trockengut in Berührung kommen, das durch die Wirkung der Trommelumdrehungen und der im Innern angebrachten Flügel und Hindernisse kräftig durchgeschüttelt wird. Dann wird es am entgegengesetzten Ende in einer zweiten feststehenden, gemauerten Kammer oder Raucherammer, die mit einem Kamin versehen ist, gesammelt.

Diese Bauart hat den Vorzug einer großen Einfachheit. Die Trommel ist aus dauerhaftem Stahlblech hergestellt und wird von Laufringen

und Laufrollen getragen. Sie ist schwach geneigt (Neigung 4 bis 6%), um ein gutes Durchgleiten des Trockengutes zu sichern, und wird mit mehreren Rippen oder Schneckenflügeln im Innern versehen, welche dazu bestimmt sind, die Wirkung der Mischung zu vergrößern. Der Antrieb erfolgt durch ein Triebrad und einen Zahnkranz. Endlich sind Vorrichtungen vorgesehen, um den Einlauf und Austritt des Trockengutes zu sichern und den Durchgang von Luft und Gas zu verhindern.

Wenn aber das Trockengut nicht unmittelbar mit den Rauchgasen in Berührung kommen soll, sei es wegen der Entflammungsgefahr (bei der Kohlentrocknung) oder sei es wegen der Verunreinigung, die durch den Rauch (Ton für Töpferei und Feinkeramik) herbeigeführt werden könnte, verwendet man die Trockentrommel mit Außenfeuerung.

Hierbei ist die Trockentrommel fast ihrer ganzen Länge nach in eine Einmauerung aus feuerfesten Steinen eingeschlossen. Die Feuerung liegt in der Nähe der Seite, von welcher das Trockengut ankommt. Eine Reihe von Zwischenwänden zwingen die heißen Gase, einen Weg im Zick-Zack um die Trommel herum bis zum Ende des Austritts zu machen. Das Trockengut dagegen legt im Innern der Trommel einen Weg zurück, der in der gleichen Richtung zu den Feuergasen verläuft. Da die Stützrollen nur außerhalb des Fundaments gelagert werden können, das heißt an den Enden der Trommel, so muß die letztere von stärkerer Bauart sein, als im Falle der direkten Innenfeuerung.

Für die Trocknung der Kohle und ähnlicher Rohstoffe, bei denen man nur die Wirkung des ersten Feuers fürchtet, verwendet man oft ein gemischtes Verfahren. Ein Teil der Gase, die aus der Rauchkammer kommen, wird durch einen Ventilator quer durch die Trockentrommel gezogen. Dieser Ventilator steht auf einer, an der Eintrittsseite des Trockengutes liegenden Hilfsrauchkammer. Dieser zur Vervollständigung der Trocknung noch genügend warme Gasstrom, hat hauptsächlich den Zweck, die Dämpfe oder Brüden, die aus dem Trockengut frei geworden sind, abzuziehen. Eine Anzahl Schieber regulieren diesen Rückstrom. Die Leistungsfähigkeit der Trockentrommeln wechselt nach dem Feuchtigkeitsgehalt der zu behandelnden Rohstoffe und der Anordnung des Umlaufes des Trockengutes.

Im allgemeinen verbrennen bei gleicher Leistung die rotierenden Trockentrommeln mehr Kohle und verbrauchen eine größere Betriebskraft, als die Trockner mit mehrfachen, sich drehenden Trockentellern. Aber sie erreichen eine viel größere Leistungsfähigkeit und sind andererseits die einzigen, die bei indirekter Feuerung wirtschaftlich arbeiten können.

Die nachstehende Zahlentafel 53 gibt die Leistungsfähigkeit und den Kohlenverbrauch bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden in dem

Zahlentafel [53. Stündliche Leistung in Tonnen der rotierenden Trommeltrockner.

% Wasser im trocknen Produkt . . . . .	4,17	5,26	6,38	8,70	11,1	14,3	17,7	21,2	25	33,3	42,8	53,8	66,6	81,8	100
% Wasser im feuchten Produkt . . . . .	4	5	6	8	10	12 1/2	15	17 1/2	20	25	30	35	40	45	50
Gewicht der verbrannten Kohle für die Tonne trockenes Produkt . . .	10,5	11,5	12,5	15	17,5	21	24,4	28,5	32,5	41,5	51,5	68	77,5	93	121

Trockentrommel

Durchmesser m	Länge m	Umdrehung i. d. Min.	HP	Stündliche Leistung in Tonnen von 1000 kg														
0,9	6	5	5	2,08	3,40	3,02	2,46	2,06	1,67	1,42	1,23	1,06	0,83	0,65	0,53	0,44	0,35	0,29
0,9	9	5	5	5,80	5,10	4,50	3,70	3,10	2,53	2,14	1,83	1,58	1,23	0,98	0,79	0,65	0,53	0,44
1,2	9	3 1/2	7 1/2	8,75	7,60	6,80	5,50	4,60	3,80	3,20	2,74	2,38	1,84	1,47	1,19	0,97	0,79	0,66
1,2	12	3 1/2	7 1/2	11,6	10,2	9,10	7,35	6,15	5,05	4,25	3,66	3,18	2,46	1,96	1,58	1,30	1,05	0,88
1,5	12	2 1/2	10	15,4	14,0	12,5	10,2	8,50	7,00	5,90	5,10	4,35	3,46	2,72	2,18	1,82	1,45	1,22
1,5	15	2 1/2	10	20,2	17,6	15,7	12,7	10,6	8,70	7,35	6,35	5,45	4,25	3,36	2,72	2,27	1,82	1,51
1,8	12	2	15	21,2	18,7	16,0	13,4	11,2	9,20	7,70	6,80	5,90	4,50	3,60	2,94	2,48	1,93	1,62
1,8	15	2	15	26,9	23,6	20,9	17,0	14,2	11,6	9,90	8,55	7,35	5,50	4,50	3,67	3,03	2,48	2,03
1,8	18	2	15	32,3	28,3	25,2	20,4	17,1	14,0	11,8	10,2	8,80	6,80	5,40	4,40	3,67	2,94	2,43
2,1	15	1 1/2	15	34,0	29,8	26,4	21,5	18,0	14,8	12,5	10,7	9,20	7,25	5,70	4,70	3,77	3,12	2,56
2,1	18	1 1/2	15	40,5	35,4	31,4	25,5	21,3	17,5	14,8	12,8	11,0	8,50	6,80	5,55	4,54	3,64	3,04
2,1	21	1 1/2	15	48,0	42,0	37,0	30,0	25,2	20,6	17,4	15,0	12,9	10,1	8,00	6,50	5,30	4,30	3,60
2,4	18	1	20	50,6	44,2	39,3	32,0	26,7	22,0	18,5	16,0	13,7	10,7	8,45	6,90	5,70	4,60	3,80
2,4	21	1	20	59,0	51,6	46,0	37,3	31,2	25,5	21,4	18,6	16,0	12,5	9,90	8,10	6,60	5,30	4,45
2,4	24	1	20	67,5	59,0	52,5	42,5	35,6	29,2	24,7	21,3	18,7	14,3	11,3	9,20	7,50	6,05	5,10
2,75	21	7/8	25	71,5	62,5	55,8	45,3	37,7	31,0	26,2	22,6	19,5	15,3	12,1	9,70	8,00	6,50	5,40
2,75	24	7/8	25	82,0	72,0	63,8	50,8	43,2	35,4	29,9	25,8	22,2	17,2	13,7	11,1	9,20	7,45	6,17
2,75	27,5	7/8	25	92,0	80,5	72,0	58,0	48,5	39,8	33,6	29,0	25,0	19,5	15,5	12,5	10,0	8,35	6,93
2,75	30	7/8	25	102	89,0	80,0	64,6	54,0	44,4	37,4	32,2	27,7	21,6	17,2	13,8	11,5	9,30	7,70

Trockengut für die normale Ausführung der drehenden Trockentrommeln von Allis Chalmers an.

**Absack- und Faßpackmaschinen.** Wenn das fertige Erzeugnis die Fabrik in Mehlform verläßt, befördert man es gewöhnlich in Säcken oder Fässern. Das ist der Fall für Kalk, Zement, Gips, Phosphate, Salz, trockene Farben, usw.

Man benutzt zu diesem Zweck selbsttätige Wagenabsackvorrichtungen, die im Grunde genommen nichts anderes sind als Gewichtsdoseure nach der Bauart, wie bereits beschrieben, nur ist der feste Füllkasten durch einen gewebten Sack ersetzt. Dieser Sack wird durch eine Sackschnalle mit Momentverschluß an seinem Platz festgehalten. Sobald sich der Sack mit der gewünschten Last gefüllt hat, schließt sich selbsttätig die Einlaufklappe. Es genügt, den vollen Sack wegzunehmen und durch einen leeren zu ersetzen. Dann beginnt der Arbeitsvorgang von neuem.

Eine Schnellwage, die genügend beschickt wird, kann stündlich bis 120 Säcke füllen und wiegen. Dennoch ist es für solche und größere Leistungen vorteilhaft, zwei Doppelabsackwagen zu verwenden. Ein Sack befindet sich dann beim Füllen, während man, den andern leeren befestigt. Dieser Arbeitsvorgang ist fortlaufend und vermeidet jeden Zeitverlust der Arbeiter, die mit dieser Arbeit beauftragt sind. Die Absackwagen können für verschiedene Lasten von 50 bis 100 kg für den Sack eingerichtet werden.

Man kann sie entweder unter die Vorratsbehälter für Feinmehl aufstellen (wenn die Behälter nur einen unbedeutenden Fassungsraum haben, aber eine selbsttätige Entleerungsvorrichtung ist erforderlich, um eine gleichmäßige und gute Zuführung zu sichern) oder unmittelbar unter eine Kugelmühle oder eine Sichtvorrichtung.

Die Erzeugnisse, die gegen Feuchtigkeit geschützt werden müssen, besonders wenn sie über See befördert werden sollen, werden noch besonders in Ölpapiersäcke eingepackt, die in Holzfässer von 180 bis 350 kg Fassungsvermögen eingelegt sind.

Die Füllung der Fässer wird mittels Faßpackmaschine ausgeführt. Eine Gußplatte, die zum Tragen des Fasses bestimmt ist, ist am freien Ende einer Eichenbohle von 3 bis 3,5 m Länge befestigt. Aber am anderen Ende ist die Bohle fest eingebaut. Diese Bohle erhält eine elastische Bewegung durch eine Schlagvorrichtung. Diese setzt sich aus zwei unrunder Schlagrädern zusammen, von welchen eins unter der Bohle befestigt ist, das andere dagegen auf einer Antriebswelle unter dem ersteren sitzt. Dank der fortwährenden, stoßweisen, sich der Eisenplatte auf der Bohle mitteilenden Bewegungen wird das durch einen Blechtrichter in das Faß eingelaufene Mehl in einigen Augenblicken gleichmäßig eingerüttelt.

Eine Maschine, die fähig ist, 15 bis 20 Fässer von 200 kg Fassung in der Stunde zu füllen, wiegt 480 kg und verbraucht  $\frac{1}{2}$  HP.

In den großen künstlichen Portlandzementfabriken, in welchen eine beträchtlich große Produktion erreicht wird, ist man zur Aufstellung von ganz neuartigen Maschinen, die schnell und genau, sowie ohne Staubeentwicklung arbeiten, gezwungen worden.

Diese Maschinen, die unter dem Namen „Exilor“, „Silator“, usw. bekannt geworden sind, besorgen den Transport und die Absackung des Zements mittels Luftdrucks.

**Entstaubungen.** In allen Trockenmahlanlagen sollen Entstaubungseinrichtungen vorgesehen werden mit Rücksicht auf:



1. Die Wiedergewinnung des Staubes, der allgemein einen wertvollen industriellen Wert darstellt (Kalk, Zement, Talkum, usw.).

2. Verbesserung der Luft in den Arbeitsräumen, vorteilhafteres Arbeiten in Hinsicht auf den besseren Gang der Transmission, der Lager, Riemen, usw.

3. Mit Rücksicht auf die Gesundheit und den Ertrag der Handreichungen.

In den kleineren Anlagen gibt man sich oft damit zufrieden, ein Minimum von Abdichtung um die stauberzeugenden Maschinen herum herzustellen und dieselben nur mit einem durch das Fabrikdach gehenden Abzugsschlot zu verbinden. Dieser Schlot erzeugt einen Unterdruck, der sich durch den Wiedereintritt der Luft von der Außenseite der Maschine

nach dem Innern äußert und auf diese Weise das Austreten des Staubes vermeidet.

In den Anlagen von einiger Bedeutung und überhaupt, wenn der Staub schädlich ist (gebrannter Kalk und Zement), ist es richtig, eine gemeinsame Entstaubungsanlage vorzusehen. In diesem Falle werden alle stauberzeugenden Maschinen unter einem Staubfänger aufgestellt oder, wenn die Form es gestattet, in eine staubdichte Umhüllung gestellt und durch Rohrleitungen mit einem wagrecht liegenden Staubsammelrohr vereinigt. Das Staubsammelrohr soll einen genügend großen Durchmesser haben und mit Entleerungsvorrichtungen versehen sein, damit eine Verstopfung unter der Wirkung der Staubbilagerung vermieden wird. Es wird entweder mit einem Ventilator von besonders schwerer Bauweise oder mit einem Schlauchfilter verbunden.

Im ersten Fall wird die durch einen Ventilator abgezogene Staubluft tangential in einen zylinder-konischen Blechbehälter — Zyklon genannt — Abb. 182, eingeblasen. Unter der Zentrifugalwirkung des Luftstromes legen sich die Staubteilchen der Länge nach an die Zyklonwand und werden am unteren konischen Teil der Maschine gesammelt. Die gereinigte Luft verläßt den Zyklon durch eine Rohrleitung von großem Durchmesser, welche normalerweise in der Mitte um den oberen Deckel herum angeschlossen wird.

Im zweiten Falle ist das Staubsammelrohr der Entstaubung mit einem Schlauchfilter verbunden, ähnlich demjenigen, wie er in Abb. 183 abgebildet ist. Diese Maschine besteht aus einer Anzahl von 3 bis 4 m langen Schläuchen aus besonderem, sehr dichtem Gewebe, welche in Gruppen von veränderlicher Anzahl (2 bis 96) in dichten Holz- oder Blechkasten zusammengestellt sind. Diese Schläuche sind am oberen Teil durch

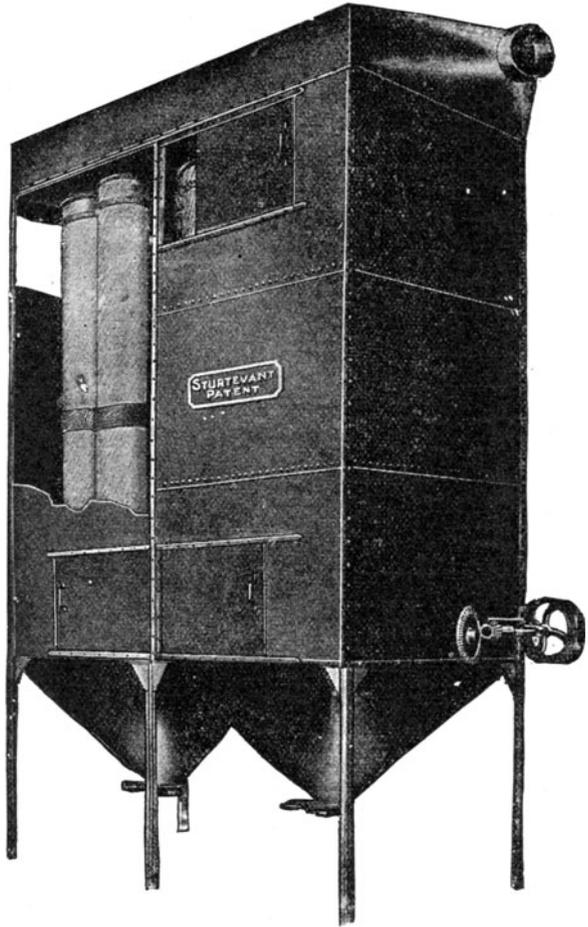


Abb. 183. Schlauchfilter.

leichte Klappen abgeschlossen und an einem Rahmen aufgehängt. Mit dem unteren Teil münden sie in einem Kasten, der mit dem Staubsammelrohr in Verbindung steht. Ein besonders ausgeführter Ventilator zieht die Luft in die Kästen um die Filterschläuche. Der so geschaffene Unterdruck zwingt die Staubluft, durch die Wandungen der Schläuche hindurchzugehen. Die Staubteilchen aber werden durch das Filtergewebe zurückgehalten und fallen in den darunter befindlichen

Sammelkasten zurück, während die gereinigte Luft allein hindurchgeht. Diese Luft geht durch den Ventilator und wird aus dem Fabrikgebäude hinausgeblasen oder kehrt selbst in gewissen Fällen in die Fabrikräume zurück.

Der feine Staub wird durch eine Schnecke gesammelt und unmittelbar abgesackt oder wohl mit dem fertigen Erzeugnis wieder zusammengeführt.

Die Reinigung der Filter wird mechanisch ausgeführt:

1. Ungefähr jede 5 Minuten tritt über einer Gruppe von Schläuchen ein Schüttelmechanismus in Tätigkeit.

2. Zu gleicher Zeit wird über dieser gleichen Schlauchgruppe die Richtung des Windzuges selbsttätig umgelenkt, und eine Klappe schließt die Verbindung mit dem Ventilator ab, während eine andere Klappe zum Eintritt der Außenluft sich öffnet. Auf Grund des Unterdruckes, welcher nun in den Schläuchen herrscht, entsteht ein Gegenstrom, dessen Wirkung dazu dient, die Staubteilchen, welche sich in den Maschen des Gewebes etwa festgesetzt haben könnten, zu entfernen.

Der gleichzeitige Arbeitsvorgang der Unterbrechung und Umkehrung des Luftstromes wiederholt sich bald über der einen, bald über der anderen Schlauchgruppe, so daß immer eine oder mehrere Gruppen in normaler Tätigkeit sind. Auf diese Weise bleibt der Filtervorgang ununterbrochen.

Diese Maschinen verbrauchen ganz wenig Betriebskraft. Ihre Arbeitsweise ist regelmäßig und ununterbrochen, und ihre Wirksamkeit vermindert sich nicht mit der Zeit.

Ihre Anwendung allein oder in Verbindung mit Zyklonen als Vorabscheider setzt sich in allen neuzeitlichen Betrieben durch, die trockene Erzeugnisse mit feinem Staub vermischt herstellen und besonders in den Mahlräumen von Kalk, Zement, Phosphaten, Kohle, künstlichen oder organischem Dünger, usw.

### Dreizehntes Kapitel.

## Zerkleinerungsanlagen. Gesamteinrichtungen.

Um endlich Beispiele der praktischen Anwendung von verschiedenen, im Laufe dieses Buches besprochenen Maschinen zu geben und in irgendeiner Weise dem allgemeinen Abschluß unserer Arbeit zu dienen, haben wir eine Anzahl von Schemas und Beschreibungen von Fabriken im letzten Kapitel zusammengestellt.

Die Industrien, welche Mühlen verwenden, sind, wie schon gesagt, vielfältig und sehr verschieden. Wir können gewiß nicht alle aufzählen.

Andererseits stehen diese Industrien mit sehr verschiedenen Spezialitäten im Zusammenhang, und da wir keinen Anspruch auf eine alles umfassende Zuständigkeit machen wollen, ist es notwendigerweise eine große Zahl von Einrichtungen, die unserer unmittelbaren Kenntnis entgehen. Eine vollständige Beschreibung der verschiedenen Fabrikationsarten, die sich der Zerkleinerung bedienen, würde übrigens in den Rahmen dieser Abhandlung auf keinen Fall hineinpassen. Deshalb haben wir uns in jedem Falle soviel als möglich auf das eingeschränkt, was ausschließlich zur Zerkleinerung gehört. Wir beschränken uns darauf, kurz die Eigenarten der vorgesehenen Arbeitsweisen anzugeben, die die Wahl der oder jener Art von Zerkleinerungsmaschinen rechtfertigen.

Zur Bequemlichkeit unserer Untersuchungen werden wir das ganze Gebiet in drei Gruppen einteilen, und zwar in Brechen, Schroten und Feinmahlen, obgleich, um die Wahrheit zu sagen, diese drei Arbeitsvorgänge meistens nicht scharf genug zu unterscheiden sind.

## I. Brechanlagen.

Wir haben das Brechen erklärt: Verminderung der Stückgröße der Rohstoffe, so wie sie aus dem Steinbruch oder aus dem Bergwerk kommen, bis auf eine Korngröße, die wir schätzungsweise auf 20 oder 30 mm festsetzen wollen.

Die Zerkleinerung kann ein an sich fertiges Erzeugnis liefern und eine Handelsware ergeben. Eine hauptsächliche Anwendung in diesem Sinne ist das Brechen von hartem Kalkstein, Basalt, Ophit, Porphyry und im allgemeinen alles feste und harte Gestein mit Rücksicht auf die Herstellung von Macadam, Ballast und Baukies. Wir wollen auch das Brechen von Kohle und Koks im Zusammenhang mit einer Sortierung in verschiedene Handelsgrößen erwähnen, Für die übrigen Rohstoffe dient das Vorbrechen nur zur Vorbereitung zu einer späteren, viel ausgesprochenen Nachzerkleinerung.

Zunächst fassen wir nur die Einrichtungen ins Auge, die dem ersten Fall entsprechen; die Beschreibung der anderen hat ihren Platz bei den Fabriken für Schroten und Feinmahlen. Die Maschinen und die angewendeten Anordnungen sind übrigens im allgemeinen gleich, und wir werden uns darauf beschränken, an Ort und Stelle an sie zu erinnern.

Das Vorbrechen wird durch Maschinen der verschiedensten Bauarten besorgt:

Backenbrecher,  
Rundbrecher,  
Tellerbrecher,

Walzenbrecher mit einer oder zwei Walzen oder Hammermühlen.

Die Auswahl der Maschinenart wird bestimmt durch die Beschaffenheit des Brechgutes (Härte, das natürliche Gefüge, die Stückgröße) und durch die Abmessungen des gewünschten Produkts.

Die Wahl der Maschinengröße wird eine Funktion ebenso sehr des größten Ausmaßes der zu brechenden Stücke als der gesicherten stündlichen Leistungsfähigkeit sein.

Wir wiederholen:

1. Die Backenbrecher sind für harte und halbharte Rohstoffe geeignet. Die größte Abmessung der Stücke, welche sie aufzunehmen haben, ist wichtig in bezug auf die Maschinengröße.

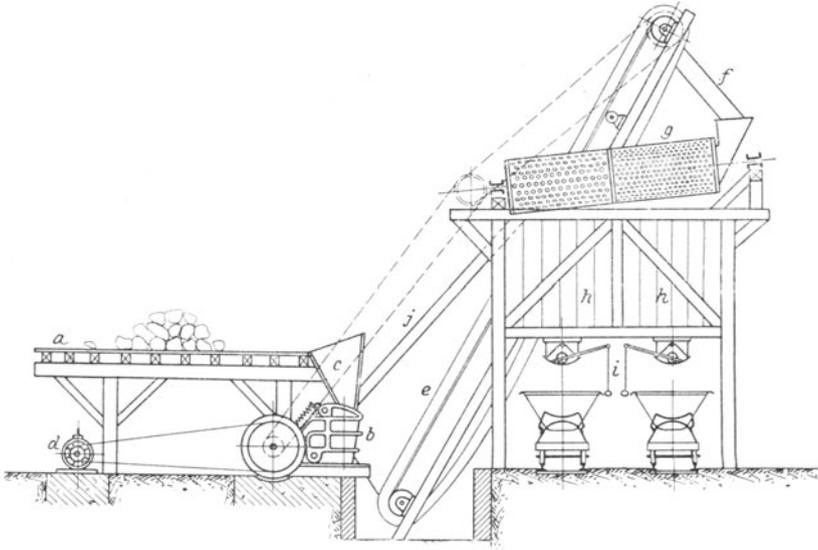


Abb. 184. Kleine Brechanlage (versetzbar).

2. Die Rundbrecher eignen sich in gleicher Weise für Gesteine aller Härtegrade, mit sehr ansehnlicher Leistung und besserer Wirkung als die Backenbrecher. Aber bei gleicher Leistung ist die Abmessung der Eintrittsöffnung viel kleiner, so daß man sie als Vorbrecher nur in Anlagen von kleiner oder mittlerer Leistungsfähigkeit gebrauchen kann.

3. Die Tellerbrecher sind eigentlich Maschinen für die Nachzerkleinerung. Ihre Aufnahmefähigkeit ist sehr gering (Stücke von 60 bis 150 mm je nach Größe der Maschine). Dagegen ist die Leistungsfähigkeit ausgezeichnet.

4. Die Walzwerke eignen sich besonders für halbharte und brüchige Rohstoffe wie Kohle, Koks, Kreide, trockener Ton, usw.

Ihre Verwendung zum Vorbrechen von hartem Gestein in große Stücke hat zu riesenhaften Maschinenausführungen geführt (Stein-

brecher Edison), deren Verwendung nicht verallgemeinert worden ist. Dennoch scheint der Brecher mit einer Walze und gebogener Brechplatte einen gewissen Erfolg zu erzielen bei der Zerkleinerung von halbharten, mehr oder weniger feuchten und knetbaren Rohstoffen wie:

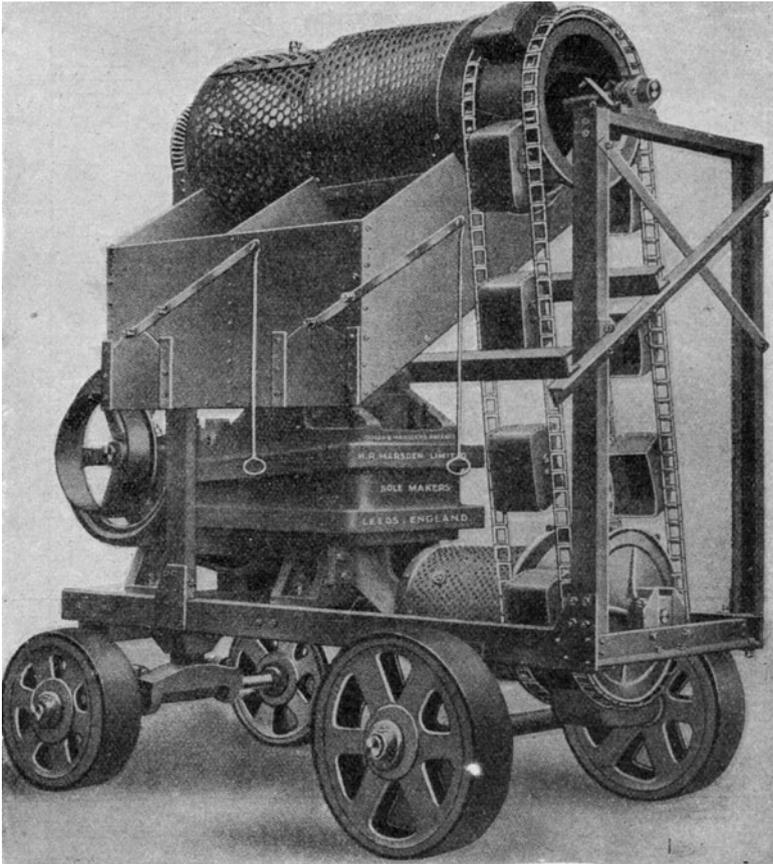
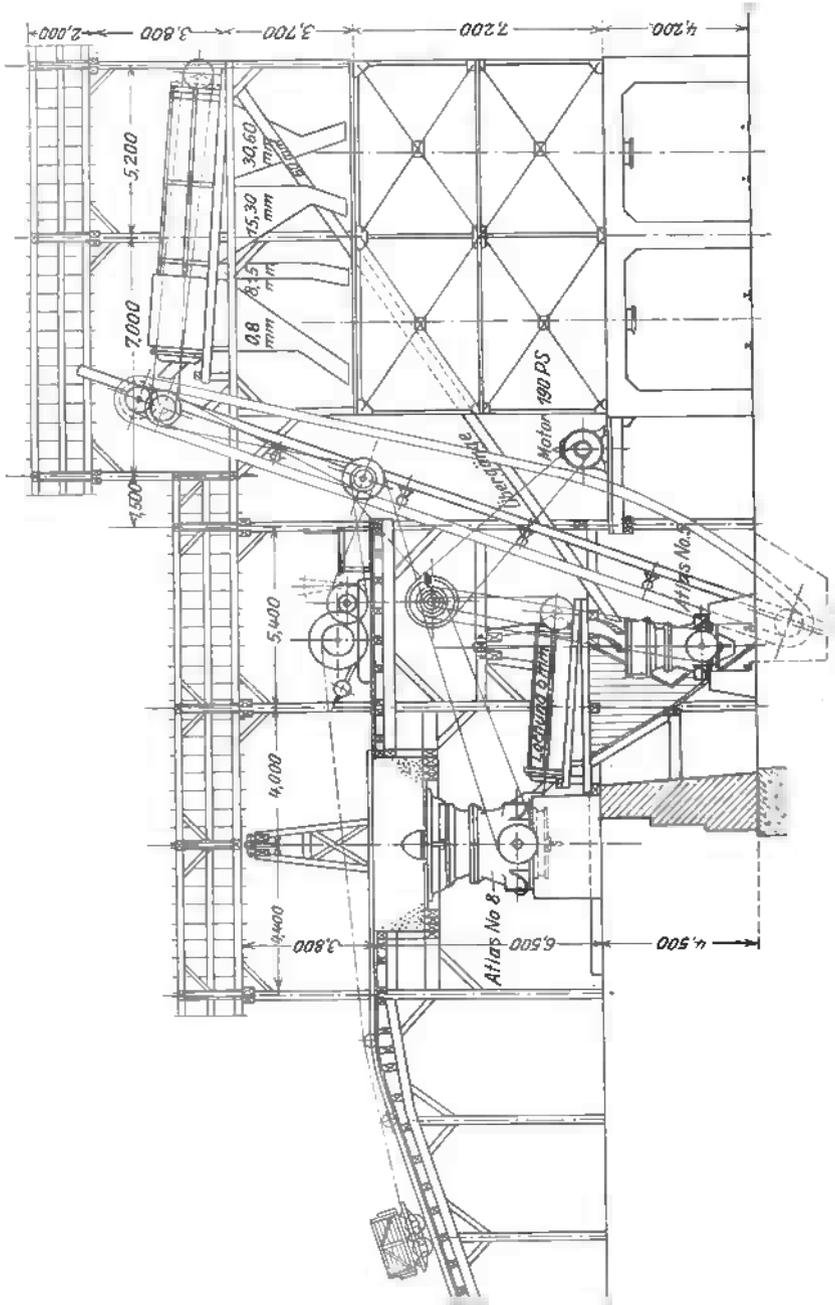


Abb. 185. Fehrbare Brech- und Sortieranlage, Bauart „Marsden“.

Kreide, Mergel, Kalk, usw. Wir haben im ersten Kapitel dieses Buches darauf hingewiesen, daß mehrere Zementfabriken Maschinen dieser Bauart als Grubenbrecher verwenden.

5. Die Hammermühlen eignen sich nur für halbhartes und weiches Gestein. Sie haben den Vorzug einer weitreichenden Zerkleinerungsmöglichkeit und einer großen Leistungsfähigkeit. Wir geben nachstehend einen Schnitt der Brechanlage (Abb. 186).



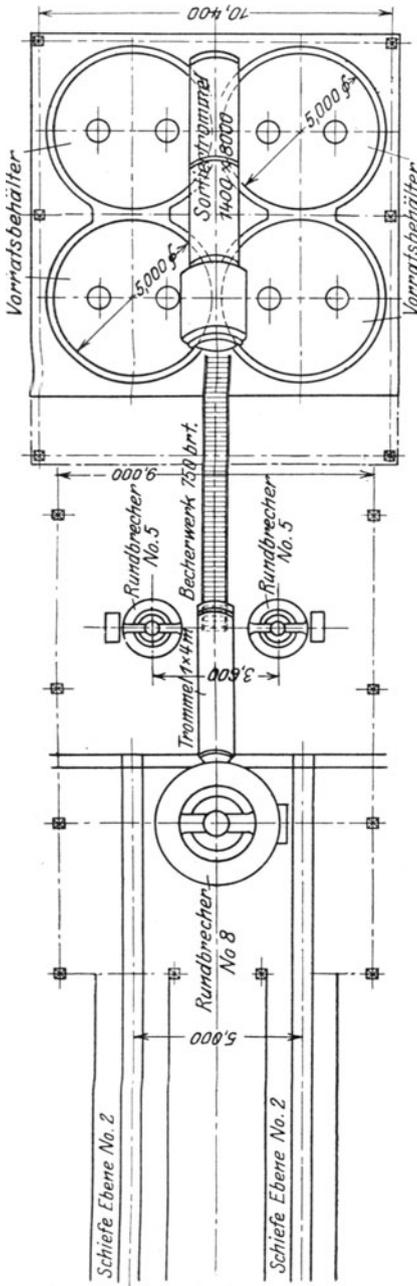


Abb. 186. Große Anlage für Ballast, Sand und Kies. Leistung: 1000 t täglich.

Die erste Anlage (Abb. 184) ist eine rationelle und sehr einfache Einrichtung, die man ausführen kann.

Sie umfaßt einen Backenbrecher (b), der in Erdbodenhöhe aufgestellt ist und mit der Schaufel von einer Aufgabebühne (a) aus beschickt werden kann.

Das gebrochene Gut wird durch das Becherwerk (e) aufgenommen und in die Siebtrommel (g) gehoben. Diese hat, je nach den Bedürfnissen, eine oder mehrere Lochungen und gibt eine oder mehrere Sorten Schotter ab, die in den Holztaschen (h) gesammelt werden. Die Übergänge kehren selbsttätig nach dem Steinbrecher durch eine Rinne (j) zurück.

Wenn das Gelände geneigt ist, kann man den Höhenunterschied benutzen, um das Becherwerk (e) entweder zu verkürzen oder ganz wegfallen zu lassen.

Eine ähnliche Gruppe dient zur Herstellung von Macadam und Ballast mit einer Leistungsfähigkeit von 2 bis 10 t in der Stunde. Für den Wege- und Bahnbau ist man zu den fahrbaren Gruppen Brechanlagen zurückgekehrt. Der Steinbrecher und die Sortiertrommel sind auf ein Fahrgestell montiert. Die Amerikaner bauen ständig die Vorratssilos mit zusammenlegbaren Becherwerken so, daß die ganze Anlage schnell aufgestellt werden kann. Die Abb. 185 stellt eine Einrichtung dieser Art dar mit Steinbrecher, Sortiersieb und

Taschen auf demselben Fahrgestell. Die äußerst zusammengedrückte Einrichtung ist weder schwer, noch von außergewöhnlichem Umfang und verwirklicht die Anwendung kleiner, ausschließlich transportabler Anlagen (Vertreter für Frankreich: Henri Bergerat & Cie., Paris). Für größere Leistungen (über 5 t in der Stunde) ist es vorzuziehen, die einzelnen Maschinen in 3 besondere Gruppen zu teilen (Motor, Steinbrecher und Elevator, Sortiertrommel sowie Taschen).

Wir haben bereits erwähnt, daß das Schema Abb. 184 für Leistungen bis 10 t in der Stunde verwendbar ist.

Darüber hinaus kann man entweder die Einheiten vervielfältigen oder eine Anlage derselben Bauart ausführen aber mit einem Rundbrecher. Zwischen 10 und 20 t Stundenleistung ist jedenfalls ein Vergleich nach den örtlichen Verhältnissen und den persönlichen Wünschen angebracht. Über 20 t drängt sich allgemein die Lösung mit Rundbrecher auf. Von 40 t ab sind fast immer mehrere Maschinen nebeneinander erforderlich. Alle diese Zahlen sind nur einfache mittlere Angaben und bedeuten offenbar nichts absolut Unumstößliches.

Der Schnitt Abb. 186 zeigt eine große Anlage zur Herstellung von Ballast und Kies für stündlich 100 t Leistung.

Die über 2 schiefe Ebenen herbeigeschafften Wagen werden am oberen Rand eines Rundbrechers Nr. 8 maschinell gekippt. Eine Sortiertrommel mit 60 mm Lochung scheidet das Feine aus, während die Übergänge zwei Rundbrechern Nr. 5 zum Nachbrechen zugeführt werden. Die ganze Produktion wird nun zur Sortiertrommel, die über den Vorratsbehältern liegt, gehoben. Es können 4 oder mehr Körnungen erzielt werden. Die Übergänge fallen durch ihre Schwere mittels Rinnen nach den Rundbrechern Nr. 5 zum Nachbrechen zurück. Die erwähnten runden Vorratsbehälter sind aus armiertem Beton hergestellt und über den Eisenbahngleisen angeordnet. Man kann sie aber ebenso gut aus Holz oder Mauerwerk herstellen. Wenn das Gelände aber starkes Gefälle hat, ist das Auf-Stapel-legen und das Wiederaufnehmen sehr erleichtert.

Anlagen dieser Art sind in Frankreich sehr selten. Sie können berechtigt sein durch die Nähe von großen Bauausführungen (Bau eines Hafens zum Beispiel).

Wir haben die Gelegenheit gehabt, in der Nähe von Toulon eine Zerkleinerungsanlage zu besichtigen, die mit amerikanischen Maschinen ausgestattet war. Die tägliche Produktion an Sand und Kies soll nicht weit von 1000 t entfernt sein. Diese Anlage ist vor dem Kriege angelegt.

In Amerika sind große Anlagen sehr zahlreich und erreichen eine Größe, die wir nicht ahnen können. Im Jahre 1922 hatte man die Absicht, eine Anlage in Betrieb zu setzen, die 10000 t in 8 Stunden her-

stellen sollte! Diese Einrichtung hätte zwei Rundbrecher Nr. 24 von Allis Chalmers mit einer Öffnung von 1200 mm und einem ungefähren Gewicht von 200 t für jede Maschine erfordert. Man hätte damit bis zu einem neuen Auftrag die bedeutendste Anlage dieser Art, die auf der Welt existierte, verwirklicht.

Wir haben unter vielen anderen die Beschreibung von 4 sehr typischen Anlagen ausgewählt, die wir in den nachstehenden Schemas wiedergeben.

Alle Arten Maschinen sind dabei vertreten, und ihre Vergleichung kann eine ausgezeichnete Anleitung für diejenigen sein, die große Zerkleinerungsanlagen zu entwerfen haben.

#### Schotteranlage (Entwurf I):

Namen der Gesellschaft: Delaware River Quarry and Construction Co.

Lage der Fabrik: Lambertsville (New-Jersey).

Zeit der Inbetriebsetzung: 1921.

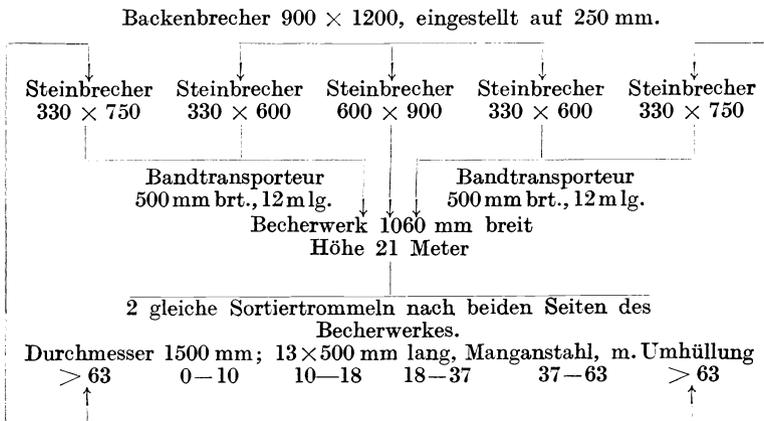
Leistungsfähigkeit: 1400 Tonnen im 10-Stunden-Tag.

Vorkommen im Bruch: Trap (Basalt).

Ladevorrichtungen: Zwei Dampfschaufeln (Bucyrus) von 40 und 70 t.

Fördereinrichtung: 4 Lokomotiven und 16 Wagen von 5 t Tragkraft mit Seitenentleerung.

Brech- und Sortierraum: Schema:



Vorratsbehälter: 4 Silos. Gesamter Fassungsraum: 500 t.

Betriebskraft: Dampfmaschine von 1000 HP, Transmissionsantrieb 160 Umdrehungen in der Minute, welcher unmittelbar die ganze Einrichtung antreibt.

Bemerkung: Alle Nachbrecher (Marke „Farrel“) sind in einer Linie aufgestellt und können unmittelbar gespeist werden im Falle, daß eine Betriebsstörung am Vorbrecher eintritt.



„Edison“-Walzenbrecher 1800 × 2100 mm.  
 Gewicht jeder Walze 48000 kg, Umdrehungen 150.  
 Eingestellt auf 175 mm, läßt Blöcke bis 10 t zu

↓  
 Vorratsbehälter für 30 t

↓  
 Walzenaufgabe

↓  
 Walzwerk zum Nachbrechen; Walzen 1200 × 1200 mm,  
 eingestellt auf 100 mm, 250 Umdrehungen in der Minute

↓  
 Feinwalzwerk 1200 mm Durchmesser 900 mm br.  
 Einstellbare Spaltweite von 25—75 mm

↓  
 Blechbrückentransporteur 1800 mm br., Länge 54 m

↓  
 Vorsieb, feststehende Bauart, das alle Stücke zum Brecher zurückschickt,  
 die größer sind als 63 mm oder 37 mm je nach Bestellung

↓  
 Bandtransporteur 1060 mm br., 117 m lang

↓  
 Hauptsieb, feststehende Bauart, Baumbedarf 4,80 × 4,80 m  
 0—10 mm                      10—25 mm                      25—63 mm

↓  
 Nachsiebe verschiedener Bauart  
 0—6    6—10    10—12    12—18    18—25    25—37    37—63

Betriebskraft: 1 Dampfmaschine von 1000 HP für die drei Walzwerke,  
 elektrischer Gruppenantrieb von 600 HP für die übrigen Maschinen der Anlage.

Schotteranlage (Entwurf IV):

Namen der Gesellschaft: John Herzog and Sons.

Lage der Fabrik: Forest (Ohio).

Zeit der Inbetriebsetzung: . . . . .

Leistung: bis 1000 t täglich.

Vorkommen im Steinbruch: Kalkstein.

Ladevorrichtungen: Dampfschaufel „Marion“ Nr. 40.

Fördermittel: Kippwagen und Benzinlokomotive.

Brech- und Sortierraum: Schema:

Aufnahme-Silo

↓  
 Schrägliegendes Blechbrücken-Förderband 1200 br.

↓  
 Williams Hammermühle „Mammoth“,  
 nimmt Stücke bis 900 mm auf, die Regulierung wechselt von 37—300 mm

↓  
 Transportband 900 mm br., 105 m lg., Neigung 15°

↓  
 Siebtrommel mit dreifachem Übersieb ergibt 7 Abmessungen für Makadam und  
 Ballast, durch die Siebe klassiert und Steine mit passender Größe für die Kalköfen  
 der Gesellschaft

Betriebskraft: 150 HP-Motor, der unmittelbar die Mühle antreibt. Das  
 Förderband wird von der Mühle angetrieben.

## II. Grobmahlung (Schroten).

Wir werden in diesem Abschnitt die Zerkleinerungsvorgänge behandeln, die ein Erzeugnis in Form von Schotter, Splitt, Körnern, Sand und im allgemeinen körniges Gefüge, deren mittleren Abmessungen zwischen 1 mm (Sieb Nr. 30) und 12 bis 15 mm liegen, hervorbringen.

Die Granulierung kann nur ein Durchgangszustand in Hinsicht auf die feinere Mahlung bis zu den größten Feinheiten sein. Aber wir werden zuerst nur den Fall ins Auge fassen, in welchem ein Endprodukt durch Schroten erreicht wird.

Die für den Handel in der Form von körnigem Gut gelieferten Erzeugnisse oder auch solche, die ein Vorschroten erfordern, ehe sie der endgültigen Vermahlung unterzogen werden, werden immer zahlreicher und verschiedenartiger. Wir haben versucht, sie in die der nachfolgenden Zahlentafel zusammenzustellen.

### 1. Gruppe der Baumaterialien.

- a) Kies, Grieß, Sand für Mörtel und Beton;
- b) Kies für armierten Beton;
- c) Kies und Sand für Kunststeine aus hydraulischem Kalk und Zement;
- d) Fußbodenbelag und Gipsfüllung (Sand, Holzfasern, Tierhaare usw.);
- e) Mineralkörner für Stuck, Terrazzo usw. (Granit; Marmor, Schiefer);
- f) Sand für Kalksandsteine.

### 2. Gruppe der Metallurgie.

- a) Sand für die Eisengießereien;
- b) „ „ „ „ Bronzegießereien;
- c) „ „ „ „ Stahlgießereien;
- d) „ „ „ „ Sandstrahlgebläse;
- e) Feuerfeste Erzeugnisse: Silizium, Aluminium, Magnesium (verwendet in Form von Sand, Tonformen, Backsteine, Spezialsteine);
- f) Schleifmittel: Quarzit, Schmirgel, Konrund (künstliche Mahlsteine).

### 3. Gruppe der Montanindustrie.

- a) Kohlen für Briquets;
- b) Alle einfachen und zusammengesetzten metallische Erze für den Arbeitsvorgang der Anreicherung durch Ausklauben oder Naßaufbereitung;
- c) Nichtmetallische Erze zum Ausscheiden von Unreinigkeiten oder zur Herstellung einer Handelskörnung: Asbest, Schwerspat, Graphit, Ocker usw.

### 4. Gruppe der Chemischen Industrie und Verschiedenes.

- a) Quarzsand für Ferrum silicium, Karborundum usw.;
- b) Quarzsand für die Glasmacherei;
- c) Sand für die Filterkasten;
- d) Verschiedene Erzeugnisse für den Handel in körnigem Gefüge: Kupfervitriol, Soda, Steinsalz usw.

Die zum Schroten (Granulieren) geeigneten Maschinen sind folgende:  
 Die Feinbrecher mit Brechbacken, Bauart Simplex, Barthelmess usw.  
 Die Rundbrecher, Ausführung Kennedy, Telsmith und ähnliche.  
 Die Tellerbrecher, Bauart Symons.

Die Walzwerke, Glockenmühlen, Kollergänge (Chilenische Mühlen).

Die Schlagmühlen.

Die Kugelmühlen kurzer Bauart (Ball mills).

Die drei ersten Ausführungen (Brecher) besorgen die Verarbeitung von hartem und halbhartem Gestein mit großer Leistung. Aber die unterste Grenze der Einstellung ist ungefähr 6 bis 8 mm, so daß diese Maschinen allein die Arbeit in dem Fall nicht leisten können, in welchem ein regelmäßig gekörntes Erzeugnis von geringerer Abmessung notwendig ist.

Die Walzwerke passen für alle Härten und alle Feinheitsgrade (wir sprechen deutlich von genügend starken Maschinen, die für jeden Fall vorzusehen sind).

Ihre Anwendung ist sehr verbreitet im Gebiete der Grießherstellung (Herstellung von Sand aus Gestein, Erzaufbereitung).

Die Glockenmühlen sind nur für verhältnismäßig brüchige Rohstoffe zu verwenden.

Die Kollergänge dienen für geringe und mittlere Härtegrade. Es sind Maschinen mit geringer Leistung, aber sie sind ausgezeichnete Mischer und das rechtfertigt oft ihre Verwendung in neuzeitigen Betrieben.

Die Schlagmühlen sind für brüchige und halbharte Rohstoffe geeignet. Sie besitzen den Vorteil einer großen Leistungsfähigkeit in bezug auf ihr Gewicht und ihren Preis, ebenso wie in einem geringen Platzverbrauch, aber sie werden nicht zu gebrauchen sein zur Verarbeitung von Gestein oder harten, dichten Erzen, die einen regelwidrigen Verschleiß der Roste und Schläger hervorrufen.

Endlich die Kugelmühlen mit kurzer Mahltrommel sind hervorragende Granulatoren und zerkleinern in wirtschaftlicher Weise alle Rohstoffe bis auf Korngrößen, die zwischen Sieb Nr. 4 und Nr. 30 (5 mm bis 0,5 mm) eingeschlossen sind.

Wir wollen nun allgemeine Betrachtungen anstellen, welche in jedem Fall zur Wahl dieser oder jener Maschine führen können.

### 1. Herstellung von Sand und Kies zum Bauen.

Der beim Bauen verwendete Sand und Kies hat drei Ursprungsmöglichkeiten. Sie stammen:

Entweder aus alluvialen Lagerstätten, die sich im Bett eines Wasserlaufes gebildet haben (Flußsand und Flußkies),

oder aus natürlichen Gruben (Sand und Kiesgruben),

oder aber sie werden durch Zerkleinerung von hartem Gestein gewonnen (Sand und Kies von festem Gestein).

Im ersten Fall hat man gewöhnlich keine Veranlassung zum Zerkleinern, am wenigsten bei der Gesamtheit der französischen Unternehmungen. Dennoch, wenn die Baggeranlage auch noch so unbedeutend

ist, ist es augenscheinlich doch ein Vorteil, die runden Kieselsteine und großen Feldsteine zu zerkleinern, anstatt sie in den Fluß zurückzuwerfen.

Ebenso steht es in den Sand- und Kiesgruben. Dieser Arbeitsvorgang kann, je nach der in Aussicht stehenden Menge an Brechgut, mit Hilfe eines Backenbrechers, eines Rundbrechers oder eines Tellerbrechers besorgt werden. Wenn man ausschließlich Sand herstellen will, wird es erforderlich sein, noch ein oder mehrere Walzwerke hinzuzufügen.

Wir lassen die Beschreibung einer amerikanischen Anlage für Kies und Sand hierunter folgen. Bezogen auf die bei uns bestehenden Bedürfnisse, erscheint sie uns riesenhaft groß. Trotzdem ist sie in den Vereinigten Staaten eine alltägliche Ausführung. Wir bringen sie hauptsächlich nur wegen ihrer Gesamtanordnung hier an, aber diese Anordnungen können auch auf viel bescheidenere Einrichtungen Anwendung finden.

#### Anlage für Sand- und Kiesherstellung.

Namen der Gesellschaft: Midland Gravel Co.

Lage der Fabrik: Milbrook (Mich.).

Zeit der Inbetriebsetzung: . . .

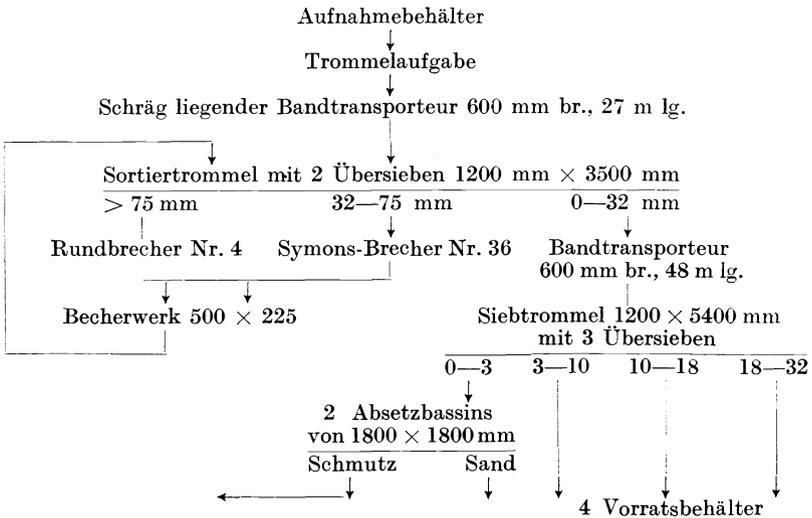
Leistungsfähigkeit: ungefähr 1000 m<sup>3</sup> täglich.

Vorkommnis in der Grube: Ablagerungen von Sand und Kies.

Ladevorrichtungen: Dampfschaufel.

Fördervorrichtungen: Kippwagen.

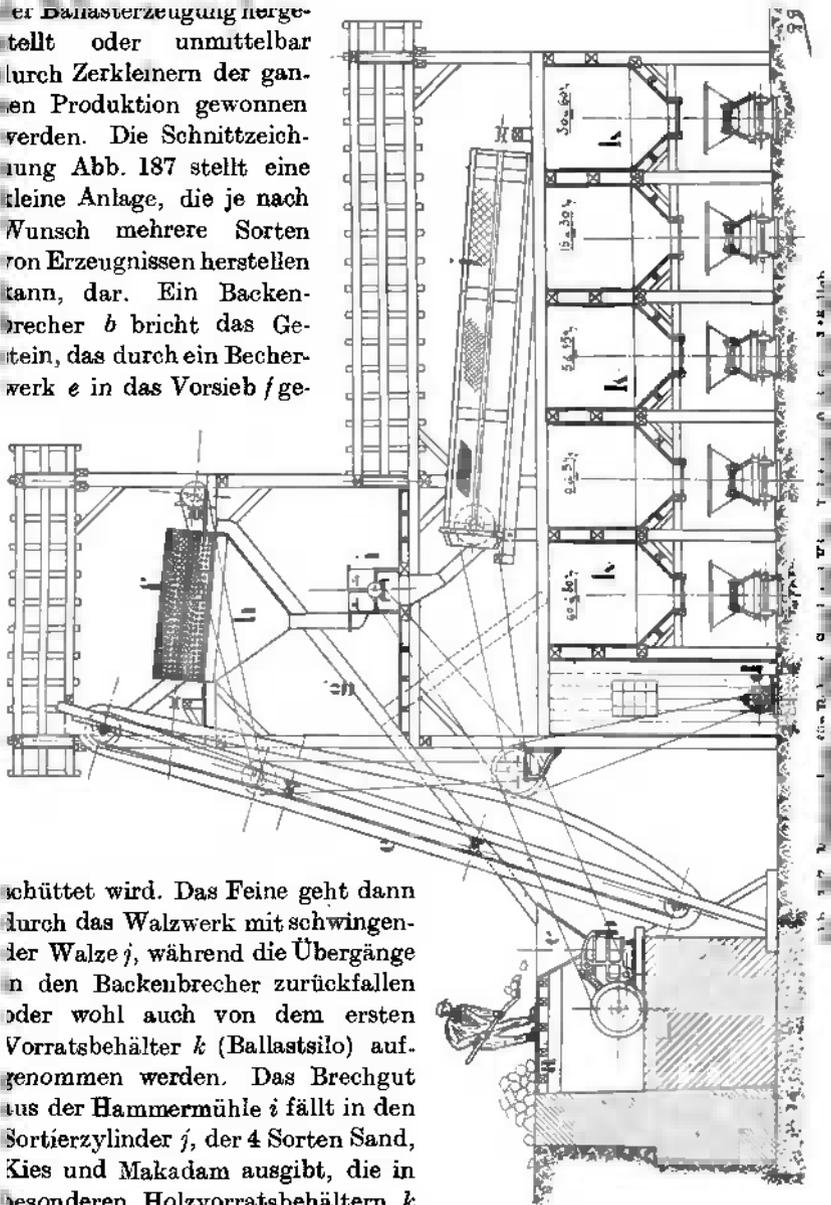
Brech- und Sortierräume: Schema:



Betriebskraft: Drei Elektromotoren von 100, 40 und 25 HP für die ganze Einrichtung.

Der Sand und Kies aus Gestein können aus den Abgängen bei

er Ballasterzeugung hergestellt oder unmittelbar durch Zerkleinern der ganzen Produktion gewonnen werden. Die Schnittzeichnung Abb. 187 stellt eine kleine Anlage, die je nach Wunsch mehrere Sorten von Erzeugnissen herstellen kann, dar. Ein Backenbrecher *b* bricht das Gestein, das durch ein Becherwerk *e* in das Vorsieb / ge-



schüttet wird. Das Feine geht dann durch das Walzwerk mit schwingender Walze *j*, während die Übergänge in den Backenbrecher zurückfallen oder wohl auch von dem ersten Vorratsbehälter *k* (Ballastsilo) aufgenommen werden. Das Brechgut aus der Hammermühle *i* fällt in den Sortierzylinder *j*, der 4 Sorten Sand, Kies und Makadam ausgibt, die in besonderen Holzvorratsbehältern *k* aufgenommen werden.

Eine Anlage nach diesem Muster genügt für Kalksteine, Kieselsteine oder Quarzit und bringt eine Leistung von 3 bis 6 m<sup>3</sup> in der Stunde je nach Größe der Maschinen hervor.

Die großen Bauausführungen und besonders der armierte Beton erfordern immer größere Mengen an Sand und Kies, die in genauen Grenzen der Körnung sortiert sind und frei von allen Unreinigkeiten wie Ton und den verschiedenen organischen Bestandteilen sein müssen.

Die häufigste Gepflogenheit, um Sand frei von jeder Verunreinigung zu erhalten, besteht darin, ihn einer Wäsche oder einem Schlämmen zu unterziehen. Dieser Arbeitsvorgang vollzieht sich im allgemeinen in einer Waschtrommel mit erweitertem Kopf, deren oberer Teil ungeleuchtet und im Innern mit Flügeln versehen ist, die dazu bestimmt sind, ein kräftiges Durcheinandermischen des Waschgutes zu bewerkstelligen (Waschtrommel).

Das Schlammwasser läuft nach der Seite heraus, während der Sand und Kies selbsttätig nach dem mit Sieblöchern versehenen Teil der Waschtrommel wandert. Diese Trennung hat aber den Nachteil, daß die nassen Teilchen später noch einer Sortierung unterworfen werden müssen. Dieser Arbeitsvorgang ist schwierig und nur möglich, wenn man die Vorsichtsmaßregel gebraucht, wenigstens eine Spülvorrichtung über den feinsten Lochungen anzubringen. Der Wasserverbrauch wird deshalb etwas höher.

In den amerikanischen Anlagen verwendet man häufig die Siebvorrichtungen der Bauart Dull, Gilbert, usw. (siehe Kapitel 11), bei denen die Sortierung mit den größten Stücken beginnt. Die Waschvorrichtung oder „scrubber“ wird als erste Maschine in die Wäsche eingebaut. Das Waschwasser durchläuft nacheinander jedes Sieb und fließt am Ende der Einrichtung wieder heraus.

Die erforderliche Wassermenge ist leicht zu berechnen, wenn man den Prozentsatz des Tones =  $x\%$ , der in der Waschgutmenge enthalten ist, kennt, und den Prozentsatz =  $y\%$ , der nach dem Waschvorgang noch zulässig ist, bestimmt. Der Tongehalt des gewaschenen Erzeugnisses wird in allen Fällen derselbe sein wie der Tongehalt im Waschwasser. Das kann man, wenn  $T$  der Tongehalt in dem zu waschenden Sande ist, schreiben:

$$\text{Wassermenge } Z = T \left( \frac{x-y}{y} \right).$$

Die Anwendung dieser Formel zeigt, daß das Waschen in zwei Abschnitten viel weniger Wasser erfordert als in einem einzigen Waschvorgang.

Die Schlammwässer reißen die feinen Sande mit, die aufzufangen sehr vorteilhaft sein kann. Dieser Arbeitsvorgang wird mit Hilfe von Konen und „Tanks“ Bauart Dull, Allen usw. ausgeführt (siehe elftes Kapitel).

Im allgemeinen kann die Abscheidung der Sande unter 6 mm ausschließlich nur auf dem Wege des Absetzens herbeigeführt werden. Das vorherige Waschen kann auch durch das gleiche Verfahren bewerk-

stellt werden. In Amerika gibt es viele Anlagen, die nach dem folgenden Verfahren arbeiten. Ein Saugheber hebt die Mischung von Kies und Wasser in eine gewisse Höhe über dem Fußboden. Ein Rost hält die zu großen Stücke und die verschiedenen Fremdkörper zurück. Dann trennt und sortiert eine Reihe von Absetzkästen mit abnehmenden Abmessungen in verschiedene Sorten Sand. Das Schlammwasser fließt am Ende der Wascheinrichtung ab.

Die Absetzkästen stehen auf Pfeilern oder einem leichten Gerüst. Die sortierten Sande setzen sich natürlich in Haufen ab und können von Hand oder auch mechanisch entfernt werden.

Eine solche Anlage erfordert weiter keine andere Betriebskraft als die für die Förderpumpen unbedingt notwendige.

Die Anwendung der Wassersortierung auf jede Sandsorte ist weit entfernt davon bis jetzt die ganze wünschenswerte Verbreitung gefunden zu haben. Die Erzeugung von Sand und Kies, sowie übrigens alles, was nichts mit metallischem Gestein zu tun hat, ist sehr oft von der modernen Technik vernachlässigt worden. Besonders hat sie wegen Mangel an Verbindung mit der großen Bergwerksindustrie zu leiden gehabt und als deren „arme Verwandte“ sie bis jetzt gegolten.

Das Auftreten der Ära der großen Bauarbeiten hat in den Vereinigten Staaten diesen Zustand hervorgerufen, in welchem sich die Techniker von großem Ansehen in das Studium der Anlagen und Maschinen, die wir eben beschrieben haben, vertieft haben. Trotz des Mißverhältnisses unserer Vernögenslage und des Absatzes, unter welchen unsere Unternehmungen zu leiden haben, ist zu hoffen, daß hier wie anderswo wissenschaftliche Grundsätze und moderne Maschinen ihr Bürgerrecht erhalten werden.

## 2. Sand für Gießereien, Glashütten und feuerfeste Produkte.

Das was wir über das Thema Sand für Bauzwecke gesagt haben, bezieht sich auch auf die Herstellung der besonderen Sandsorten für die Hüttenbetriebe und Glashütten, die am Anfang dieses Absatzes aufgezählt sind.

Gießereisand: Diese Sandarten sind Fluß- oder Grubensande. Sie sollen drei Anforderungen genügen: Bildsamkeit, Durchlässigkeit und Feuerfestigkeit.

Bildsamkeit und Durchlässigkeit ist eine Wirkung des physikalischen Zustandes der Sandsorten. Der Flußsand besteht aus Körnchen, die durch gegenseitige Reibung abgerundet sind und eignet sich deshalb besser als der Sand aus der Grube. Es ist eine sorgfältige Aufbereitung unbedingt erforderlich. In der Gießerei werden dann Mischungen gemacht und verschiedene andere Rohstoffe noch hinzugefügt.

Die chemische Zusammensetzung des Sandes hat einen großen Einfluß, der um so größer ist, wenn man es mit Metallen zu tun hat, deren Schmelzpunkt sehr hoch liegt. Für Gußeisen soll der Gehalt an Kieselsäure nicht niedriger sein als 90 bis 92%. Für Bronze kann er bis auf 75 bis 80% heruntergehen. Der Gehalt an Eisenoxyd und Kalzium soll so schwach wie möglich sein (2 bis 3% im ganzen).

Für die Glaserzeugung und feuerfeste Steine soll der Kieselsäuregehalt 97 bis 98% erreichen. Weißer Sand für die Glashütten soll übrigens vollständig frei sein von jeder Eisenspur.

Die Aufbereitung dieser Sandsorten in der Grube vollzieht sich immer nach dem schon beschriebenen Verfahren: Gewinnen des Sandes von der festen Wand, Granulieren oder Zerkleinern mit Hilfe eines Walzwerkes oder Schlägermühle, wenn die Ablagerung des Vorkommens gleichmäßig ist. Wenn es notwendig ist, folgt das Waschen mittels Waschtrommel und dann das Klassieren in verschiedenen Sorten mit feststehenden Sieben, Siebtrommeln oder Stoßsieben.

Die Sande für Gießereizwecke müssen übrigens noch einer weiteren Vorbereitung unterzogen werden, die in einem besonderen der Gießerei angegliederten Raume vor sich geht.

Der Sand, welcher zur Anfertigung von Gußformen dienen soll, ist eine Mischung von neuem Sand, schon gebrauchten Sand, Kohlenstaub und Wasser. Bevor die Formen in den Trockenraum gehen, ersetzt man die Kohle durch verschiedene organische Stoffe, wie gehacktes Stroh, Haare, Pferdemit usw., die dazu dienen sollen, die Durchlässigkeit zu erhöhen.

Die Sandmacherei besteht also aus mehreren bestimmten Arbeitsvorgängen:

a) Behandlung des neuen Sandes. Dieses ist nur in dem Falle notwendig, wenn der Sand roh aus der Grube kommt und solchen gibt es allgemein in Frankreich genug: Dieser Arbeitsvorgang umfaßt:

Trocknung mit Hilfe einer Trockentrommel,  
Zerkleinerung (gewöhnlich mit einem Kollergang),  
Siebung,

Befördern in Vorratsbehälter zum Aufbewahren.

b) Behandlung des gebrauchten Sandes.

Dieser Sand wird durch einen Schollenbrecher aufgelockert.

Dann über einen Magnetscheider geschickt, der die Formernägel und Gußeisensplitter ausscheidet.

Gesiebt und in Vorratsbehälter auf Vorrat gelegt.

c) Mahlen der Kohle und in Vorrat gelegt.

d) Tellerteiler, die unter jedem Vorratsbehälter angebracht sind, entnehmen die zur einer gewünschten Mischung notwendigen Mengen einer jeden Sorte von Rohstoffen und werfen sie in eine Schnecke.

Die erforderliche Wassermenge wird entweder in einer Mischschnecke oder in einem Trommelanfeuchter zugesetzt.

Das Ganze geht dann durch eine Schleudermühle (Carr-Mühle), welche eine vollkommene Mischung hervorbringt.

Vorratsbehälter für das fertige Erzeugnis nehmen das Ergebnis dieses Arbeitsvorganges auf.

Je nach der Größe der Gießerei wird man eine oder mehrere Mühlen für die verschiedenen zu vermahlenden Produkte aufstellen. In den Durchschnittsanlagen vereinfacht der Kollergang, der gleichzeitig auch den Dienst als Mischer übernimmt, die Maschineneinrichtung ganz wesentlich. In den größeren Anlagen wird die Kugelmühle vorteilhafter Verwendung finden.

### 3. Erzgranulierung für die Naßaufbereitung.

Dieses Verfahren war Gegenstand zahlreicher sehr eingehender Studien von seiten der Fachleute aller Länder. In Frankreich sind vor kurzer Zeit noch mehrere Werke erschienen, welche diese Frage behandeln. Wir beschränken uns darauf, kurz den Grundsatz jeder mechanischen Aufbereitung ins Gedächtnis zurückzurufen.

Wenn ein ungleichartiges Gestein vorhanden ist, das aus einer oder mehreren Metallverbindungen mit einer steinigen Gangart verwachsen, besteht, wird eine genügend weit getriebene Vermahlung dieses Gesteins drei Sorten Produkt ergeben:

a) Teile, die ausschließlich aus der einen oder der anderen Metallzusammensetzung bestehen und die für die Schmelzhütte ausgeschieden werden.

b) Teile, die ausschließlich aus taubem Gestein bestehen und weggeworfen werden (Berge).

c) Endlich Teile, in denen noch verschiedene Metallteilchen enthalten sind (Mittelprodukte oder Verwachsenes).

Gerade diese letzte Sorte muß einer besonders ausgesprochenen Vermahlung unterzogen werden, der eine neue Klassierung folgt. Dieser Arbeitsvorgang kann sich auf diese Weise mehrmals wiederholen.

Wenn die vorhandenen Erzteilchen in geringer Anzahl vorhanden und nicht zu innig verwachsen sind, wird eine einfache Vermahlung genügen, um durch Auslesen mit der Hand oder „Klauben“ den größten Teil der Scheidung durchzuführen. Wenn das Gefüge des Erzes derartig ist, daß das Auslesen mit der Hand leicht bewerkstelligt werden kann, läßt man das Haufwerk (vom Backenbrecher oder Rundbrecher) über ein Leseband gehen, welches ein Bandtransporteur oder ein Stoßförderer sein kann. Es wird nun der Prüfung des mit dem Lesen beauftragten Arbeiters unterzogen. Das Gemisch wird bei diesem Auslesen von Hand beiseite liegen gelassen, ebenso der Grus, der beim Austritt

aus dem Backenbrecher ausgeschieden wird. Beides wird nach dem Arbeitsraum gebracht, in welchem sich die Grobkornwäsche befindet. Dieser Arbeitsvorgang erstreckt sich auf die Herstellung einer Körnung von 1 bis 5 mm. Es ist also notwendig, die vorgebrochenen Stücke von 40 bis 50 mm bis auf diese Korngröße zu zerkleinern. Diese Granulierung der Erze vollzieht sich bei der großen Mehrheit der europäischen Aufbereitungsanlagen mit Hilfe von Walzwerken. Zum mindesten sind zwei Walzwerke erforderlich, um die vorgesehene Zerkleinerung durchzuführen.

Der Tellerbrecher kann vorteilhaft das Walzwerk ersetzen, zum mindesten den Dienst als Vorbrecher versehen. Die Kugelmühle mit kurzer Mahltrommel (Ball mill) ist ebenfalls zur Granulation verwendet worden. Beschiekt mit Stücken von 50 bis 75 mm, mahlt sie vorteilhaft auf Feinheiten von Sieb Nr. 12 bis 20 (1,8 bis 0,8 mm). In allen Fällen, in welchen eine weite Spanne der Zerkleinerung vorteilhaft ist, das heißt wenn das Klauben von Hand nicht mehr nutzbringend erscheint, dann empfiehlt sich tatsächlich die Kugelmühle.

Die auf diese Weise granulierten Erze werden dann nach der Größe nach einer mathematisch gestaffelten Aufstellung, die für jedes Erz festliegt, sortiert. Diese Sortierung erfolgte bis jetzt mit Hilfe von Trommeln. Gegenwärtig werden die ebenen Stoßsiebe und die Vibrationssiebe als wenig Platz beanspruchend und viel sicherer arbeitend angepriesen. Jede auf diese Weise erhaltene Kornsorte wird nachher in Setzmaschinen oder „jigs“ weiter behandelt. Das sind mit Wasser arbeitende Apparate, die eine Trennung der Teilchen nach dem spezifischen Gewicht, je nach den verschiedenen Fallgeschwindigkeiten, in einem aufsteigenden Wasserstrom herbeiführen.

Die Teilchen, welche feiner als 1 mm sind, und am Anfang der Wäsche ausgeschieden werden, ebenso die verwachsenen Mittelprodukte, welche aus den Pochtrögen kommen, werden allgemein einer neuen Behandlung unterzogen, welche wir beim Abschnitt der Feinmahlung untersuchen werden.

#### 4. Verarbeitung der verschiedenen nicht metallischen Gesteine.

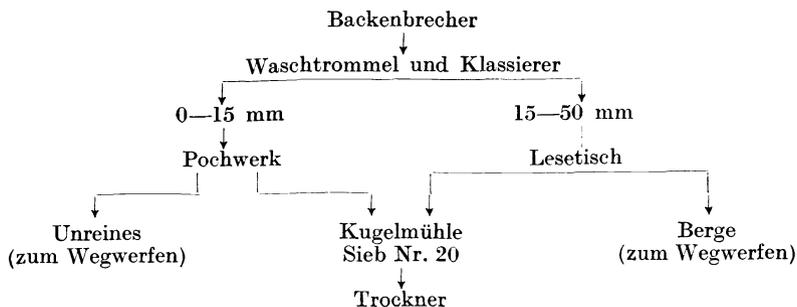
a) Asbest. Das aus dem Bruch kommende Gestein wird vorgebrochen, darauf im Kollergang gemahlen (um die Faser zu erhalten), dann gewaschen und ausgelesen:

Staub und Feinabfall für feuerbeständige Masse.

Fasern 10 bis 20 mm Länge für Asbestpappe.

Fasern länger als 25 mm für Asbestgewebe.

b) Schwerspate. Gestein: Bariumsulfat und Witherit (Bariumkarbonat).



Wenn das Gestein sehr rein ist, ist der Durchgang des Feinabfalles durch die Setzmaschine unnötig.

Wenn das Gestein organische Beimengungen enthält, ist der Trockner durch einen Röstofen zu ersetzen.

Der Rohstoff wird dann in Feinrohrmühlen oder Pendelmühlen feingemahlen und für den Handel geliefert (Verwendung für Anstriche, Gerbereien, Zuckerfabriken, Emailen usw.).

c) Graphit. Dieses Gestein ist im allgemeinen brüchig und wird zunächst in der Grube gewaschen. Ein Teil der sandigen Gangart wird auf diese Weise entfernt.

Es gibt zwei Arbeitsvorgänge: Auf trockenem und nassem Wege.

Beim Trockenverfahren beginnt man mit dem Trocknen des Gesteins in der Sonne oder auf dem Trockenherd (Darre).

Dieser Trocknung folgt eine Sortierung auf dem Stoßsieb, die vier Sorten ergibt 0 bis 1 mm, 1 bis 2, 2 bis 3 und über 3 mm. Das Feine wird beiseite geworfen (da verminderter Kaufwert). Die Stücke größer als 3 mm werden zerkleinert mit Walzwerken oder Kollergängen. Das ist notwendig, um das Plättchengefüge zu erhalten.

Die drei ausgesonderten Sorten werden durch Ventilation in länglichen Kästen getrennt behandelt, die drei Erzeugnisse ergeben:

Handelsgraphit,  
Gemisch zum Nachmahlen,  
Taubes Gut (Berge).

Beim Naßverfahren fällt das Trocknen weg und die Windsichtung wird durch Setzmaschinen ersetzt.

Die gesuchtesten Sorten unter den Graphiten sind solche mit hohem Kohlenstoffgehalt und geringem Gehalt an Eisen und Silizium.

Die besten Graphitsorten kommen im natürlichen Gefüge in Kügelchen oder in glänzenden Schuppen mit metallischem Glanz vor. Wenn diese letzten Eigenschaften gegeben sind, deren Einfluß auf den Kaufwert sehr groß ist, so ist die Anwendung von Maschinen erforderlich, die das plättchenartige Gefüge des Erzeugnisses nicht zerstören.

Das ist der Grund, weshalb mit Vorliebe Walzwerke und Kollergänge verwendet werden.

d) Ocker. Die Ockererden werden mit Schlägermühlen aufgelockert, dann in einer Mischtrommel aufgeschlämmt. Das Gemisch von Wasser und Sand geht dann durch einen Vorratsbehälter, in welchen der Sand von verschiedener Korngröße aufgesammelt wird. Spülvorrichtungen mit reinem Wasser vervollständigen die Wäsche des Sandes. Die Konen und Tanks, Bauart „Dull“, „Allen“ usw. können zu dieser Arbeit Verwendung finden. Die Schlammwässer werden in große Absatzkästen geleitet, wo der schwebende Ocker sich absetzt.

Hernach wird der Schlamm gesammelt, getrocknet und pulverisiert.

e) Brikettierte Brennstoffe. Die feinen Abfälle und der Kohlenstaub sind von ganz geringem Handelswert, als Folge der Beförderungsschwierigkeiten und ihrer schlechten Verbrennung. In der Absicht, sie nutzbar zu machen, brikettiert man dieselben unter Zusatz von Teer als Bindemittel. Es gibt zwei Sorten solcher Erzeugnisse: Briketts und Eierbriketts. Die ersteren werden hauptsächlich für die Industrie verwendet, während die zweite Sorte vor allem zum Hausgebrauch dient. In beiden Fällen sind die Arbeitsvorgänge die gleichen:

Trocknung der Kohle, wenn sie notwendig ist.

Kohlenvermahlung (Carr-Mühle).

Mahlen von Pech, Teerrückständen usw. mit der Glockenmühle.

Fördern der beiden Rohstoffe in Vorratsbehälter.

Abteilen der Rohstoffe durch Tellerteiler.

Mischen in einem Schneckenmischer unter Hinzufügen von überhitztem Dampf.

Brikettierung dieser gewonnenen Masse mit einer Presse zu Briketts oder Eierbriketts.

f) Kalksandsteine. Bausteine, hergestellt durch Pressen von Quarzsand und gelöschtem Kalk annähernd im Verhältnis von 10 Volumenteilen zu einem Teil Kalk. Die schnelle Abbindung wird in Kesseln in Gegenwart von hochgespanntem Dampf herbeigeführt.

Der Zerkleinerung des Sandes soll eine vollkommene Mischung mit der erforderlichen Kalkmenge folgen.

Diese beiden Arbeitsvorgänge können in einem Kollergang oder in einer Kugelmühle zusammen ausgeführt werden. Die Kugelmühle wird heute allgemein verwendet. Neuerdings hat man in Amerika Stabmühlen Bauart „Marathon“ in der Kalksandsteinindustrie zur Anwendung gebracht.

Die Ergebnisse mit dieser Mühle sollen sehr befriedigend gewesen sein; denn diese Maschinen sind ganz besonders geeignet, ein körniges Mahlgut zu erzeugen (siehe S. 312).

### III. Mahlen und Feinmahlen.

Die unter dieser Überschrift zu betrachtenden Arbeitsvorgänge haben den Zweck, die Rohstoffe in Sande oder unfühlbar feinem Staub überzuführen von der Korngröße des Siebes Nr. 60 bis Sieb Nr. 300.

Eine große Anzahl von Industrien wenden die Feinmahlung auf alle oder nur einen Teil ihrer Erzeugnisse an.

Unter Verwendung derselben Einteilung wie im vorherigen Abschnitt bemerken wir zu

#### 1. Gruppe Baumaterialien.

- a) Kalk: Fettkalk, Luftkalk, hydraulischen Kalk.
- b) Zement: Natur- und Kunstzement, Schmelzzement, Schlackenzement, Sonderzemente.
- c) Gips: Formgips, Baugips, Düngegips usw.
- d) Keramik: Ziegelei, Töpferei, Porzellan.

#### 2. Gruppe des Hüttenwesens.

Staubkohle, Thomasschlacke, Bauxit, Tonerde, Koks (Elektrodenfabrikation).

#### 3. Gruppe Bergwerksindustrie.

- a) Gold- und Silbererze für die Amalgamation oder Cyanlaugerei.
- b) Verwachsene Erze oder Anreicherung durch Gleichfälligkeit oder Schwimmverfahren.
- c) Steinstaub für Kohlenbergwerke.

#### 4. Gruppe der künstlichen Düngerfabrikation.

- a) Phosphate und Superphosphate.
- b) Düngekalk für Landwirtschaft und Weinbau, Dolomit.
- c) Gemahlener Kalk, gemahlener Gips.

#### 5. Gruppe der chemischen Industrie.

Verschiedene Metallsalze (Oxyde, Sulfate, Karbonate, Nitrate usw.), Malerei- und Wasserfarben, pharmazeutische Produkte, Sprengstoffherstellung usw.

#### 6. Verschiedene nichtmetallische Mineralien.

Talkum, Kaolin, Feldspat, Kieselguhr, Asphalte usw.

Die Maschinen, die zur Vermahlung dieser verschiedenartigen Rohstoffe dienen, sind folgende:

- Kollergänge (Chilenische Mühlen),
- Mahlgänge,
- Pochwerke,
- Schlagmühlen,
- Ringmühlen,
- Kugelmühlen der verschiedensten Bauarten,

Und endlich — und das ist sehr häufig — eine Verbindung von mehreren dieser Maschinen unter sich.

Die Mühlen der ersten drei Bauarten sind sehr alt und aus der Mode gekommen. Ihre Anwendung in neuzeitigen Anlagen kann nur ausnahmsweise gerechtfertigt werden und mit Rücksicht auf ganz besondere Umstände.

Im Verlauf der Kapitel, welche ihnen besonders gewidmet sind, haben wir ihre Leistungsfähigkeit und ihre Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen Arbeitsvorgänge der Feinmahlung bereits erwähnt.

Die Maschinen der folgenden drei Gruppen sind sehr viel im Gebrauch. Der Bequemlichkeit für diesen Teil unserer Abhandlung halber wollen wir sie je nach ihrer Arbeitsweise wieder in drei Gruppen einteilen:

1. Mühlen mit beständigem Umlauf.
2. Mühlen mit innerer Absiebung.
3. Feinmühlen.

Die Mühlen mit beständigem Umlauf geben nicht auf den ersten Anrieb ein gleichmäßiges, auf die gewünschte Feinheit gemahlenes Erzeugnis. Deshalb folgt auf den Mahlvorgang eine Sichtung, die das Mahlgut in zwei Produkte zerlegt. In fertiges Mehl, das entfernt wird, und in Rückstände oder Grieße, die zur Aufgabe der Mühle zurückkehren.

Die Mahlgruppe besteht also immer aus einer Mühle, einer Sortiervorrichtung und gewöhnlich einem Becherwerk. Die Mühle kann sein: eine Schlagmühle, eine Ringmühle oder besser eine Kugelmühle mit kurzer Mahltrommel, die zylindrisch oder konisch ausgebildet ist.

Die Sortiervorrichtung ist ein Sichter, ein Vibrationsieb, ein Windsichter oder ein Wasserklassierer (Spitzlutte), je nach der Art der in Aussicht genommenen Sichtung.

Allgemein wird zu dieser Gruppe ein Becherwerk hinzugefügt, um das Mahlgut zum Sichter zu heben. Dieser ist über der Mühle so aufgestellt, daß die Rückstände durch eigene Schwere in die Mühlenaufgabe zurückkehren können.

Die zweite Arbeitsweise betrifft Mühlen, deren Auslauf mit einer Siebvorrichtung derart verbunden ist, daß es allein dem genügend feinen Mahlgut möglich ist, die Mühle zu verlassen. In diesem Sinne arbeiten: die Schlagmühlen, Ringmühlen (Pendelmühlen und Horizontalkugelmühlen) und die verschiedenen Arten Kugelmühlen mit steter Sichtung.

Die durchlochten Bleche und Metallgewebe, die ganz zuerst gebraucht wurden, haben auf Grund ihrer geringen Siebfähigkeit, besonders wenn es sich um große Feinheiten handelt, in unvorteilhafter Weise die Leistungsfähigkeit dieser Mühlen beschränkt. Praktisch kann man kaum über das Sieb Nr. 70 gehen, wenn man eine annehmbare Leistungsfähigkeit aufrechterhalten will.

Die Mühlen mit innerer Absiebung werden fast nur noch als Vorschroter verwendet und man versieht sie in diesem Falle mit gelochten Blechen von 2 oder 3 mm Lochung.

Eine Verbesserung der Absiebung ist durch das Hinzufügen einer pneumatischen Vorrichtung erzielt worden, indem ein Unter- oder Überdruck auf einer der Sieboberflächen erzeugt wird. Die Ringmühlen mit großer Umlaufgeschwindigkeit (Mühlen von der Bauart der Griffinmühle, Fullermühle usw.), die nach diesem Grundsatz gebaut sind, haben befriedigende Ergebnisse erzielen können.

Andere Mühlen sind ausschließlich mit einer pneumatischen Austragung versehen (Schlagmühlen und Pendelmühlen Bauart Raymond). Auch die größten Feinheiten sind zu erreichen möglich, ohne Verstopfungen, Verschmieren oder ein Zerreißen der Siebe befürchten zu müssen. Augenscheinlich haben die Mühlen mit Luftumlauf ein theoretisches Interesse erster Ordnung. Das fortdauernde Herausziehen des feinen Staubes, sobald er erzeugt ist, aus dem Innern der Mühle, stellt ein Ideal auf dem Gebiete der Feinmahlung dar.

Zahlreiche Maschinenbauer richten gegenwärtig ihre Untersuchung in diese Richtung, sowohl was die Schlagmühlen oder Ringmühlen anbetrifft, als auch die Kugelmühlen der verschiedensten Ausführungen. Der Hauptübelstand, dem man bisher begegnet ist, ist der erforderliche, bedeutende Betriebskraftaufwand für die Ventilatoren, der dahin zielt, die auf der einen Seite durch die Mahlung gewonnenen wirtschaftlichen Vorteile auf der anderen Seite wieder unwirksam zu machen.

Die dritte Art Maschinen, die wir nun noch zu betrachten haben, ist die der Feinmühlen, die in einem einzigen Arbeitsgange und ohne Kontrolle auf die gewünschte Feinheit fertigmahlen. Die Kugelmühlen, mit unterbrochenem satzweisen Betrieb, Bauart „Alsing“ und die langen Rohrmühlen (Feinrohrmühlen) sind, was die großen Feinheiten anbetrifft, die einzigen Maschinen, welche diesen Anforderungen entsprechen.

Während die Maschinen der beiden ersten Ausführungen (wiederholter Umlauf und innenliegende Sichtung) eine bedeutende Leistung erzeugen können — indem sie zum Beispiel Stücke von 25 bis 30 mm Größe bis zur größten Feinheit mahlen —, sollen die Feinrohrmühlen nur mit Aufgabegut beschickt werden, das schon durch Sieb Nr. 20 oder selbst noch feiner gegangen ist.

Die Feinmahlung vollzieht sich dann in zwei Stufen: Das Vorschroten wird in einer Hammermühle, einer Ringmühle oder aber in einer Kugelmühle mit kurzer Mahltrommel ausgeführt und die Fertigmahlung fast immer mit Hilfe einer Feinrohrmühle.

Wir begegnen also oft Mahlgruppen, die aus zwei hintereinandergeschalteten Maschinen (Vorschroter und Feinmühle) oder beide vereinigt (Verbundmühlen) bestehen.

Wir wollen nun einige Beispiele der praktischen Verwendungen in verschiedenen Industrien nachprüfen.

## 1. Vermahlung von Kalk.

Die Schwierigkeit beim Mahlen wie ebenso der gewünschte Feinheitsgrad wechselt mit der natürlichen Beschaffenheit des Kalkes.

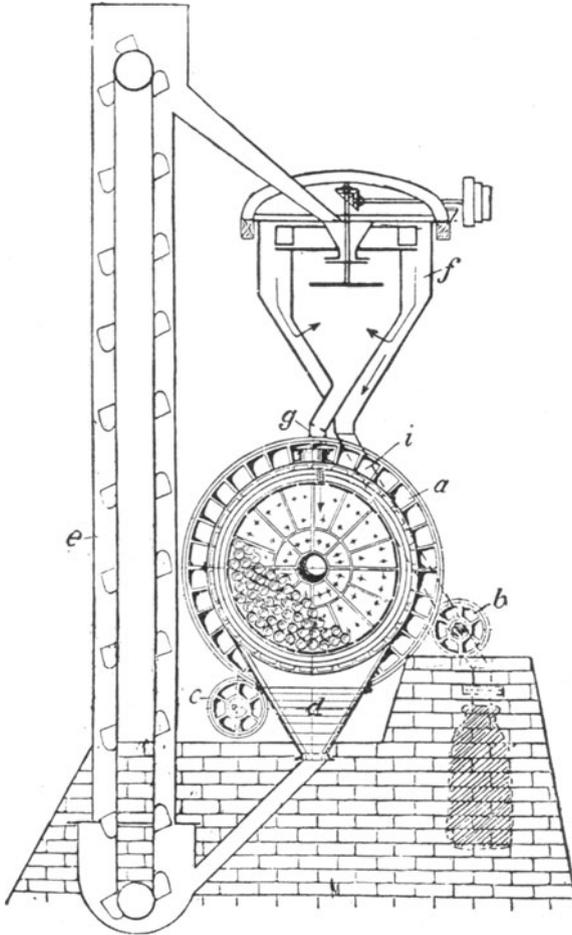


Abb. 188. Hochleistungsmühle mit Windsichter für Kalkmahlung.

Fettkalke zerfallen fast vollständig beim Löschen, so daß nur noch ein schwacher Prozentsatz der Tätigkeit der Mühlen zu unterwerfen ist.

Dagegen wird der Sichter oder Windsichter stark beansprucht werden.

Das Mahlgut wird häufig vor der Vermahlung gesichtet, um so eine Verstopfung der Mühle durch feinen Staub zu vermeiden und gegebenen Falles die harten Stücke überhaupt ausscheiden zu können, die entweder Ungares und schlecht gelöschte Stücke oder Unreinigkeiten darstellen.

Die Hammermühlen können auch für diese Sichtungswise verwendet werden.

In gleicher Weise wird auch die Kugelmühle gebraucht. Die Sichtung gestaltet sich mit einem Windsichter vorteilhaft, dem ein Rost oder ein Vorsieb vorgeschaltet ist, um im voraus die großen Stücke auszuschneiden.

Der hydraulische Kalk enthält Teile von großer Härte (Grappiers), die einer kräftigen Mahlung bedürfen. Diese Grappiers können in den Kalk eingebettet sein, so daß sie die Güte des Kalkes verbessern. Sie

sollten besonders verarbeitet werden mit Rücksicht auf die Herstellung von Grappierzement. Der Gang der Verarbeitung wird sich in beiden Fällen ändern.

Das Mahlen wird nun hauptsächlich mit Hilfe der Kugelmühle in geschlossenem Umlauf mit einem Windseparator besorgt (Abb. 188). Eine Mahltrommel von 1500 mm innerem Durchmesser und 1800 mm Länge, verbunden mit einem Windsichter von 2200 mm Durchmesser kann auf diese Weise 2500 bis 3000 kg stündlich leisten bei einem Kraftverbrauch von 35 bis 40 HP. Die alten Kollergänge, ebenso die Zentrifugalkugelmühlen, die ehemals viel verwendet wurden, werden jetzt immermehr aufgegeben.

Zur Herstellung von Kalk besserer Qualität, sogenannte „administratif“ fein gemahlen und vollständig gleichmäßig durchgemischt, mahlt man nochmals mit einer Feinrohmühle, die das ganze Feinmehl vom Windsichter dazu erhält, nach.

Die so eingerichtete Mahlgruppe hat eine große Anpassungsfähigkeit und läßt jeden Spielraum für die verschiedenen Herstellungsarten zu.

Bei der Herstellung von Naturzement, bei welcher die ganze Menge des Rohstoffes ganz fein gemahlen werden muß, genügt die Anwendung einer einzigen Mühle: Die Verbundmühle wird vorteilhaft sein können.

## 2. Herstellung von Kunstzement.

In den Zementfabriken finden sich die Mahlmaschinen in drei Räumen wieder zusammen:

α) Vermahlung der Rohmaterialien (Rohmühle).

β) Vermahlung von Klinkern oder gesinterten Zementsteinen (Zementmühle),

γ) Und in den meisten Fällen Vermahlung der Kohle zur Befeuerung der Drehöfen (Kohlenmühle).

Die Aufbereitung der Rohstoffe Kalk und Ton unter den verschiedensten Formen, Kreide, Mergel, Schiefer usw. erfordert zuerst die Feinmahlung der verschiedensten Zusätze mit Rücksicht auf die innige Mischung in fest bestimmten Verhältnissen.

Es bestehen zwei Verfahren bei der Bearbeitung der Zementrohstoffe: Das Trocken- und das Naßverfahren. Die Wahl des einen oder des anderen Verfahrens wird bestimmt durch Betrachtungen, die hier keinen Platz haben. Mit Rücksicht auf die Vermahlung haben wir verschiedene Verfahren in dem einen oder dem anderen Falle zu berücksichtigen. Aber immer wieder finden wir die gleiche Maschinenfolge.

a) Vorbrechen. Wenn die Rohstoffe hart sind, finden Backen- oder Rundbrecher Verwendung; sind sie aber halbhart und brüchig, gebraucht man Brechwalzwerke oder Hammermühlen.

b) Vermahlung. In zwei Stufen: Vorschroter und Feinrohmühle. In den meisten neuzeitigen Fabriken gebraucht man Verbundmühlen.

Wenn man das Trockenverfahren im Auge hat, wird man einen Trockenofen nach dem Vorbrecher einschalten. Die Feinmahlung wird dann durch eine Mühle mit großer Geschwindigkeit „Griffin“, „Fuller“ usw. erzeugt. Diese Maschinen, die in Amerika sehr verbreitet sind, werden noch in gewissen englischen und ganz wenig deutschen Fabriken verwendet, aber sie sind noch fast unbekannt in Frankreich. Die Kugelmühlen und besonders die Verbundmühlen werden dagegen viel mehr bevorzugt.

Das Naßverfahren vermeidet die Vortrocknung und bedingt das Hinzufügen von Wasser beim Brechen und bei der Vermahlung. Wir haben bereits angegeben, daß die Vermahlung im Wasser weniger Kraft beansprucht und die Verbreitung von Staub vermeidet.

Die zur Anwendung kommenden Mühlen sind fast ausschließlich besondere Verbundmühlen mit einer Vormahlkammer von großem Durchmesser.

Die Vermahlung der Klinker erfolgt ausschließlich auf trockenem Wege. Je nach der Brennart: Rotierofen oder Schachtofen hat der verglaste Klinker einen mehr oder weniger großen Härtegrad. Die Drehofenklinker sind besonders hart und scharf. Sie stellen einen am schwierigsten zu vermahlenden Rohstoff dar. Die zu erreichende Mehlfineinheit ist beträchtlich. Im allgemeinen läßt man nicht mehr als 2 bis 3% Rückstand auf Sieb Nr. 100 und 12 bis 15% auf Sieb Nr. 200 zu. Im übrigen sollen die unfühlbaren Feinheiten einen bedeutenden Prozentsatz erreichen, welcher den theoretischen Sieben von 15000 bis 60000 Maschen auf den Quadratzentimeter entspricht.

Die zur Verwendung kommenden Maschinengruppen sind folgende:

Mühlen mit wiederholtem Umlauf, Hochleistungsmühle verbunden mit Windsichter. Diese sind bis jetzt wenig im Gebrauch.

Mühlen mit innenliegender Siebung: Griffinmühlen, „Géant“ und Fullermühlen. Hier gelten die gleichen Bemerkungen, die bei dem Abschnitt „Verarbeitung der Rohstoffe“ gemacht wurden.

Und endlich — und das ist die am meisten verwendete Bauart — die Gruppe der Vorschrot- und Feinrohmühlen. Unter diesen ist als Vorschroter eine Ringmühle oder eine Kugelmühle mit zylindrischer oder konischer Mahltrommel zu verstehen oder als Feinmahlmühle fast immer eine Rohrmühle, manchmal (eine neue Anwendung), eine konische „Pebble mill“.

Die nachstehenden Abbildungen zeigen diese verschiedenen Anordnungen. Abb. 189 zeigt die Mahlgruppe, die von Sturtevant vorgesehen wird. Sie besteht aus einer „Ring Roll“ Duplex-Mühle als Vor-

schroter, zwei Vibrationssieben „Newaygo“ im geschlossenen Umlauf mit dem Vorschroter, das Feine geht in eine Feinrohrmühle.

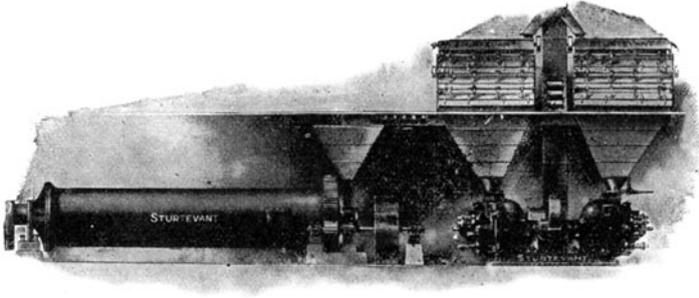


Abb. 189. Eine verbesserte Zementmahlleinheit, Bauart Sturtevant für Schacht- oder Drehofenklinker.

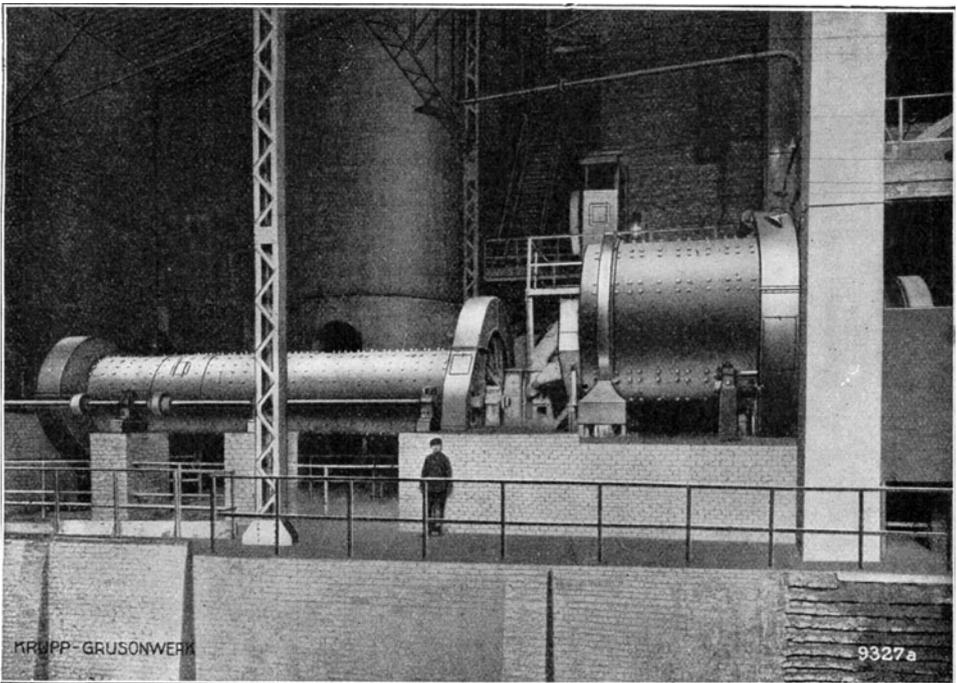


Abb. 190. Eine Naßmahlgruppe mit Vor- und Feinrohrmühle (Fried. Krupp-Grusonwerk).

Abb. 190 stellt eine Naßmahlgruppe mit Naßkugelmühle und Naßfeinrohrmühle vom Krupp-Grusonwerk A. G. dar. Die Naßkugelmühle

als Vorschroter ist in diesem Falle im Verhältnis zur Naßfeinrohrmühle höher aufgestellt, so daß die letztere durch direkten Zulauf des Schlammes durch sein eigenes Gewicht mittels einer Schurre gespeist wird. Abb. 191 zeigt zwei „Solo“-Verbandmühlen von Polysius, die das Vor- und Feinmahlen in der gleichen Maschine besorgen (Ansicht aus der Fabrik in Hagendingen).

Auf Grund der Einfachheit der Gesamteinrichtung und des Betriebes hat diese letztere Lösung den Vorzug gehabt, in den meisten neuengerichteten und umgebauten Zementfabriken seit etwa einem Dutzend von Jahren aufgestellt zu werden.

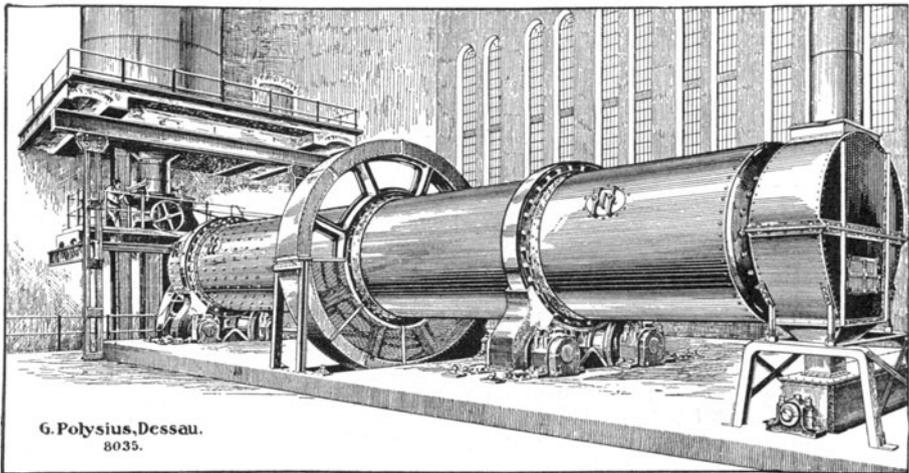


Abb. 191. „Solo“-Verbandmühle in einer Fabrik in Hagendingen. (G. Polysius, Dessau).

3. Gipsmühle. Je nach dem Verwendungszweck der Erzeugnisse: Formgips, Stuckgips, Baugips usw. kann die Feinheit der Mahlung sich ändern. In den neuzeitigen Fabriken findet man unter den verschiedensten Formen immer die drei gleichen Arbeitsvorgänge, welche im Schnitt (Abb. 192) schematisch dargestellt sind, wieder.

a) Vorbrechen und Granulieren des Rohgipses. Dieser Arbeitsvorgang vollzieht sich mit Hilfe eines Backen- oder Rundbrechers oder einer Glockenmühle. Wenn das Gestein verhältnismäßig hart ist, läßt man einen Backenbrecher vorhergehen. (Dieser Fall ist in der Abbildung dargestellt.)

b) Das granuliertes Gut wird in einem Trockenofen entwässert, der von der Bauart eines Fasses, eines Kochtopfes mit aufgelegtem Deckel (Huillard-Ofen) oder einer rotierenden Trommel sein kann (Fall in der Abb. 192).

c) Der gebrannte Gips wird nach dem Erkalten in Vorrats-

behälter wieder aufgenommen und dann auf die gewünschte Feinheit gemahlen.

Die Kugelmühlen oder Schlägermühlen arbeiten zufriedenstellend. Aber oft und besonders bei der

Herstellung von Formgips oder Stuckgips verwendet man Mahlgänge mit Mühlsteinen aus Sandstein oder Schmirgel. Diese Mühlsteine besitzen den Vorzug, keine Metallspuren zu hinterlassen und die Reinheit der weißen Farbe des Mahlguts nicht zu beeinträchtigen.

Diese Mühlen können auch mit einem Windsichter in geschlossenen Umlauf gesetzt werden, welcher die Mahlfeinheit regelt.

#### 4. Kohlenstaub.

Die Verwendung der vermahlenden Brennstoffe für die Befuerung der Zementdrehöfen zuerst ins Auge gefaßt, kann man behaupten, daß sie sich im Verlaufe der letzten Jahre ganz bedeutend entwickelt und vielfach

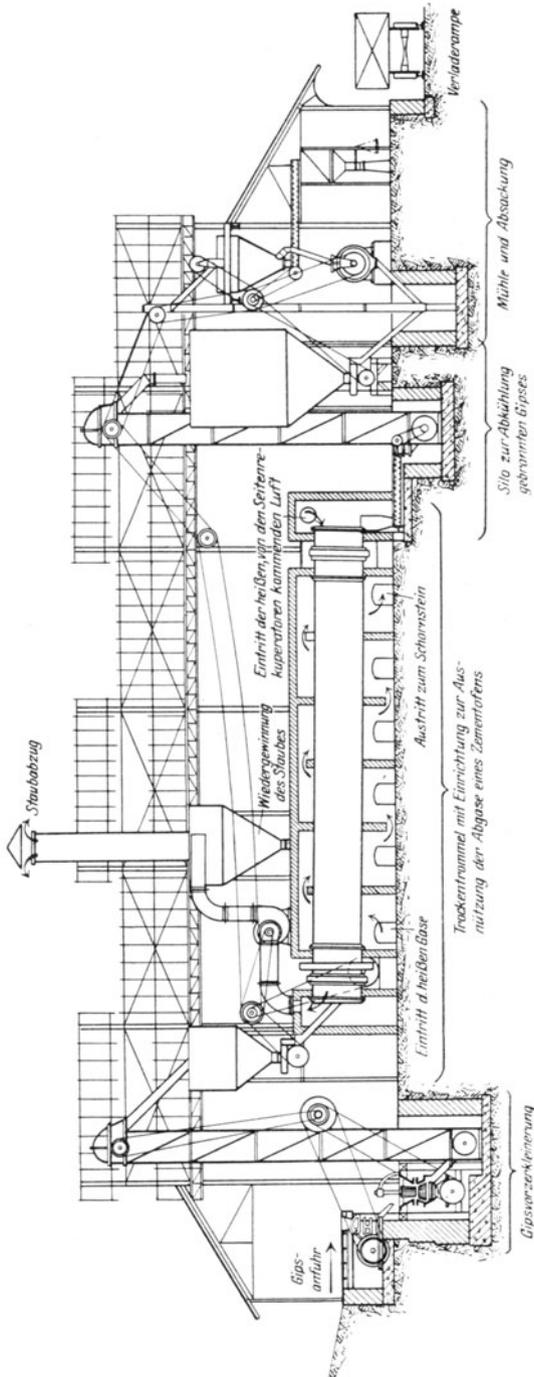


Abb. 192. Gesamteinrichtung einer Gipsfabrik.

Verwendung in der Hüttenindustrie und sogar bei der Marine und im Eisenbahnbetrieb gefunden hat.

Alle Kohlsorten, unter der Bedingung gut trocken zu sein, können gemahlen werden. Die mageren Brennstoffe mit großem Aschegehalt werden durch dieses Verfahren vollständig nutzbar gemacht. Aber die Befuerung, hauptsächlich der Zementöfen, auch wohl gewisser Metallöfen, setzen den Verbrauch an Kohlen bester Qualität mit sehr geringem Aschegehalt voraus.

Der gewünschte Feinheitegrad schwankt je nach dem vorgesehenen Verwendungszweck und der Ansicht der Fachleute.

Für die Zementfabrikation fordert man allgemein eine Mehlfeinheit, die nicht mehr als 3 bis 5% auf Sieb Nr. 100 und 15% auf Sieb Nr. 200 zurückläßt. In anderen Fällen fordert man eine solche Feinheit, daß 98% des Erzeugnisses durch Sieb Nr. 200 geht. Es ist augenscheinlich, daß je größer die erzielte Feinheit ist, je besser die Verbrennung sein wird. Die mageren Brennstoffe müssen viel feiner gemahlen werden für eine gleiche wirtschaftliche Wirkung als die Brennstoffe mit einer höheren Heizkraft.

Es gibt viele sehr bekannte Einrichtungen für die Kohlenvermahlung: „Mahlweise Fuller“, „Raymond“, „Hardinge“, „Allis Chalmers“, „Kennedy“, viele deutsche Firmen u. a. Diese verschiedenen Verfahren ähneln sich augenfällig und unterscheiden sich nur durch die Ausführung der Vorrichtung zum Verbrauch der feingemahlten Kohle (Brenner).

In allen Kohlenstaubmahlanlagen finden wir immer wieder:

Ein Aufnahmesilo (*a*) für die ankommende Rohkohle, das durch einen Stoßschuhspeiser (*b*) oder durch ein Transportband entleert wird. Diese beschicken

einen Kohlenbrecher (*c*) mit gezahnten Walzen oder mit Schlägern, welcher die Kohle auf 25 mm Stückgröße und darunter zerkleinert.

Ein Becherwerk (*d*) nimmt diese vorzerkleinerte Kohle auf und bringt sie in

einen Vorratsbehälter (*e*), der über

einer Trockentrommel (*g*) angelegt ist. Diese Trockentrommel erhält eine gemischte Außenbefuerung, die der Feuchtigkeitsgehalt auf 0,5 bis 1% zurückführt, eine unerläßliche Bedingung, um eine feine Staubmahlung zu erzielen.

Ein Becherwerk (*h*) hebt die getrocknete Kohle und wirft sie in einen Abkühlbehälter (*i*), der

eine oder mehrere Feinmühlen (*k*) speist. Diese können sein:

Pendelmühlen, Bauart Raymond oder Bradley,

Fullermühlen,

konische Hardinge-Mühle,

Rohr- oder Verbundmühlen der verschiedensten, besonders deutschen Ausführungen.

Die Schnittzeichnung Abb. 193 bezieht sich auf das Aufstellungsschema einer Raymond-Kohlenmühlenanlage mit Windsichter und pneumatischer Förderung.

Die feingemahlene Kohle (Kohlenstaub) wird in Vorratsbehältern (*m*) aufbewahrt, deren Fassungsraum mit Rücksicht auf die Explosionsgefahr genügend kleingehalten wird. Dann wird sie mit Förderschnecken (*n*) oder Druckluft nach den verschiedenen Verbrauchsstellen geschafft.

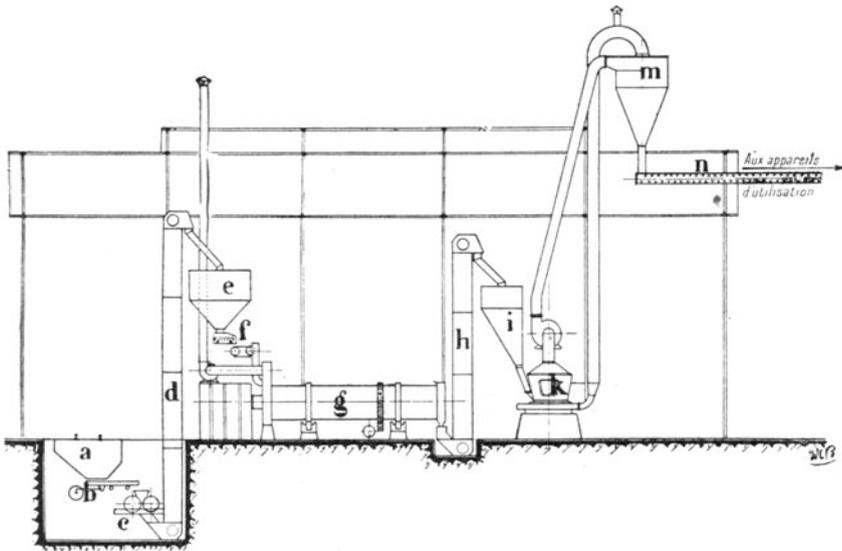


Abb. 193. Schema einer Kohlenstaubzentrale, Bauart Raymond frères.

Eine so eingerichtete Kohlenstaubmahleinrichtung genügt für Einheiten von 2 bis 5000 kg Leistung in der Stunde und darüber mit einem mittleren Kraftverbrauch von 20 bis 25 HP für die gemahlene Tonne Kohlen. Durch die Anzahl der erforderlichen Maschinen als auch dem notwendigen Platzverbrauch, ist das eine wichtige, aber einigermaßen unbequeme Einrichtung, die sich nur durch eine gründliche Ausnutzung rechtfertigt.

Mit Rücksicht darauf, die Vorteile der feingemahlene Kohle auch den kleineren Verbrauchern zugänglich zu machen, hat man im Laufe der letzten Jahre Schlagmühlen zum Vor- und Feinmahlen verbunden mit einer Luftzugvorrichtung sowie Schlagkreuzmühlen zum Vor- und Feinmahlen auf den Markt gebracht, die selbstredend in einer einzigen Maschine das Trocknen, die Grob- und Feinmahlung und

die Beförderung der staubförmig gemahlene Brennstoffe bis zur Feuerung und die notwendige Verbrennungsluft besorgen.

Diese Maschinen, die unter dem Namen „Turbo Pulverisator“, „Aero Pulverisator“, „Atritor“ usw. verkauft werden, gestatten die Verwendung der mageren Brennstoffe dank ihrer Anreicherung durch innige Mischung mit einer flüssigen Kohlenwasserstoffverbindung. Aber das dürfte wohl sicher sein, daß, trotz aller Zeitungsreklame der Fabrikanten, sie nur vollkommen getrocknete Kohlen zu einer ausreichenden Feinheit vermahlen können.

### 5. Aufbereitung von Golderzen

für die Behandlung durch Amalgam und Zyanlauge.

Zur Behandlung des goldhaltigen Quarzes muß zum Zwecke der Gewinnung des wertvollen Metalles zunächst das ganze Gut feingemahlen werden. Bei den im letzten Jahrhundert aufgestellten Anlagen, von denen noch große Anlagen vorhanden sind, wurde die Feinmahlung durch Pochwerke hergestellt. Ein Backen- oder Rundbrecher bricht die Erze bis auf Stücke von 50 mm Durchmesser und darunter. Das Brechgut wird dann in die Pochtröge verteilt. Wir haben schon gesehen, wie schwer, wie platzraubend und kraftverschwendend sowie reparaturbedürftig diese Maschinen sind.

Der Amalgamierungsvorgang beginnt im Innern des Pochtroges und setzt sich über die Kupferplatte des Amalgamationstisches, der vor demselben aufgestellt wird, fort. Die Abb. 194 zeigt einen Pochraum mit 200 Pochstempeln, die vom Fried. Krupp-Grusonwerk gebaut worden sind. Wie geben diese Photographie nur wieder als Beleg, nicht aber als eine Musteranlage, die nachgebaut werden soll.

Die Kollergänge oder chilenischen Mühlen wurden lange Zeit für diese Arbeitsverrichtung angewendet. Davon bestehen noch einige Ausführungen verbesserter Bauart, die in kleinen Anlagen zur vollen Zufriedenheit gearbeitet haben (Chilenische Mühlen von Fraser und Chalmers, Lane-Mühle usw.). Ihr Hauptvorteil liegt in ihrer geringen Umlaufgeschwindigkeit und in ihrer wirksamen Arbeitsweise als Mischer.

Die mit pendelnden Rollen versehene „Huntington“-Mühle hat auch zufriedenstellend in einer großen Anzahl von Betrieben gearbeitet. Aber der furchtbarste Konkurrent der Pochwerke ist die Feinrohrmühle gewesen. In zahlreichen bestehenden Anlagen hat sie die Pochwerke in die Rolle einer Vorzerkleinerungsmaschine zurückverwiesen und den weiteren Verlauf des Arbeitsvorganges den Rohrmühlen überlassen. Diese Arbeitsweise hat eine mehr als verdoppelte Leistung gebracht. Bei Neuanlagen steht dem nichts entgegen, wenn man die Pochwerke durch Walzwerke ersetzt oder besser durch Kugelmühlen.

Wieder einmal verfallen wir also auf die neuzeitige Maschinengruppe:  
Vorschrotermühle mit zylindrischer oder konischer Mahltrommel,

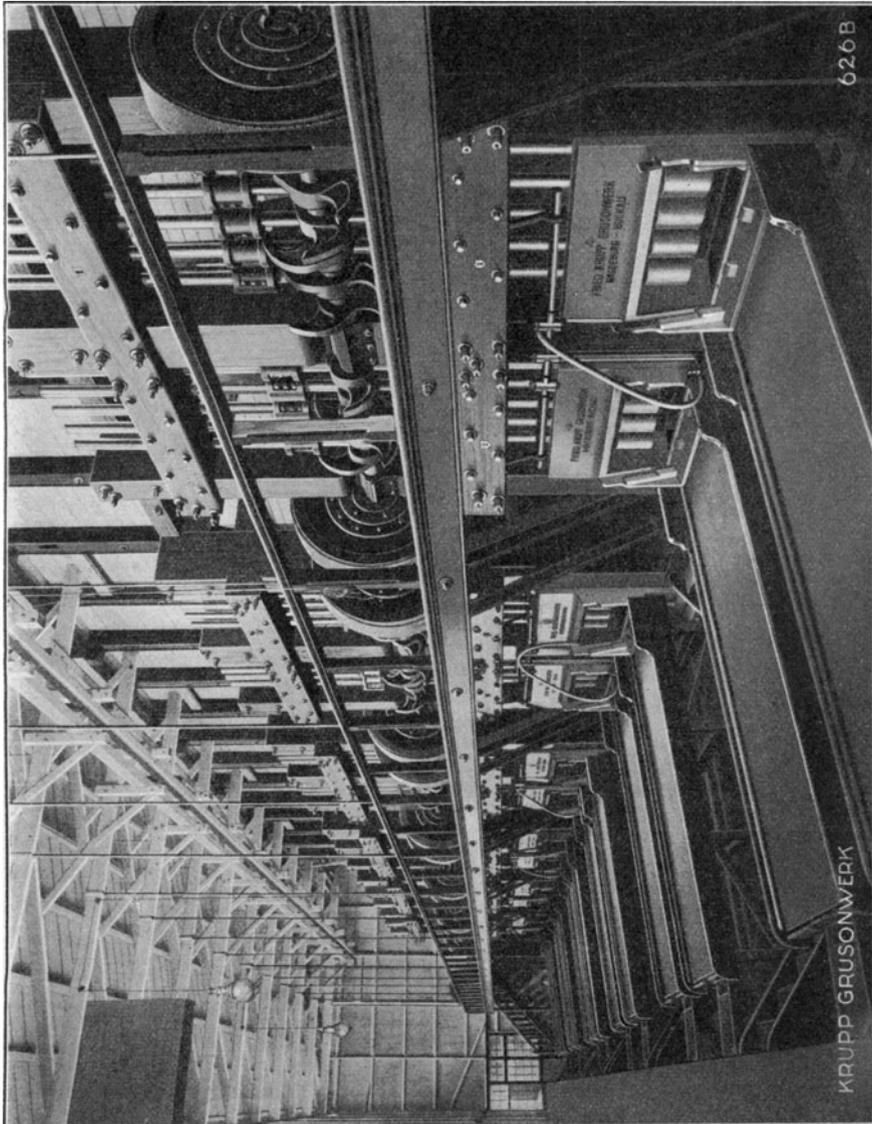


Abb. 194. Pochraum für 200 Pochstempel zur Aufbereitung von goldhaltigem Quarz.

der eine Feinmühle mit langer Mahltrommel oder eine konische Mühle mit Flintsteinfüllung (Hardinge Pebble mill) folgt.

### 6. Erzaufbereitung zur Anreicherung durch Gleichfälligkeit oder Schwimmverfahren.

(Arbeitsraum für die Bearbeitung des Feinen und des Schlammes),

Wir haben im Verlaufe des Abschnittes „Grobmahlung“ gesehen, daß wir die durch Setzmaschinen verarbeiteten Erze in „Schmelzgut“, „Berge“ und „Mittelprodukte“ getrennt haben. Die Mittelprodukte können einer weiteren Verarbeitung unterzogen werden. In diesem Falle müssen sie zunächst zu einer viel größeren Feinheit vermahlen werden. Das Feine, welches beim Eintritt in die Verarbeitung der Körnungen als untauglich für irgendeine Klassierungsart durch einfaches Waschen nach dem spezifischen Gewicht ausgeschieden wurde, wird nun mit dem nachgemahlten Mittelprodukt wieder vereinigt. Zuweilen ist das Verwachsen des oder der Metallsalze, aus denen das Erz besteht, und der Gangart so innig, daß irgendeine Scheidung nur nach vollständiger Feinmahlung vorgenommen werden kann (Beispiel: Kupferhaltiger Porphyr). In diesen Falle muß die ganze Menge des gewonnenen Gutes vor jeder weiteren Verarbeitung feingemahlen werden.

Eine Klassierung der ebenfalls feingemahlten kleinsten Teilchen ist nur dann möglich, wenn man ein besonderes Verfahren zur Anwendung bringt, über dessen Einzelheiten wir uns nicht auslassen können.

Die zwischen 0,5 und 1 mm (Sieb Nr. 20 bis 30) sortierten Körnungen werden zweckmäßig auf Herden behandelt werden können, Maschinen, die die Verschiedenheit des Gewichts ausnutzen und durch Reibung oder Stoß wirken.

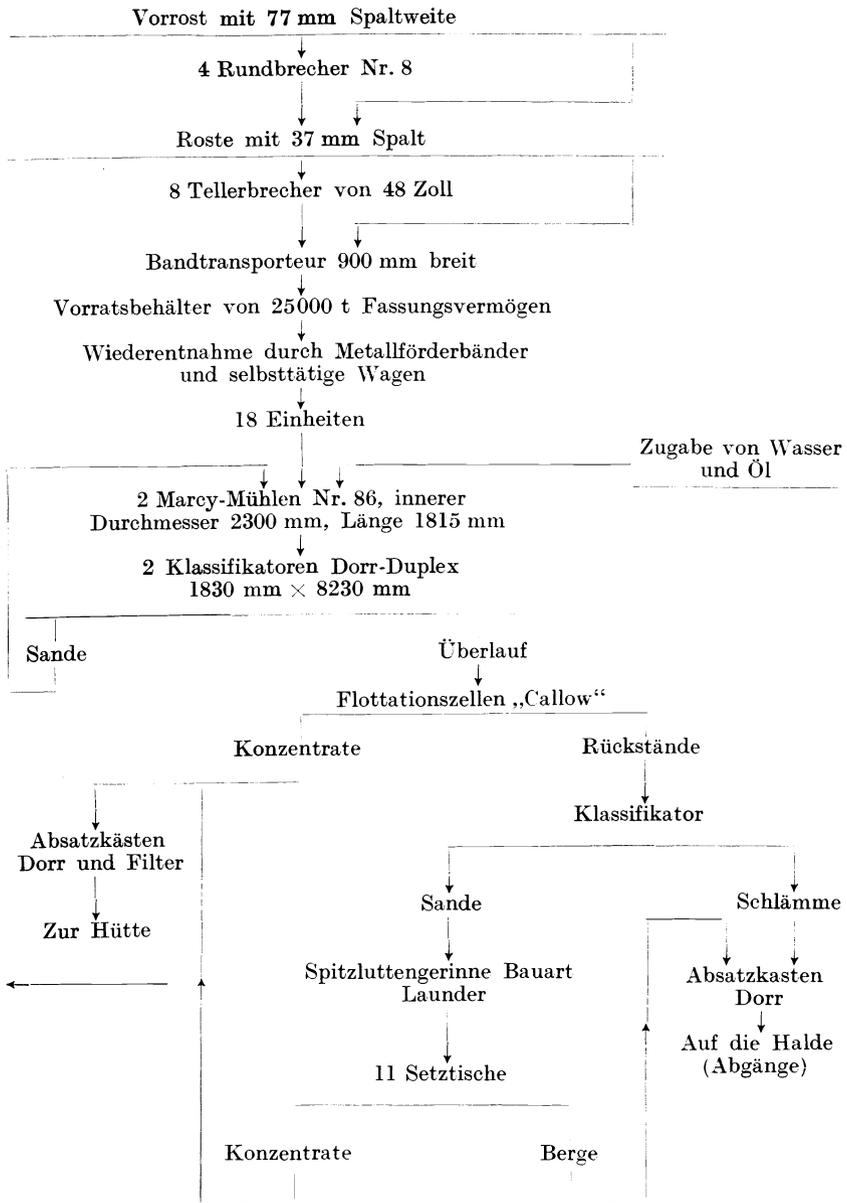
Für die unfühlbaren feinen Teilchen wird man zu anderen Verfahren Zuflucht nehmen müssen wie: Elektromagnetische oder elektrostatische Scheider und besonders zu dem Schwimmverfahren.

Wenn das natürliche Gefüge der Erze die Verarbeitung auf Herden zuläßt, wird man möglichst das Entstehen von Feinem oder Schlamm zu vermeiden suchen müssen, denn die Wiedergewinnung von feingemahltem Metall ist nachher beschwerlicher und ergibt geringere Ausbeute.

Die Aufbereitung soll doch der Bedingung entsprechen, ein gleichmäßiges Erzeugnis, das ein Minimum an Schlamm enthält, zu ergeben.

Es ist sicher, daß die Kugelmühlen mit beständigem Umlauf und kurzer Mahltrommel, welche außerdem mit einem Klassifikator im geschlossenen Umlauf arbeiten, zu einem solchen Ergebnis kommen müssen. Die zylindrischen oder konischen Kugelmühlen werden tatsächlich häufig in den großen neuzeitigen Erzkonzentrationsanlagen verwendet.

Die Stabrohmühle oder „Rod mill“ hat sich im Laufe der letzten Jahre in Amerika verbreitet und das hat scheinbar keinen anderen Grund



als den, daß das durch diese Mahlart erzeugte Gut diese gleichmäßige Körnung bis zu einem Maximum besitzt.

Mit Rücksicht auf die Mühlen haben wir es auf diesem Gebiet also

mit einem doppelten Standpunkt zu tun. Für gewisse Erzsorten wird die Wirkungsweise der Mühle nach der Regelmäßigkeit des erzeugten Mahlgutes beurteilt und der Kraftverbrauch nach der hergestellten Menge.

Dagegen bei anderen Voraussetzungen wird der Wirkungsgrad von der größten gesamten Mahlfähigkeit hergeleitet, die für das verbrauchte Kilowatt geleistet wurde.

Im ersten Fall bezieht man sich auf die Kugelmühlen mit kurzer Mahltrommel mit stetigem Ein- und Austrag oder auf Stabmühlen.

Im zweiten Falle wendet man vorzugsweise die Gruppe Vorschroter-Feinmühle und als Maschine für die zweite Mahlung eine Rohrmühle oder eine „Hardinge“ Pebbel mill an.

Wir haben schon auf S. 302 ein Schema des Betriebes bei der Miami Copper Co angegeben, welche mit der „Hardinge“-Mühle (Etagenmahlung) arbeitet.

Wir geben hierunter auf Grund des zweiten Beispiels ein Schema des Betriebes, das sich auf die Mahlung in einer einzigen Maschine bezieht.

#### 7. Verschieferung der Gruben.

Man bezeichnet mit diesem Ausdruck die Einführung von neutralem Steinstaub in die Stollen der Kohlenbergwerke, um die Explosionen zu verhüten.

Die Schnittzeichnung Abb. 195 stellt eine Mahlgruppe für die Steinstaub herstellung der Bradlye Pulv. Co., die besonders dieses Arbeitsgebiet untersucht hat, dar.

Das Lesen der Schnittzeichnung Abb. 195 ist sehr leicht mit Hilfe der nachstehenden Erklärung:

*A* = Vorsteinbrecher,

*B* = Becherwerk,

*C* = Vorratsbehälter,

*D* = Motor von 65 HP für die Mühle,

*E* = Griffinmühle von 40 Zoll,

*F* = Mehlbecherwerk,

*G* = Absackung,

*H* = Motor von 25 HP für die übrigen Maschinen außer der Mühle.

Die Leistungsfähigkeit der ganzen Mühleneinrichtung wechselt von 2500 bis 3750 kg in der Stunde feingemahlen auf eine Mehlfeinheit, die 99% durch das Sieb Nr. 100 läßt und 85 bis 88% durch das Sieb Nr. 200.

Auch in Deutschland haben sich mehrere Fabriken mit der Herstellung von Steinstaub befaßt und sehr günstige Erfolge erzielt.

#### 8. Phosphatmahlung.

Die Rohphosphate kommen in mehr oder weniger mächtigen Ablagerungen vor und können verschiedene Formen besitzen. Man trifft

sehr hochprozentiges Rohmaterial an, das aus Gestein von verschiedenem spezifischen Gewicht besteht und dessen bedeutendsten gegenwärtig ausgebeuteten Ablagerungen sich in Tunis (Gafsaphosphat) und in Florida (Florida Hard Rock-Phosphat) befinden. An anderen Fundstellen werden Phosphate in Form von eingeschwemmten Knollen in einer tonigen oder sandigen Schicht (Land Pebble) gefunden.

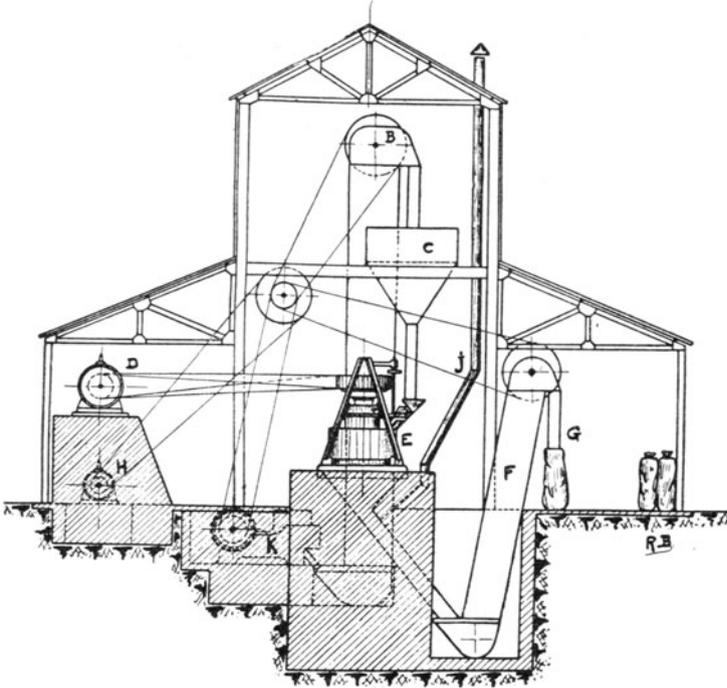


Abb. 195. Mahleinrichtung zur Herstellung von Steinstaub.

Die Art der Ausbeutung muß also je nach dem Vorkommen von Fall zu Fall verschieden sein. Aber nach dem Waschen, Auslesen und Trocknen der Phosphate sind die Mahlvorgänge immer die gleichen.

Die mineralischen Phosphate sind zum größten Teil zur Herstellung von Superphosphaten durch Behandlung mit Schwefelsäure bestimmt. Dieser Vorgang erfordert eine vorherige Vermahlung bis zu einer Feinheit, die allgemein bestimmt wird durch:

20% Rückstand auf Sieb Nr. 100 und keinen Rückstand auf Sieb Nr. 60.

Die am häufigsten verwendete Maschine, um diesen Feinheitsgrad zu erzielen, ist die Ringmühle der Bauart „Kent“, „Maxecon“, „Sturtevant“ usw.

Eine Mahlgruppe nach der Bauart „Sturtevant“ zum Beispiel besteht aus

- 1 Becherwerk mit Kippbechern,
- 1 Aufgabevorrichtung,
- 1 Brecher, der ein sich drehender Brecher (Walzwerk) für weiches Gestein zum Beispiel: Gafsa oder ein Backenbrecher von der Bauart „Dodge“ usw. für hartes Gestein: Florida Hard Rock sein kann,
- 1 Becherwerk,
- 2 „Newaygo“ Siebter, deren Rückstände
- 1 „Ring Roll“-Mühle „mit aufklappbarem Deckel“ speisen,
- 1 Förderschnecke zum Bewegen des Feinmehles,
- 1 Staubsammler zum Zurückgewinnen des feinen Staubes mit Ventilator, Rohrleitung und Zyklon.

Die Mahleinrichtung von Curt v. Gruber besteht aus einem Brecher „Krom“, einem Becherwerk, einem Windsichter und zwei „Maxecon“-Ringmühlen.

Mit einem Gesamtkraftverbrauch von 50 HP können ähnlich eingerichtete Mahlgruppen bei der angegebenen Feinheit 8000 bis 9000 kg Gafsaosphat und 3000 bis 3500 kg Florida Hard Rock in der Stunde leisten.

Ogleich die Verwendung dieser Mahleinrichtung in dieser Branche beinahe allgemein gebräuchlich ist, so ist die Ringmühle nicht die einzige Maschinenart, die befriedigen kann. Es liegt wohl auf der Hand, daß richtig gewählte Kugelmühlen ebenfalls zufriedenstellende Ergebnisse liefern können.

Gleichlaufend mit den mineralischen Phosphaten verwendet man auch Phosphate organischen Ursprungs, die man erhält durch das Mahlen von entleimten Knochen. In diesem Falle begnügt man sich allgemein mit einer Feinheit von Sieb Nr. 50. Die Vermahlung findet gewöhnlich mit einer Schlägermühle der verschiedensten Bauart statt.

Die Thomasschlacken, die im Hüttenbetrieb (Thomasverfahren) gewonnen werden, treten ebenfalls zu einem großen Teil bei der Gesamt-erzeugung der Phosphat-Düngemittel in Erscheinung. Die geforderte Feinheit ist in diesem Falle diejenige des Siebes Nr. 75.

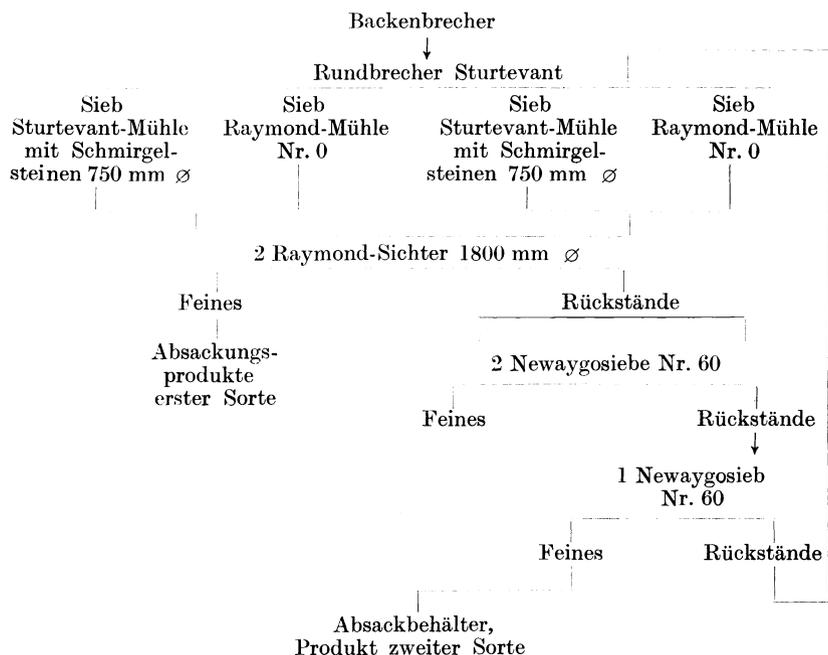
### 9. Talkaufbereitung.

Der Talk ist ein Magnesiumsilikat, das in der Natur in mehr oder weniger mächtiger Ablagerung und in mehr oder weniger großer Reinheit gefunden wird.

Er wird zu den verschiedenartigsten Zwecken verwendet: In der Glas- und Papierfabrikation, der Gummifabrikation, Appretur von Stoffen, Parfümerie, Drogerie usw. Die meisten dieser Anwendungen, besonders die letzte, erfordern einen ganz besonders hohen Grad von

Reinheit und Feinheit. (Man spricht von Sieb Nr. 350, also 19000 Maschen auf den Quadratzentimeter). Andererseits ist es erforderlich, dem feinen Mehl seine Fettigkeit zu erhalten, die durch die plättchenartige Gestalt der feinen Teilchen bedingt ist. Die Erfüllung dieser Bedingung wird durch die Verwendung von Kollergängen mit Steinläufern und Bodenstein erleichtert, die weiter noch die Einführung von Metallspuren in das Erzeugnis vermeiden.

Hierunter ist ein Schema zur Behandlung von Talk in dem Bergwerk der American Mineral Co in Johnson (Staat Vermont) angegeben.



### 10. Laboratoriumsmühlen.

Wir können dieses Buch nicht abschließen ohne ein Wort über die Laboratoriumsmühlen zu sagen. Die Laboratorien haben oft Versuche mit Gesteins- oder Erzproben in den verschiedensten volumetrischen Ausmaßen durchzuführen. Dann haben sie den Vorteil, passend aufgestellte Zerkleinerungsmaschinen zur Verfügung zu haben. Die meisten Fabrikanten bezeichnen die kleinste Ausführung von jeder Maschinentypenart als „Laboratoriumsmaschine“. Es gibt also Backenbrecher, Walzwerke, Glockenmühlen, Schlägermühlen, Kugelmühlen im verkleinerten Maßstabe, die die Wiederherstellung der im Großbetriebe erzeugten Arbeitsvorgänge so genau wie möglich nachzuahmen gestatten.

Im besonderen hat die Firma Sturtevant es verstanden, eine ausgesuchte Reihe von Laboratoriumsmaschinen zusammenzustellen, von denen jede einzelne einer gut durchdachten Maschinensorte entspricht.

Diese Zusammenstellung ist in der Abb. 196 ersichtlich.

Die Einrichtung besteht aus:

1 Backenbrecher mit  $50 \times 150$  mm Maulweite, Einstellfähigkeit 3 mm und darüber. Nettogewicht 320 kg Betriebskraft  $\frac{1}{2}$  HP.

1 Walzwerk mit Walzen von  $205 \times 105$  mm, Durchgangswerte einstellbar. Nettogewicht 300 kg. Zerkleinert je nach Einstellung der Walzen auf Sieb Nr. 20 bis 60.

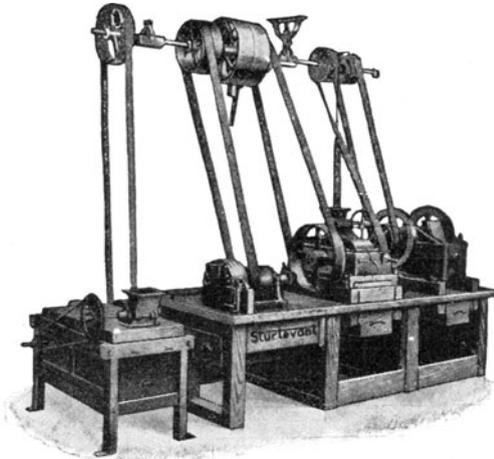


Abb. 196. Eine vollständige Laboratoriumseinrichtung von Sturtevant.

1 Laboratoriumsmühle mit Mahlscheiben aus Manganstahl. Nettogewicht: 80 kg. Sie ergibt Feinheiten von Sieb Nr. 50 bis 200. Kraftverbrauch 3 HP.

1 Vibrationssieb von  $535 \times 1070$  mm Siebfläche. Nettogewicht 70 kg eingeschlossen in ein staubdichtes Gehäuse.

Alle diese Maschinen sind von starker Bauart, leicht nach jedem Gebrauch zu reinigen, vollständig auseinandernehmbar und mit Einstellvorrichtungen in den weitesten Grenzen versehen.

## Sachverzeichnis.

- Absackmaschinen 407  
 Absetzen 374  
 Abteilverrichtungen s. Doseure  
 Activ-Ringmühle 224  
 Akins-Klassierer 383  
 Allen-Tank 382  
 Alsing-Feinmühle 260  
 Amalgamiermühlen 154  
 Argall-Formeln 126  
 Argall-Kurven 133  
 Asbestverarbeitung 428  
 Atlas-Brecher 61  
 Atlas-Rundbrecher 66  
 Atlas-Rundbrecher zum Feinbrechen 80  
 Aufbereitung von Erzen 444  
 — — Golderzen 442  
 — — Talk 448  
 Aufgabe 392  
 —, Flächenwalzen- 395  
 —, Kolben- 393  
 —, Rost- 395  
 —, Schnecken- 397  
 —, Schubwagen 392  
 —, Teller- 397  
 —, Walzen- 394  
 Aurora-Brecher 36  
 Austin-Rundbrecher 59, 61  
 Austragvorrichtung von Fraser-Chalmers 318  
  
 Backenbrecher 16  
 —, Bauart Blake 17  
 —, Exzenterhebelbrecher 33  
 —, Feinbrecher 38  
 —, Telsmith 32  
 — für Gieß- und Mehlerzeugung 43  
 — — weiche oder halbharte Rohstoffe 41  
 —, Zerkleinerungsmaschinen für mürbe Rohstoffe 44  
 Bandspeiser 395  
 Bandtransporteur 388  
 Barthelmeß-Backenbrecher 40  
 Barthelmeß-Pendelmühle 236  
  
 Becherwerke 390  
 Bergaud-Rundbrecher 260  
 — -Steinbrecherwalzmühle 43  
 Betonmischmaschine 401  
 Betrieb im geschlossenen Kreislauf 10  
 Blake-Backenbrecher 17  
 — - —, Aufstellung 29  
 — - —, Beschickung 30  
 — - —, Einstellung 28  
 — - —, Einzelteile 20  
 — - —, Leistungsfähigkeit 30  
 — - — von Buchanan 29  
 — - — — Krupp-Grusonwerk 24  
 — - — — Morel 23  
 — - — — Traylor 29  
 — - — — Worthington Co. 24  
 Blechbrückentransporteur 390  
 Bleche, gelochte — 342  
 Bradford-Kohlenmühle 185  
 Bradley-Dreierollenmühle 335  
 —-Pendelmühle 233  
 Brechanlagen 411  
 Brecher für Gieß- und Mehlerzeugung 43  
 — — weiche oder halbharte Rohstoffe 41  
 Brechschnecke 49  
 Brechwalzwerk 121  
 Brennstoffe, Verarbeitung der briketierten — 430  
 Bruchsicherung Ratel 28  
 Buchanan-Brecher 29  
 Bühlerscher Kollergang 145  
 Bulldog-Brecher 27  
 —-Rundbrecher 73  
 —-Walzwerk 108  
  
 Callow-Rollsieb  
 Carr-Desintegrator 190  
 Cementor-Mühle 272  
 „Centaure compound“-Mühle 334  
 Centaure-Kugelmühle 278  
 Centraantrieb für Verbundmühlen 331  
 Champion-Brecher 34

- Chapitel- und Loret-Mühle 210  
 Chilenische Mühlen 135  
 — — für Erzaufbereitung 154  
 Cléro-Mühle 195  
 Climax-Brecher 34  
 Compeb-Verbundmühle 335  
 Concavex-Kugel 323  
 Coxes-Sieb 358  
 Crater-Schlagkreuzmühle 187  
 Cyklop-Mühle 201  
 Cylpebse 322
- Dampfpochwerk 182  
 Danula-Mühle 336  
 Darre 403  
 Debra-Mischer 401  
 Dekantieren 374  
 Desagregator 121  
 Desintegratoren mit Schlagbolzen 187  
 —, Carr-Mühle 191  
 —, Memag-Mühle 192  
 Differentialbrecher Symons 17  
 Differentialkollergänge für Ton 151  
 Dismembratoren 192  
 Dodge-Feinbrecher 38  
 Doppelbackenbrecher 32  
 Doppelhartmühle von Pfeiffer 278  
 Doppelrohmühle vom Krupp-Gruson-  
 werk 327  
 Doppelwalzwerk 111  
 Dorr-Klassierer 382  
 Doseure 398  
 Duprat-Formeln 126  
 Drahtleeren, Zahlentafel 3  
 Dreirohlmühle von Bradley 335
- Edison-Walzenbrecher 115  
 Einwalzenbrecher mit Brechplatte 115  
 El Oro-Auskleidung für Feinrohmühlen  
 321  
 Entleerungsschnecke (Kohlenstaub) 398  
 Entstaubung 408  
 Era-Manganstahl 89  
 Ergo-Kugelmühle 277, 279  
 Erzaufbereitung 444  
 Erzgranulierung 427  
 Erzmühlen 169  
 Exzenterhebelbrecher 33  
 — Aurora 36  
 — Holmquist 36  
 — Lion 34  
 Exzelsiormühle 161
- Fächerwalzenaufgabe 395  
 Fairmount-Brecher 47  
 Fallgeschwindigkeit im Wasser (Zahlen-  
 tafel) 374  
 Farbmühlen 168  
 Faßpackmaschinen 407  
 Feinbrecher 38  
 — Barthelmess 40  
 — Dodge 38  
 — Simplex 40  
 Feinmahlen 431  
 Feinmahlmühle, Memag —  
 Feinrohmühlen 315  
 —, Allgemeines 315  
 —, Anwendung 324  
 —, Auskleidung 320  
 —, Leistungsfähigkeit 324  
 —, Mahlkörper 321  
 —, Mahltrommel 318  
 —, Verwendung 318  
 Fein-Rundbrecher 79  
 — Bauart Atlas 80  
 — — Kennedy 81  
 — — Telsmith 83  
 — — Weston 84  
 Feinwalzwerk 102  
 Feinwindsichter 369  
 Feinzerkleinerung, Verwendung der  
 Walzwerke für — 119  
 Ferraris-Kugelmühle 275  
 Feststehende Siebe 344  
 Fliehkraft-Mühlen s. Horizontal-Kugel-  
 mühlen  
 Formel von Argall 126  
 Formel von Duprat 126  
 Förderrohre 387  
 Förderschnecken 387  
 Fuller-Kugelmühle 250  
 Fuller-Lehigh-Feinmühle mit Wind-  
 sichtung 252
- Galland-Zahnbrecher 49  
 Gallia-Verbundmühle 338  
 Garfield-Walzwerk 104  
 Gates-Rundbrecher 51  
 Gayco-Emerick-Feinsichter 370  
 Géant-Griffin-Mühle 233  
 Gewichtsdoseure 398  
 Gielow-Stufenkollergang 153  
 Gießeereisand 425  
 Gilbertsche Siebvorrichtung 349  
 Gipsmühle 438  
 Gleichfälligkeit (bei Erzaufbereitung) 444

- Glockenmühlen 158  
 — mit Granitmahlkegel 159  
 — Humboldt 159  
 — Sturtevant 160  
 Golderze, Aufbereitung von — n 442  
 Goliath-Mühle 195  
 Granitmahlkegel 159  
 Graphitverarbeitung 429  
 Grappiers 434  
 Griffin-Mühle, Bradley 231  
 —, Géant 233  
 —, Polysius 232  
 —, Leistung 234  
 Grinding pan 170  
 Grit mill 170  
 Grobmahlmühlen mit unabhängigem  
 Sieb 269  
 Grobmahlung 420  
 Großbrechwalzwerk Krupp-Gruson 116
- Hammermühlen** 194  
 Hammermühle mit beweglichen Häm-  
 mern 207  
 Hardinge-Mühle 293  
 —, Aufgabe 297  
 —, Bauausführungen 298  
 —, Beschreibung 293  
 —, Betrieb 295  
 —, Kugeln 298  
 —, Mahlkosten 307  
 —, Vergleich 308  
 —, Verwendung 299  
 Härtegrad 8  
 Härteskala von Moß 9  
 Heclon-Rundbrecher 55  
 Helipebs 323  
 Hercule-Brecher 61  
 Herkules-Pendelmühle von Bradley 233  
 Holmquist-Brecher 36  
 Horizontal-Kugelmühlen 246  
 —, Allgemeines 246  
 —, Einrichtung 251  
 —, Morel- 247  
 —, Roulette- 248  
 Horizontal-Mahlgänge 159  
 Hornscher Kollergang 147  
 Huillard-Herd trockner 404  
 Hum-Mer-Sieb 363  
 Huntington-Mühle 243
- Impact-Sieb 358  
 Infant-Mühle 204
- Jeffrey-Brecher** 44, 45  
 —-Kohlenbrecher 125  
 — -Schlagmühle 198  
 Jumbo-Brecher 204
- Kalk**, Vermahlung von — 434  
 Kalksandsteine, Verarbeitung 430  
 Kennedy-Rohrmühle mit Luftabzug 338  
 —-Rundbrecher 56  
 — — ohne Zahnradantrieb 81  
 Kent-Ringmühle 221  
 Klassierer Akins 383  
 — Dorr 383  
 — Richards 380  
 Klassierung nach Gleichwertigkeit 380  
 — durch Wasser 373, 375  
 Klassiervorrichtung mit aufsteigendem  
 Strom 379  
 — — Oberflächenstrom 381  
 Kohlenbrecher 45  
 Kohlenstaub, Herstellung von — 439  
 Kolbenaufgabe 393  
 Kollergänge 135  
 —, Allgemeines 135  
 —, Amalgamiermühlen 154  
 —, Antriebsarten 137  
 —, Bauart der Läufer und Mahlteller  
 143  
 —, Entleerung des Mahlgutes 143  
 —, Misch- 154  
 —, Naß- 144  
 —, Trocken- 148  
 —, Verwendung 150  
 Kollergang mit Differentialantrieb 143  
 — — feststehender Mahlbahn 137  
 — — umlaufender Mahlbahn 138  
 —, mehrfacher — von Bühler 145  
 Komata-Auskleidung für Feinrohr-  
 mühlen 320  
 Kominor-Mühle 270  
 Konus von Allen 377  
 Kugelmühlen 246  
 Kugelmühle Bauart Jenisch-Löhnert  
 262  
 Kugelmühlen 254  
 —, Allgemeines 254  
 —, Arbeitsweise 256  
 —, Feinrohrmühlen 315  
 —, Kraftverbrauch 257  
 —, Kugelflugbahnen 257  
 — mit ständiger Sichtung 261  
 — — unterbrochenem Betrieb 259  
 — — wiederholtem Umlauf 277

- Kugelmühlen, Verbundmühlen 325**  
 — mit ständiger Sichtung 261  
 — — durchlochtem Mahlbalken 261  
 — — fugendichten Mahlplatten 270  
 — — Seitensieben 275  
 — — unabhängigem Sieb 269  
 — — wiederholtem Umlauf 277  
 — — zylindrischer Mahltrommel 281  
 —, Stabmühlen 310  
 —, Zylinderkonische Hardinge-Mühle 293  
**Kratzertransporteure 390**  
**Krupp-Grusonwerk-Backenbrecher 24**  
**Kunzement, Herstellung von — 435**  
  
**Laboratoriumsmühlen 449**  
**Läufer der Kollergänge 143**  
**Leflaive-Trockner 404**  
**Lion-Brecher 34**  
**Lowdon-Trockner 404**  
  
**Mahlen 431**  
**Mahlgut, Entleerung des —es 143**  
**Mahlteiler der Kollergänge 143**  
**Marathon-Stabmühle 311**  
 — —, Versuche 313, 315  
**Marcy-Kugelmühlen, Leistungsfähigkeit 292**  
**Marcy-Stabmühle 312**  
**Marsden-Brech- und Sortieranlage 413**  
**Maxecon-Ringmühle 221**  
 — —, Leistung 228  
**Maxton-Sichter 354**  
**M. D. A.-Kollergang 141**  
**Mechanischer Klassierer 383**  
**Mehrfacher Kollergang (Bühler) 145**  
**Mehrkammer-Verbundmühle 332**  
**Memag-Feinmahlmühle 192**  
**Messerbrecher 48**  
**Metallsiebe 343**  
**Mischkollergang mit konischen Läufern 151**  
**Mischkollergänge für Formsand, Mörtel und Superphosphat 154**  
**Mischkollerwalzwerk 123**  
**Mischdoseure 398**  
**Mischer 400**  
 —, Trog- 400  
 —, Trommel- 401  
**Mischmaschine für Beton 401**  
**Mitchell-Sieb 362**  
**Mogul-Mühle 207**  
**Molitor-Compoundmühle 327**
- Molitor-Kugelmühle 270**  
 —-Rohrmühle 274  
**Mora-Schlägermühle 194**  
**Morel-Kugelmühle 247**  
 —-Sichter für Feinsichtung 360  
 —, Steinbrecher auf Fahrgestell 23  
**Mühle mit Drehsieb 210**  
**Mühlen mit Luftförderung 212**  
 —, Raymond-Mühle 213  
 —, Turbo-Feinmühle 216  
 — mit senkrechten Mahlsteinen 170  
 — — wagrechten Mahlsteinen 163  
 — — — —, Ausführungsarten 167  
 — — — —, Leistung 166  
 — — — —, Verwendung 166  
 —, Angaben über Ausführungen 167  
 —, Leistung 166  
 —, Naßmahlgänge 168  
 —, Verwendung 166  
**Mühle mit zylindrischer Mahltrommel 281**  
 —, Antrieb 281  
 —, Aufgabe 281  
 —, Auspanzerung 283  
 —, Betrieb 289  
 —, Entleerung 284  
 —, Leistung 290  
 —, Verwendung 289  
**Mühlsteine 163**  
**Multiple-Mühle 216**  
  
**Naßkollergänge 144**  
 — mit doppelter Mahlbahn 144  
 — — mehrfachem Kollergang 145  
 — — unterbrochener Mahlbahn 144  
 — — voller Mahlbahn 147  
**Naßkugelmühlen Bauart Krupp 276**  
**Naßmahlgänge 168**  
**National-Sichter 361**  
**Newaygo-Sichter 362**  
  
**Oberflow 375**  
**Oberläufermahlgang 164**  
**Ockerverarbeitung 430**  
**Orion-Mühle mit Windsichter 273**  
  
**Pendelmühlen 229**  
 —, Allgemeines 229  
 —, Barthelmess- 236  
 —, Bradleys Dreierollenmühle 335  
 — für Erzaufbereitung 243  
 —, Herkules- von Bradley 223  
 —, Griffin- 230

- Pendelmühlen, Huntington- 243  
 —, Raymond- 238  
 Pendelspeiser 396  
 Pennsylvania-Schlagmühle 200  
 Pfeiffersche Doppelhartmühle 278  
 Phosphatmahlung 446  
 Pochwerke s. Stampfwerke  
 —, Kraftverbrauch 178  
 Pochstempel mit Hebedaumen 174  
 —, Beschreibung 174  
 —, Einzelheiten 174  
 —, Kraftverbrauch 178  
 —, Leistung 178  
 —, Verwendung 178  
 Pochtrog 177  
 — Homestake 178  
 Pochwerk mit Dampftrieb 181  
 — — Drucklufttrieb 182  
 Poidmeter 399  
 Pneumatisches Pochwerk 182  
 Polysius-Kollergang 139  
 —-Kugelmühle 266  
 —-Pendelmühle 233  
 Pressen für Kunststeine 402  
 Progreß-Mühle 192  
 Pülpe 375
- Ratel-Bruchsicherung 29  
 Rätter 356  
 Raymond-Feinmahlmühle 213  
 Raymond-Feinmühle 238  
 — — High Side 240  
 — — Low Side 240  
 Reibungsmühlen 158  
 —, Erzmühlen 169  
 —, Exzelsionsmühlen 161  
 —, Glockenmühlen 158  
 —, Mühlen mit senkrechten Mahlsteinen 170  
 —, — — wagerechten Mahlsteinen 163  
 Reliance-Brecher 34  
 Richards Pulsator-Klassierer 380  
 Ringmühlen 218  
 — mit Rollen 219  
 —, Horizontal-Kugelmühlen 246  
 —, Pendelmühlen 229  
 Ringmühle mit Rollen 219  
 —, Allgemeines 219  
 —, Verwendung und Leistung 227  
 — Bauart Activ-Pfeiffer 224  
 — — Kent 221  
 — — Krupp 223  
 — — Maxecon 221
- Ringmühle, Bauart der Rheinischen  
 Maschinenfabrik 223  
 — Ring-Roll (Sturtevant) 224  
 Ringprobe 3  
 Ring-Roll-Mühle 224  
 Rod mills s. Stabmühlen  
 Rostaufgabe 395  
 — Roß 395  
 Roste 342  
 Roulette-Kugelmühle 248  
 Ruban 46  
 Rundbrecher 51  
 —, Arbeitsweise 51  
 —, Angaben über Ausführungen 59  
 —, Aufstellung 57  
 —, Einstellung 61  
 —, Einzelteile 53  
 —, Fein- 79  
 — mit feststehender Welle 76  
 — — kurzer Hauptwelle 65  
 —, Vergleich mit Backenbrechern 63  
 —, Bauart Herkules 79  
 — mit kurzer Hauptwelle 65  
 —, Bauart Atlas 66  
 —, — Bulldog 73  
 —, — Style N 73  
 —, — Superior 71
- Sand, Behandlung des —es 426  
 — (beim Klassieren) 375  
 Sandabsetzkasten Stephens Adamson  
 382  
 Sand- und Kiesherstellung, Anlage für—  
 422  
 Sand Settling Tanks 382  
 Saugsieb 354  
 Schlagbügelmühlen 194  
 —, Cléro-Mühle 195  
 —, Goliath-Mühle 196  
 —, Mora-Mühle 194  
 Schlägermühlen 197  
 —, Cyklop-Mühle 201  
 —, Jeffrey-Mühle 198  
 —, Pennsylvania-Mühle 200  
 —, Titan-Mühle 201  
 —, Weidknecht-Mühle 197  
 —, Williams-Mühle 202  
 Schlagmühlen 184  
 —, Allgemeines 184  
 —, Desintegratoren 187  
 —, Hammer- und Schlägermühlen 194  
 —, Mühlen mit Luftförderung 212  
 —, Schlagkreuzmühlen 186

- Schlagkreuzmühlen 186  
 —, Crater-Mühle 187  
 Schlamm (beim Klassieren) 375  
 Schlauchfilter 409  
 Schneckenaufgabe 397  
 Schnellläufer-Walzwerke 109  
 Schnellwage 407  
 Schollenschneider 120  
 Schotteranlage 417  
 Schroten 420  
 Schubwagenaufgabe 392  
 Schüttelflachsiebe 356  
 Schüttelrinnen 387  
 Schwedische Brecher 36  
 Schwerspatverarbeitung 428  
 Schwimmverfahren (bei Erzaufbereitung) 444  
 Selektor-Windsichter 369  
 Sichter 352  
 Siebanordnung „Dull“ 349  
 Siebe, feststehende — 344  
 — vibrierende 361  
 Siebfläche 5  
 Siebnummern, Zahlentafel 6  
 Siebung 4  
 Siebrost 345  
 Siebtrommeln 347  
 Siebvorrichtung Gilbert 349  
 Simplex-Steinbrecher 38  
 Silos 391  
 —, Lager- 392  
 Solo-Verbundmühle 334  
 Sortieren, Allgemeine Betrachtung 2  
 Sortiertrommel, Teleskop- 351  
 Sortierung nach Korngröße 342  
 Speiser 394  
 —, Band- 395  
 —, Pendel- 396  
 —, Stoßschuh- 394  
 Spitzlutten 372  
 Spülsieb von Desmaret-Pinette 357  
 Stampfwerke 172  
 — mit Antrieb durch Dampf oder Druckluft 181  
 — — Hebedaumen 174  
 Stabmühlen 310  
 —, Allgemeines 310  
 —, Anwendung 313  
 —, Bauausführung 311  
 —, Leistungsfähigkeit 313  
 — in der Kalksandstein-Industrie 314  
 Steinaussonderungswalzwerk 122  
 Steinbrecher Bulldog 28  
 Stephens Adamson Sandabsetzkasten 382  
 Sternbrecher 125  
 Stoßschuhspeiser 394  
 Stoßsiebe 356  
 Stufenkollergang 152  
 Sturtevant-Feinbrecher 38  
 Sturtevant-Feinmühle 160  
 Sturtevant-Newaygo-Sichter 361  
 Sturtevant-Ringmühle 224  
 — —, Leistung 228  
 Sturtevant-Walzwerk 110  
 Style N-Rundbrecher 73  
 Superior-Blake-Brecher 16  
 Superior-Rundbrecher 71, 76  
 Superior-Walzwerk 104  
 Symons-Tellerbrecher 88, 93  
 Talkaufbereitung 448  
 Tank Thickners 403  
 — von Allen 382  
 Teleskop-Sortiertrommel 351  
 Telleraufgabe 397  
 Tellerbrecher 87  
 —, Allgemeines 87  
 —, Anwendung 94  
 —, Bauart Symons 92  
 —, Betrieb 89  
 —, Leistung 94  
 Telsmith-Backenbrecher 32  
 Telsmith-Nachbrecher 83  
 Titan-Mühle 201  
 Transporteure mit sich drehenden Bechern 390  
 —, Band- 388  
 —, Blechbrücken- 390  
 —, Kratzer- 390  
 Traylor, Bulldog-Brecher 27, 29, 30  
 Traylor-Walzwerk 109  
 Trichter 391  
 Triplex-Verbundmühle 337  
 Trockenkollergänge 148  
 Trockner 403  
 — von Huillard 404  
 — — Leflaive 404  
 — — Lowdon 404  
 Trogmischer 400  
 Trommelmischer 401  
 Trommelmühle mit unterbrochenem Betrieb 260  
 Trommeltrockner 404

- Turbo-Mühle 216  
 Tyler-Standard-Verfahren 7  
 Umgekehrte Trommel 354  
 Underflow 375  
 Unidam-Verbundmühle 336  
 Universalmühle 192, 203  
 Unterläufermahlgang 166  
 Vapart-Mühle 185  
 Verbundmühle 325  
 — Centaure compound 334  
 — C. I. M. 329  
 — Compeb 335  
 — Gallia 338  
 — Kennedy 338  
 — Krupp 331  
 — Molitor 327, 330  
 — Pfeiffer 338  
 — Solo (Polysius) 334  
 — Triplex 337  
 — Unidam 336  
 Verschieferung der Gruben 446  
 Vertikalmahlgänge 170  
 Vibrierende Sichter 361  
 Volumendoseure 398  
 Vorbrecher 47  
 Vorratsbehälter 391  
 Vorzerkleinerung 16  
 Wagenabsackvorrichtungen 407  
 Walzenaufgabe 394  
 Walzenbrecher 45  
 Walzwerke 95  
 —, Allgemeines 96  
 —, Aufstellung 114  
 —, Konstante für gegebene Arbeit 128  
 —, Konstruktionsteile 112  
 —, Kraftverbrauch 130  
 —, Leistung 125  
 Walzwerke mit ausgeglichenen Walzen  
 (Sturtevant) 110  
 — — Parallelführung 103  
 — — schwingender Walze 98  
 —, Verwendung 115  
 — mit Parallelführung 103  
 —, Bauart Garfield 104  
 —, — Traylor 109  
 —, — Worthington (Superior) 104  
 — mit schwingender Walze 98  
 — — — — von Pfeiffer 101  
 Waschen 374  
 Waschtrommeln 351  
 Wasserscheider 372  
 Weidknecht-Mühle 197  
 Weston-Rundbrecher 84  
 Williams-Brecher 204  
 Williams-Mühle 202  
 Windsichter 365  
 Worthington Co.-Backenbrecher 24  
 Worthington-Superior-Walzwerk 103  
 Zahnbrecher 48  
 Zerkleinern auf nassem Wege 31  
 Zerkleinerungsanlagen, Hilfsmaschinen  
 385  
 —, Gesamteinrichtung 410  
 Zerkleinerungskosten 12  
 Zerkleinerungsmaschinen für mürbe  
 Rohstoffe 45  
 — — — —, Brechschnecke 49  
 — — — —, Kohlenbrecher Jeffrey 45  
 — — — —, Messerbrecher 48  
 — — — —, Zahnbrecher 48  
 Zerreißwalzwerk 123  
 Zetbrecher 207  
 Zyklon der Windsichter 371  
 Zyklon-Staubabscheider 409  
 Zylinderkonische Mühle 293

**Der Aufbau des Mörtels und des Betons.** Untersuchungen über die zweckmäßige Zusammensetzung des Betons und des Zementmörtels im Beton. Hilfsmittel zur Vorausbestimmung der Festigkeitseigenschaften des Betons auf der Baustelle. Versuchsergebnisse und Erfahrungen aus der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart. Von **Otto Graf**. Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 60 Textabbildungen. VII, 76 Seiten, 1927. RM 7.20

Die Arbeit behandelt in vorbildlicher Weise alle Fragen der Zusammensetzung und der Festigkeit des Betons. Im Anhang ist eine kurze Zusammenstellung fremder Untersuchungen beigelegt.

---

**Der Zement.** Herstellung, Eigenschaften und Verwendung. Von Dr. **Richard Grün**, Direktor am Forschungsinstitut der Hüttenzementindustrie in Düsseldorf. Mit 90 Textabbildungen und 35 Tabellen. IX, 173 Seiten. 1927. Gebunden RM 15.—

Aus den Besprechungen:

Das vorliegende Werk behandelt im ersten Teil die verschiedenen Arten von Zementen und hydraulischen Zuschlägen, im zweiten die Prüfung und Eigenschaften der Zemente und hydraulischen Zuschläge. In einem Anhang werden die ministeriellen Erlasse über Eisenportlandzement, Hochofenzement und die Bestimmungen für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton mitgeteilt. Im Interesse der Zementindustrie wird man dem Buche weitmögliche Verbreitung wünschen dürfen als ein weiteres Hilfsmittel, Mißtrauen und Verständnislosigkeit gegenüber den Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Normzementen zu beseitigen. „Zement und Zementverarbeitung.“

---

**Der Beton.** Herstellung, Gefüge und Widerstandsfähigkeit gegen physikalische und chemische Einwirkungen. Von Dr. **Richard Grün**, Direktor am Forschungsinstitut der Hüttenzementindustrie in Düsseldorf. Mit 54 Textabbildungen und 35 Tabellen. X, 186 Seiten. 1926. RM 13.20; gebunden RM 15.—

Aus den Besprechungen:

Das Buch ist im ganzen wie im einzelnen sehr geschickt angelegt, flott geschrieben und kann der Fachwelt, namentlich soweit sie aus Nichtchemikern besteht, auf das Wärmste empfohlen werden. Es kann nicht dringend genug gewünscht werden, daß sich die Betonfachleute an der Hand dieses leicht faßlichen Buches in Zukunft besser über die Bedeutung chemischer Einflüsse für die Beständigkeit von Betonbauwerken unterrichten möchten, als es bisher zumeist geschehen ist. „Baumarkt“, Leipzig.

---

**Das Wesen des Gußbetons.** Eine Studie mit Hilfe von Laboratoriumsversuchen. Von Dr.-Ing. **G. Bethke**. Mit 33 Textabbildungen. 58 Seiten. 1924. RM 3.30

Mit Hilfe von Laboratoriumsversuchen werden die Eigenschaften des gegossenen Betons (Festigkeit, Elastizität, Dichtigkeit und Schwinden) und deren Beeinflussung untersucht.

---

**Die Herstellung der feuerfesten Baustoffe.** Von **Friedrich Wernicke**, Görlitz. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit etwa 10 Textabbildungen und 4 Tafeln. In Vorbereitung.

Ohne „Rezeptbuch“ zu sein, beschäftigt sich das Buch in der Hauptsache mit der Beschreibung der Herstellungsweisen der verschiedenartigen feuerfesten Baustoffe. Die reichen Betriebserfahrungen des selbst als Hersteller tätigen Verfassers machen das Werk besonders wertvoll.

---

**Die Formstoffe der Eisen- und Stahlgießerei.** Ihr Wesen, ihre Prüfung und Aufbereitung. Von **Carl Irresberger**. Mit 241 Textabbildungen. V, 245 Seiten. 1920. RM 10.—

Aus den Besprechungen:

Der erste Teil behandelt die natürlichen Formstoffe, die Zusatzstoffe, die Kernbinder, die Schutzstoffe zum Überziehen der Formen und die Modellpuder, der zweite Teil das Aufbereiten. Der Verfasser beherrscht den Stoff restlos und gibt mit seinem Buche jedem Fachmann ein wertvolles Hilfsmittel in die Hand. „Das Metall.“

**Materialprüfung mit Röntgenstrahlen** unter besonderer Berücksichtigung der Röntgenmetallographie. Von Dr. **Richard Glocker**, Professor für Röntgentechnik und Vorstand des Röntgenlaboratoriums an der Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 256 Abbildungen im Text. VI, 384 Seiten. 1927. Gebunden RM 31.50

Aus den Besprechungen:

Dieses Buch ist wegen seiner Klarheit und der tadellosen Abbildungen, sowie besonders wegen der Berücksichtigung der technischen Verhältnisse allen denen zu empfehlen, die sich mit der vorliegenden Materie näher beschäftigen wollen. Das Buch ist das beste, das dem Verfasser bisher zu Gesicht gekommen ist. „Monatsblätter des Berliner Bezirksvereins des V. d. I.“

**Vita - Massenez, Chemische Untersuchungsmethoden für Eisenhütten und Nebenbetriebe.** Eine Sammlung praktisch erprobter Arbeitsverfahren. Zweite, neubearbeitete Auflage von Ing. Chemiker **Albert Vita**, Chefchemiker der Oberschlesischen Eisenbedarfs-A.-G. (Friedenshütte). Mit 34 Textabbildungen. X, 198 Seiten. 1922. Gebunden RM 6.40

⊗ **Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der montanistischen Hochschule in Leoben.** Schriftleitung: Prof. Dr. **Hans Fleißner**, Prof. Dr. **Wilhelm Petrascheck**, Oberbergat Ing. **Ludwig Sterba**. Das Jahrbuch erscheint vierteljährlich in einem Umfang von etwa 48 Seiten in Quartformat. Preis jährlich RM 21.60 zuzüglich Porto.

⊗ **Handbuch der technischen Gesteinskunde.** Zweite, wesentlich vermehrte und umgearbeitete Auflage. Von Ing. Dr. phil. **Josef Stiny**. Etwa 400 Seiten mit etwa 350 Abbildungen. Erscheint im Frühjahr 1928.

⊗ **Grundzüge der Bergbaukunde** einschließlich Aufbereiten und Brikettieren. Von Dr.-Ing. e. h. **Emil Treptow**, Geh. Bergrat, Professor i. R. der Bergbaukunde an der Bergakademie Freiberg, Sachsen. Sechste, vermehrte und vollständig umgearbeitete Auflage.

I. Band: **Bergbaukunde.** Mit 871 in den Text gedruckten Abbildungen. X, 636 Seiten. 1925. Gebunden RM 18.—

II. Band: **Aufbereitung und Brikettieren.** Mit 324 in den Text gedruckten Abbildungen und XI Tafeln. X, 338 Seiten. 1925. Gebunden RM 21.—

⊗ **Technische Gesteinskunde.** Leitfaden für Ingenieure des Tief- und Hochbauwesens, der Forst- und Kulturtechnik, für Steinbruchbesitzer und Steinbruchtechniker. Von Ing. Dr. phil. **Josef Stiny**. Mit 27 Abbildungen. 335 Seiten. 1919. (Technische Praxis, Band XXIV.) Pappbd. geb. RM 2.—

**Die industrielle Keramik.** Ein chemisch-technologisches Handbuch. Von Prof. Dr. **A. Granger**, Sèvres. Deutsche Übersetzung von **B. Keller**, Nymphenburg. Mit 185 Textfiguren. VIII, 524 Seiten. 1908. RM 10.—; gebunden RM 14.—

Aus dem Inhalt: Plastische und unplastische Materialien. — Prüfung der Rohstoffe und Analyse der Massen, Glasuren und Farben. — Aufbereitung der Rohmaterialien. — Zubereitung der Massen. — Formen, Trocknen und Einsetzen, Brennen der Töpferwaren. — Glasuren und Emails. — Irdenwaren. — Feuerfeste Produkte. — Steingut. — Steinzeug. — Porzellan. — Dekoration. — Statistik der keramischen Industrie. — Technologisches Wörterbuch.

**Der Flotations-Prozeß.** Von C. **Bruchhold**, gepr. Bergingenieur. Mit 96 Textabbildungen. VIII, 288 Seiten. 1927. Gebunden RM 27.—

Aus dem Inhalt: Theorie des Prozesses. — Kolloide in fein gemahlener Trübe. — Ölmischungen. — Zusätze von Chemikalien zur Trübe. — Zerkleinern der Erze. — Beschaffenheit der Trübe. — Grobflotatoren und Reiniger. — Flotationsmaschinen. — Beschaffenheit des Erzschaumes. — Selektive Flotation. — Herdarbeit in Verbindung mit Flotation. — Entwässern und Trocknen der Konzentrate. — Allgemeine Angaben. — Laboratoriumsversuche. — Schlußbemerkungen. — Sachverzeichnis.

Die mit ⊗ bezeichneten Werke sind im Verlage von Julius Springer in Wien erschienen.