

Ganz ähnlich sind nun die Verhältnisse in vielen Fällen der postweisen Zerkleinerung, z. B. bei dem Stampfen in Stampfgruben, und bei dem Vermahlen auf Kollergängen. Ein gewisser Theil der Masse wird schnell zerkleinert sein, diese Masse bildet dann für die noch unzerkleinerten Theile das nachgiebige Polster, und es wird hierdurch außer dem Arbeitsverluste eine ungleichmäßige und mangelhafte Zerkleinerung veranlaßt, indem die kleineren Theile, zu deren Zertrümmerung eine geringere Kraft erforderlich ist, unnötig weiter zerkleinert werden, während die größeren Theile der Zerkleinerung entzogen bleiben. Hieraus erklärt es sich, warum man beispielsweise zum Zerstoßen einer gewissen Menge eines Stoffes in einem Mörser eine so erhebliche Zeit gebraucht.

Aus diesen Gründen sind die gedachten Maschinen mit absegender Wirkung ihrem Wesen nach als unvortheilhafte Arbeitsmittel anzusehen, und man hat sich deshalb mehrfach, z. B. bei den Kugelmühlen, bemüht, eine Verbesserung dadurch zu erzielen, daß man eine ununterbrochene Wirkung ermöglicht.

Zu- und Abführung. Damit die Maschinen mit ununterbrochener §. 4.

Wirkung möglichst vortheilhaft arbeiten, ist es nöthig, daß die Zuführung des Materials thunlichst gleichmäßig und die Abführung des zerkleinerten Stoffes hinreichend schnell geschehe. Wenn der letzteren Bedingung nicht gehörig genügt wird, so stellen sich die vorgedachten Uebelstände der absegender arbeitenden Maschinen auch hier in geringerem Maße ein, indem alsdann die der Maschine zugehenden, noch nicht zerkleinerten Körper mit dem schon zerkleinerten Material zusammentreffen, und eine Verdrängung des letzteren durch die ersteren stattfinden muß. Dieser Uebelstand liegt z. B. vor bei den ohne sogenannte Ventilation arbeitenden Mahlgängen, wie sie früher allgemein üblich waren. Sobald man dazu überging, bei diesen Mahlgängen zwischen den arbeitenden Flächen einen Luftstrom hindurchzuführen, erreichte man dadurch nicht nur eine größere Gesamtleistung, sondern auch eine vortheilhaftere Ausnutzung der aufgewendeten Arbeit. Man muß den Grund hiervon nach dem Vorstehenden darin erblicken, daß durch den erzeugten Luftstrom eine lebhafte Entfernung der schon genügend zerkleinerten Masse bewirkt wird. Hiermit steht die geringere Erwärmung des Mahlgutes in engem Zusammenhange, denn abgesehen davon, daß die durchgeführte Luft durch Aufnahme von Wärme unmittelbar abkühlend wirkt, eine Wirkung, derentwegen allein ursprünglich die Ventilation eingeführt wurde, muß außerdem die durch die aufgewendete Arbeit erzeugte Wärme auf eine größere Menge des Mahlgutes sich vertheilen, so daß auch aus diesem Grunde die Erwärmung geringer ausfällt.

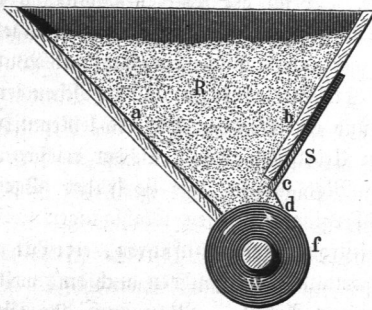
In manchen Fällen, z. B. bei der Anwendung der Quetschwalzen und Steinbrecher, genügt schon das Eigengewicht des zerkleinerten Stoffes, um

denselben aus der Maschine herausfallen zu lassen, in anderen, z. B. bei den Mahlgängen, wird die Entleerung wesentlich durch die Fliehkraft befördert, auch ist hierbei der Verlauf der in den Mahlstächen angebrachten Furchen oder Hausschläge von Einfluß, wieder in anderen Fällen, wie bei den Stampfwerken, verwendet man Wasser, welches, durch die Masse hindurchfließend, alle feineren Theile mit sich fortshawemmt und nur die größeren zurückläßt. Diese verschiedenen Mittel zur Entfernung der zerkleinerten Masse sollen bei der Besprechung der einzelnen Maschinen noch besonders berücksichtigt werden.

Behufs einer stetigen Speisung der Maschinen mit ununterbrochenem Betriebe verwendet man fast allgemein die Schwerkraft, indem man die zu zerkleinernden Stoffe unmittelbar in die Maschinen einfallen läßt. Um hierbei genau bestimmte Mengen einführen zu können, bedarf es eines besonderen Mittels zur Regulirung. Hierzu dienen hauptsächlich zwei Vorrichtungen und zwar: entweder Vertheilungswalzen oder geneigte Zuführinnen.

Vertheilungs- oder Speisewalzen können nur für solche Stoffe verwendet werden, die aus kleineren Stücken oder Körnern bestehen, wie

Fig. 2.



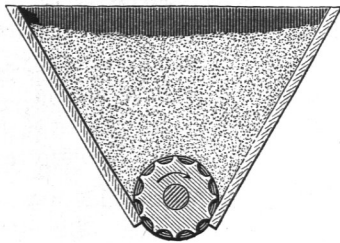
z. B. Getreide. Von der Wirkungsweise einer solchen Speisewalze giebt Fig. 2 eine Erläuterung. Die liegende, glatt abgedrehte Walze *W* bildet den unteren Abschluß des trichterförmigen Kumpfes *R*, in welchen das Beschiebungsmaterial von oben eingetragen wird. Während die eine Wand *a* des Kumpfes bis dicht an die Walze herantreibt, bleibt die andere *b* um eine gewisse Größe davon zurück, so daß zwischen ihr und der Walze eine gewisse freie Oeffnung besteht, deren Größe vermittelst des Schiebers *S* geregelt werden kann. Die in dem Kumpfe befindliche Masse tritt durch diese Oeffnung nach außen, so daß ihre Oberfläche *cd* gegen den Horizont unter dem Böschungswinkel φ geneigt ist, welcher dem Material zugehört. Eine Speisung findet erst statt, sobald die Walze in der Richtung des Pfeiles umgedreht wird, wodurch das vor der Oeffnung auf der Walze liegende Material mitgenommen wird, bis es bei *f* heruntergleitet. Da die Schieberkante bei *c* wie ein Abstreichmesser wirkt, so wird die Menge des aus dem Kumpfe heraustretenden Stoffes durch

$$Q = lev$$

ausgedrückt, wenn l die Länge der Schlitöffnung in der Richtung der Walze, e die sichte Weite senkrecht zum Walzenumfang und v die Geschwindigkeit im Umfange der Walze ist. Man erkennt hieraus, daß man die austretende Menge durch Veränderung nicht nur der Weite e mittelst des Schiebers, sondern auch der Umfangsgeschwindigkeit v der Walze reguliren kann. Jedemfalls wird man die Walze immer nur so langsam zu drehen haben, daß die zwischen ihr und dem herauszubefördernden Gut stattfindende Reibung genügt, um dem letzteren die nöthige Beschleunigung zu ertheilen, da im anderen Falle die Wirksamkeit nicht in der beabsichtigten, vorstehend beschriebenen Art stattfinden würde.

Anstatt der glatten Walze wendet man zuweilen auch, wie in Fig. 3, eine geriffelte, mit ringsum angebrachten regelmäßigen Vertiefungen versehene Walze an, welche beiderseits von den Wandungen des Kumpfes berührt wird. Die Aushöhlungen der Walze füllen sich mit dem zuzuführenden Gut und es bestimmt sich die in der Minute beförderte Masse durch

Fig. 3.



$$Q = l f z = l f u n,$$

wenn f den Querschnitt, u die Anzahl der Riffeln im Umfange und n die Umdrehungszahl der Walze vorstellt, so daß in der Minute $z = u n$

Aushöhlungen frei werden. Bei dieser Anordnung ist eine Regulirung der Speisemenge offenbar nur durch die Veränderung der Walzengeschwindigkeit zu erreichen. Diese letztgedachte Anordnung mit geriffelter Speisewalze wird deshalb seltener angewendet.

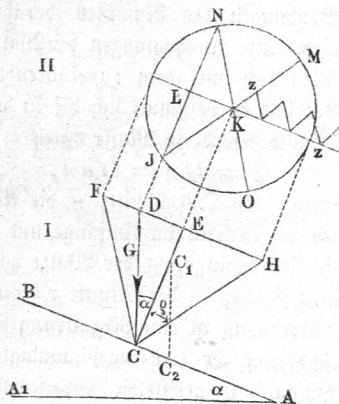
Das zweite zur Speisung dienende Mittel, eine geneigte Zuführrinne, auf welcher die Masse herabgleitet, findet vielfach Verwendung, weil es mit dem Vorzuge der Einfachheit denjenigen einer allgemeinen Anwendbarkeit auch für Materialien verbindet, welche aus so großen Stücken bestehen, daß die Anwendung einer Speisewalze hierdurch ausgeschlossen wird. Man darf aber diese Zuführrinne nicht so stark gegen den Horizont neigen, daß die darauf gelangende Masse ohne Weiteres zufolge ihrer Schwere herabgleitet, weil mit einer solchen Anordnung ein massenhaftes Herabschurren verbunden und jede Regulirung unmöglich sein würde. Man giebt der Zuführrinne vielmehr immer eine viel kleinere Neigung gegen den Horizont, als der Böschungswinkel ist, und bewirkt die abwärtsgleitende Bewegung durch kleine Erschütterungen, welche der Rinne fortwährend schnell hinter einander ertheilt werden. Von dieser rüttelnden Bewegung schreibt sich die Bezeichnung *Rüttelschuh* für die Zuführrinne her.

In welcher Weise die Mittelbewegung das Abgleiten des Materials bewirkt, kann man sich folgendermaßen verdeutlichen. Es sei AB , Fig. 4 I, die Richtung der Ebene des Mittelschuhes unter dem Winkel $A_1AB = \alpha$ gegen den Horizont geneigt und in C ruhe ein Körper vom Gewichte $DC = G$, so übt dieses Gewicht in C einen zur Ebene AB senkrechten Druck $N = EC = G \cos \alpha$ aus, welcher eine Reibung

$$EF = fN = N \tan \varrho = G \cos \alpha \tan \varrho$$

erzeugt, wenn f den Reibungscoefficienten und ϱ den Reibungswinkel bedeutet. Denkt man sich diesen Reibungswinkel ϱ in C an die Senkrechte zur Ebene AB nach allen möglichen Richtungen angetragen, so gelangt man zu einer Kegelfläche FCH , dem sogenannten Reibungskegel,

Fig. 4.



deren halber Spitzenwinkel gleich dem Reibungswinkel ϱ ist. Offenbar stellt dann EF die Größe der Reibung vor, welche bei einer Abwärtsbewegung des Körpers auf der Ebene entlang BA zu überwinden ist. Da die in dieser Richtung wirksame Seitenkraft des Körpergewichtes aber nur den Betrag

$$DE = G \sin \alpha = N \tan \alpha$$

hat, so ist zur Einleitung des Abwärtsgleitens in der Richtung BA erforderlich, daß auf den Körper außerdem noch eine Kraft gleich

$$FD = N \tan \varrho - N \tan \alpha$$

ausgeübt werde. Dies kann nun derart geschehen, daß man, anstatt den Körper in der Richtung BA zu verschieben, die Unterlage nach der entgegengesetzten Richtung AB mit einer bestimmten Beschleunigung bewegt. Dieser Bewegung setzt der Körper vermöge seiner Trägheit einen Widerstand entgegen, welcher wie eine auf ihn nach der Richtung BA wirkende Kraft angesehen werden muß. Es folgt hieraus also das Abwärtsgleiten des Körpers, sobald die gedachte beschleunigende Kraft den Betrag

$$FD = N (\tan \varrho - \tan \alpha) = G \cos \alpha (\tan \varrho - \tan \alpha)$$

erreicht.

Denkt man sich daher den Schuh etwa durch eine Kurbel- oder Daumenwelle in schnelle Schwingungen nach der Richtung AB versetzt, so findet ein Abwärtsgleiten des Körpers nach Maßgabe der größeren oder geringeren Geschwindigkeit dieser Schüttelbewegung mehr oder weniger schnell statt.

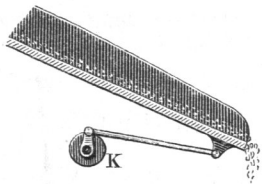
Es ist hierbei nicht gerade erforderlich, daß die Mittelbewegung in der Richtung AB des Abfalls der Ebene des Schuhs erfolge, vielmehr wird häufig die Schwingung in der dazu senkrechten Ebene vorgenommen, und man erkennt für diesen Fall die erforderliche Größe der beschleunigenden Kraft aus Fig. 4 II, welche die Projection des Reibungskegels auf die Ebene AB des Mittelschuhs vorstellt.

Denkt man sich nämlich, daß auf den auf dem Schuh ruhenden Körper außer der Schwerkraft noch eine Kraft ausgeübt werde, die der Richtung und Größe nach durch JL dargestellt wird, so erhält man aus dieser Kraft und dem Eigengewichte eine Mittelkraft, welche durch die Seite JK des Reibungskegels gemessen wird, und es muß eine Bewegung des Körpers in der durch diese Seite und die Axe des Kegels bestimmten Ebene erfolgen. Der Körper gleitet daher in der Richtung JM schräg abwärts, und wenn unmittelbar darauf in Folge der Mittelbewegung die auf den Körper geäußerte Wirkung nach der entgegengesetzten Richtung NL gerichtet ist, so gleitet der Körper in der Richtung NO abwärts, welche durch die Ebene bestimmt ist, die durch die Kegelseite NK und die Axe festgelegt wird. Die Bewegung des Körpers muß daher in der zickzackförmigen Linie zz erfolgen. Für diesen Fall der Querrüttelung ist die auf den Körper ausübende Kraft bestimmt zu:

$$JL = \sqrt{JK^2 - LK^2} = G \cos \alpha \sqrt{\tan^2 \varrho - \tan^2 \alpha}.$$

Es kann endlich die Bewegung des Körpers auch noch in einer anderen Art veranlaßt werden, dadurch nämlich, daß man dem Mittelschuh eine schwingende Bewegung senkrecht zu seiner Ebene, also auf und nieder ertheilt. Hierbei wird nämlich der Körper, indem er die Geschwindigkeit des Schuhs bei der aufsteigenden Bewegung annimmt, vermöge dieser Geschwindigkeit wie ein aufwärts geworfener Körper von dem Augenblicke an noch etwas emporhüpfen, in welchem der Schuh seine Bewegung umkehrt. Gesezt, der Körper steige hierbei auf die Höhe CC_1 , Fig. 4 I, so fällt er dar-

Fig. 5.



auf in lothrechtlicher Richtung $C_1 C_2$ herab, so daß durch Wiederholung dieses Vorganges ebenfalls eine langsame Beförderung in der Richtung BA erzielt wird, wie sie zu der beabsichtigten Speisung erforderlich ist.

Die Mittelbewegung kann dem Schuh ertheilt werden durch eine kleine Kurbel K , Fig. 5, und alsdann muß die Umdrehungs-

zahl derselben so bemessen werden, daß die Beschleunigung in dem todten Punkte die nach dem Vorstehenden erforderliche Größe von

$$G \cos \alpha (\tan \varrho - \tan \alpha)$$

$$G \cos \alpha \sqrt{\tan^2 \varrho - \tan^2 \alpha}$$

für die Querrüttelung mindestens erreicht.

Diese Beschleunigung des Körpers bestimmt sich in derselben Weise, wie der Beschleunigungsdruck eines Kreuzkopfes von dem Gewichte G , welcher nach Th. III, 1 im todtten Punkte der Kurbel zu

$$M \frac{v^2}{r} = \frac{G}{g} \frac{v^2}{r}$$

gefunden wird, unter v die Umfangsgeschwindigkeit und unter r den Halbmesser der Kurbel, sowie unter $g = 9,81$ m die Beschleunigung der Schwere verstanden, so daß die Masse M des Kreuzkopfes durch $M = \frac{G}{g}$ dargestellt ist. Setzt man bei n Umdrehungen der Kurbel in der Minute

$$v = \frac{2\pi r n}{60},$$

also
$$\frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r n^2}{3600} = 0,011 r n^2,$$

so erhält man den Beschleunigungsdruck zu

$$\frac{G}{g} \frac{v^2}{r} = \frac{G}{g} 0,011 r n^2.$$

Indem man diesen Ausdruck jenen oben ermittelten Werthen gleich setzt, erhält man die wenigstens erforderliche Umdrehungszahl:

$$n = \sqrt{\frac{g}{0,011 r} \cos \alpha (\tan \varrho - \tan \alpha)} \text{ für Längsrüttelung und}$$

$$n = \sqrt{\frac{g}{0,011 r} \cos \alpha \sqrt{\tan^2 \varrho - \tan^2 \alpha}} \text{ für Querrüttelung.}$$

Beispiel. Wie schnell muß die Kurbelwelle zur Rüttelung eines unter dem Winkel $\alpha = 15^\circ$ gegen den Horizont geneigten Rüttelschuhes bewegt werden, wenn dem Material ein Reibungscoefficient $f = 0,75$ entspricht und der Kurbelhalbmesser zu $r = 0,03$ m gewählt wird.

Man hat hier $\tan \varrho = 0,75$ zugehörig $\varrho = 36^\circ 50'$, ferner $\tan \alpha = \tan 20^\circ = 0,364$ und $\cos \alpha = \cos 20^\circ = 0,940$.

Daher erhält man für Längsrüttelung:

$$n = \sqrt{\frac{9,81}{0,011 \cdot 0,03} 0,940 (0,75 - 0,364)} = 104,$$

und für Querrüttelung:

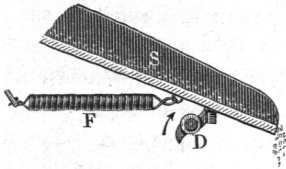
$$n = \sqrt{\frac{9,81}{0,011 \cdot 0,03} 0,940 \sqrt{0,75^2 - 0,364^2}} = 136.$$

Die Rüttelbewegung ist daher beim Querrütteln schneller vorzunehmen als beim Längsrütteln, und kann im Allgemeinen um so langsamer gemacht werden,

je größer die Neigung des Rüttelschuhes und der Ausschlag (2r) desselben und je geringer der Reibungscoefficient der Masse auf dem Schuh ist.

Anstatt einer Kurbel kann man sich zum Rütteln auch vortheilhaft eines kleinen Daumens *D*, Fig. 6, bedienen, gegen welchen der Schuh *S* fortwährend durch eine Feder *F* oder durch ein Gewicht gedrückt wird. Hierbei

Fig. 6.



erfolgt durch die Drehung des Daumens im Sinne des Pfeiles eine allmälige Verschiebung des Schuhs, während das Zurückschnellen durch die Feder plötzlich geschieht, sobald die radiale Stufe des Daumens dem Angriffspunkte des Schuhs die Rückbewegung gestattet.

Bei dieser Art des Rüttelns vermittelt der sogenannten Prallbewegung genügt eine geringere Anzahl von Schwingungen, sobald nur die Feder stark genug ist, um dem Schuh die erforderliche Beschleunigung zu ertheilen.

Anmerkung. Es mag hier bemerkt werden, daß das selbstthätige Lösen der Schraubenmutter, welches erfahrungsmäßig trotz des geringen Steigungswinkels der Gewinde immer beobachtet wird, wenn die Schrauben oft wiederholten Erschütterungen ausgesetzt sind, in ähnlicher Art zu erklären ist, wie die Bewegung des Mahlgutes auf dem Rüttelschuh.

Die Stampfwerke. Die Zerkleinerung von Stoffen geschah schon §. 5. bei den ältesten Maschinen durch die Stoßwirkung niederfallender Gewichte, welche zuvor auf eine bestimmte Höhe erhoben wurden. Die am meisten zu diesem Zwecke angewandte Maschine, welche namentlich in früherer Zeit eine größere Verbreitung fand, heute aber mehr und mehr durch andere Maschinen ersetzt worden ist, führt den Namen Stampfwerk und besteht in der Regel aus mehreren Stampfern oder Stempeln von prismatischer Form, welche zwischen Führungen senkrecht beweglich sind. Zum Anheben ist jeder Stampfer mit einem hervorstehenden Ansätze, der sogenannten Hebelatte oder dem Hebling, versehen, gegen welchen andere auf einer umlaufenden Welle befestigte Vorsprünge, die Daumen oder Hebedauen, nach der Art der in eine Zahnstange greifenden Zähne eines Triebrades wirken. Sobald ein Hebedauen der Welle die Hebelatte des Stampfers verläßt, fällt der letztere in Folge seines Eigengewichtes herab, so daß der Stampferfuß auf das darunter befindliche Pochgut den beabsichtigten Stoß ausübt, worauf die Erhebung von Neuem durch denselben oder einen anderen Hebedauen der Welle bewirkt wird.

Vornehmlich finden die Stampfwerke noch zum Zerpochen von Erzen für die Aufbereitungsarbeiten und von Traß zur Herstellung von Wassermörtel Anwendung. Das Zerpochen findet bei den Erzpochwerken in sogenannten Pochtrögen statt, d. h. in von hölzernen Pfosten umgrenzten