

dann aufwärts gerichtet ist, wenn die Excenterwelle in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung umgedreht wird. Die sonst noch in Anwendung gekommenen Einrichtungen von Steinbrechern werden nach den vorstehenden Bemerkungen einer besonderen Besprechung nicht bedürfen.

§. 23. **Walzen.** Von den Maschinen, welche die Zerkleinerung der Stoffe durch deren Zerdrücken bewirken, findet das Walzwerk die ausgedehnteste Anwendung. Dasselbe eignet sich zur Verarbeitung der verschiedensten Stoffe, man findet es in Hüttenwerken zur Zerkleinerung der Erze, in Ziegeleien und Formereien zum Quetschen des Thones, in Brennerien zum Quetschen der Kartoffeln und des Malzes in Anwendung, in Delmühlen werden die Samen zwischen Walzen bearbeitet, auch in der Mehlfabrikation haben die Walzen in der neueren Zeit sich mehr und mehr eingeführt und die bisher üblichen Steine theilweise verdrängt. Die Ursachen dieser vielfachen Verwendung sind außer in der verhältnißmäßig großen Einfachheit des Betriebes und der Einrichtung dieser Maschinen namentlich darin zu finden, daß kaum durch eine andere Maschine die Ausübung einer so kräftigen Druckwirkung erzielt werden kann. Daß auch zu dem Zwecke der Formgebung, z. B. zur Herstellung der Eisenschienen die Walzen verwendet werden, soll hier vor der Hand nicht weiter berücksichtigt werden, vielmehr soll hier das Walzwerk nur als Zerkleinerungsmaschine ins Auge gefaßt werden.

Ein solches Walzwerk besteht im Allgemeinen aus zwei aus Eisen gegossenen, glatt abgedrehten Cylindern, welche parallel neben einander gelagert sind und in entgegengesetzten Richtungen umgedreht werden. Die zu zerkleinernden Körper fallen aus einem oberhalb befindlichen Behälter oder Kumpfe zwischen die Walzen, durch deren Umdrehung sie dann eingezogen werden, wobei ein so starkes Zusammenpressen der Körper stattfindet, daß dieselben entweder zertrümmert werden, wie die Mineralien, oder nach Art eines Kuchens durch den Zwischenraum zwischen den Walzen hindurchgepreßt werden. Jedensfalls ist die Dicke der die Walzen verlassenden Stücke geringer, als die Entfernung der Walzen an der engsten Stelle des Zwischenraumes, und man hat es daher in der Gewalt, durch Veränderung dieses Zwischenraumes den Grad der Zerkleinerung innerhalb gewisser Grenzen zu reguliren.

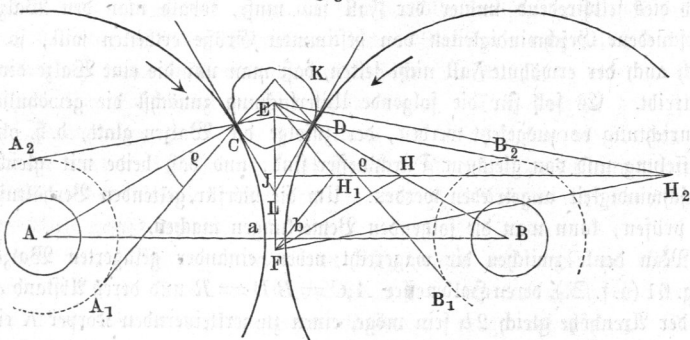
Die Walzen der gewöhnlichen Quetschwerke sind von gleicher Größe und empfangen ihre Bewegung nach entgegengesetzter Richtung mit derselben Geschwindigkeit. Unter dieser Voraussetzung ist die Wirkung im Wesentlichen ein reines Zerdrücken. Wenn man dagegen die Umfangsgeschwindigkeit der beiden Walzen verschieden groß wählt, sei es durch Anwendung verschieden großer Walzendurchmesser bei gleicher Umdrehungszahl oder um-

gekehrt durch Ertheilung verschiedener Umdrehungsgeschwindigkeiten bei gleichen Durchmessern, so tritt neben der drückenden Wirkung noch eine reibende ein, von welcher man insbesondere bei der Zerkleinerung weicher Stoffe, wie der Samen und Getreide, Anwendung macht. Für gewöhnlich sind die Walzenoberflächen glatt, nur in gewissen Fällen wendet man geriffelte oder mit Cannelirungen versehene Walzen an, um die zerreibende oder mahlende Wirkung zu befördern, ausnahmsweise versteht man die Walzen auch mit hervorragenden Zähnen, um eine brechende Wirkung zu erzielen, namentlich für zerbröckelnde Stoffe von geringer Festigkeit, wie z. B. die Presskuchen der Oelfabriken. Es ist in Betreff der Wirksamkeit ferner von Belang, ob man, wie angegeben wurde, beide Walzen durch die Betriebskraft in Umdrehung setzt, oder nur die eine Walze antreibt, und es derselben überläßt, die andere Walze vermöge der Reibung mitzunehmen. Wenn auch meistens ein Antrieb auf beide Walzen erfolgt, und dies selbstredend immer der Fall sein muß, sobald man den Walzen verschiedene Geschwindigkeiten von bestimmter Größe ertheilen will, so ist doch auch der erwähnte Fall nicht selten, daß man nur die eine Walze direct antreibt. Es soll für die folgende Untersuchung zunächst die gewöhnliche Einrichtung vorausgesetzt werden, der zufolge die Walzen glatt, d. h. ohne Riffelung und von gleichem Durchmesser sind, und daß beide mit gleicher Geschwindigkeit angetrieben werden. Um die hierfür geltenden Verhältnisse zu prüfen, kann man die folgenden Bemerkungen machen.

Man denke zwischen die wagerecht neben einander gelagerten Walzen, Fig. 61 (a. f. S.), deren Halbmesser $AC = BD = R$ und deren Abstand ab in der Axenhöhe gleich $2b$ sein möge, einen zu zerkleinernden Körper K eingebracht, von welchem der Einfachheit halber angenommen werde, daß er kugelförmig sei, so daß er die Walzen in zwei Punkten C und D berührt, welche in gleicher Höhe über der Axenebene AB liegen. Stellt man sich zunächst die Walzen ohne Bewegung als vollkommen festgehalten vor, so würde man ein Zerdrücken des Körpers dadurch hervorbringen können, daß man auf denselben eine hinreichend große Kraft lothrecht abwärts wirken ließe. Man hätte sich dann die Walzenoberflächen wie die Flanken eines Keilprismas zu denken, welche mit den Tangenten der Walzen in C und D übereinstimmen, und für die zu dem gedachten Zerdrücken erforderliche Kraft die Gesetze in Anwendung zu bringen, welche für den Keil gelten. Wollte man hierbei von der Reibung des Körpers an den Keilflächen absehen, d. h. annehmen, man hätte es mit absolut glatten Flächen zu thun, so wäre die Wirkung der Keilflanken gegen den Körper zu denselben senkrecht, d. h. also in den Richtungen der Radien AC und BD anzunehmen. Gesezt, die auf den Körper drückende Kraft sei durch $EF = G$ dargestellt, so erhielte man aus dem Dreiecke EHF die Größe jeder Flankenpressung des Keiles zu

$EH = HF$, und das Loth HJ stellte den Druck vor, welcher in waagrechter Richtung von jeder Seite auf den Körper ausgeübt würde. Sobald dieser Horizontaldruck die Widerstandsfähigkeit des Körpers erreicht und übersteigt, findet das Zerdrücken statt. Da nun aber die Reibung von erheblichem Einflusse ist, und, wie sich ergeben wird, die Wirkung von Walzwerken gerade nur wegen der auftretenden Reibung möglich ist, so wird man dieselbe entsprechend zu berücksichtigen haben, was im vorliegenden Falle am einfachsten dadurch geschieht, daß man die Flankenpressungen des Keiles von den Normalrichtungen um den zugehörigen Reibungswinkel ϱ abweichen läßt. Man hat sich nämlich immer zu denken, daß, wo zwei Körper auf einander gleiten, für diesen Zustand des Gleitens die zwischen beiden Körpern stattfindende Wirkung genau um den Reibungswinkel von der Normalen zur Berührungsebene abweichen muß, weil ein Gleiten so lange nicht möglich ist, als diese Wirkung um weniger als der Reibungswinkel beträgt, von der Normalrichtung abweicht. Macht man daher die Winkel $ACA_1 = BDB_1 = \varrho$, so erhält man in CA_1 und DB_1 die Richtungen für die Flankenpressungen, und man kann damit parallel die Seiten des Dreiecks EH_1F zeichnen, so daß nunmehr H_1J die Horizontalkraft ergiebt, welche ein Zusammenpressen des Körpers anstrebt. Diese Kraft ist natürlich beträchtlich kleiner, als diejenige HJ , welche ohne Berücksichtigung der Reibung erhalten würde. Der Reibungswinkel ϱ muß hierbei nach der unteren Seite von AC und BD angetragen werden, weil der Körper bei dem mit dem Zerdrücken stattfindenden Gleiten eine abwärts gerichtete Bewegung annimmt, welcher entgegen die Keilflanken mit den aufwärts gerichteten Kräften FH_1 und H_1E reagiren.

Fig. 61.



ebene abweichen muß, weil ein Gleiten so lange nicht möglich ist, als diese Wirkung um weniger als der Reibungswinkel beträgt, von der Normalrichtung abweicht. Macht man daher die Winkel $ACA_1 = BDB_1 = \varrho$, so erhält man in CA_1 und DB_1 die Richtungen für die Flankenpressungen, und man kann damit parallel die Seiten des Dreiecks EH_1F zeichnen, so daß nunmehr H_1J die Horizontalkraft ergiebt, welche ein Zusammenpressen des Körpers anstrebt. Diese Kraft ist natürlich beträchtlich kleiner, als diejenige HJ , welche ohne Berücksichtigung der Reibung erhalten würde. Der Reibungswinkel ϱ muß hierbei nach der unteren Seite von AC und BD angetragen werden, weil der Körper bei dem mit dem Zerdrücken stattfindenden Gleiten eine abwärts gerichtete Bewegung annimmt, welcher entgegen die Keilflanken mit den aufwärts gerichteten Kräften FH_1 und H_1E reagiren.

Stellt man sich aber nunmehr vor, die Walzen würden in den durch die Pfeile angezeigten Richtungen umgedreht, so hat man die Richtung

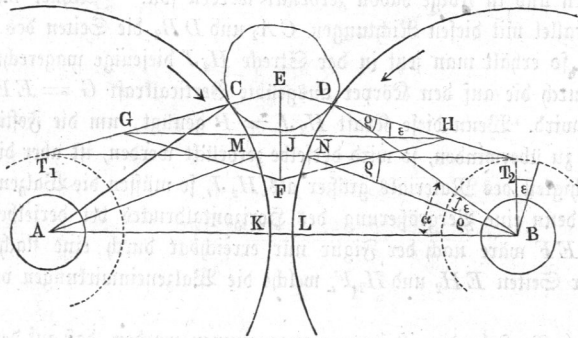
der von den Walzenumfängen ausgeübten Pressungen nach der anderen Seite von der Normalrichtung abweichend anzunehmen, denn denkt man sich, der Körper würde nicht zwischen die Walzen eingezogen, sondern er bliebe an seiner Stelle, so würde durch die Umdrehung der Walzen eine Bewegung von deren Umfängen in C und D in den Richtungen CL und DL erfolgen. Hieraus erkennt man, daß die Richtung der Walzenwirkung auf den Körper in diesem Falle durch A_2C und B_2C gegeben ist, wenn ACA_2 und BDB_2 gleich dem Reibungswinkel ρ gemacht werden. Dieser gedachte Zustand des Gleitens wird nun nicht eintreten können, so lange die Wirkung der Walzen um weniger als den Reibungswinkel ρ von den Radien abweicht, und man darf daher die Richtungen A_2C und B_2D als die äußersten Grenzen ansehen, innerhalb deren die Reactionen der Walzen noch gelegen sein müssen, wenn das erwähnte Gleiten nicht eintreten, d. h. wenn der Körper durch die Walzen eingezogen und in Folge davon zerdrückt werden soll. Zeichnet man daher auch parallel mit diesen Richtungen CA_2 und DB_2 die Seiten des Dreiecks EH_2F , so erhält man jetzt in der Strecke H_2J diejenige wagerechte Kraft, welche durch die auf den Körper ausgeübte Verticalkraft $G = EF$ hervorgerufen wird. Wenn diese Kraft $H_2J = P$ genügt, um die Festigkeit des Körpers zu überwinden, so wird derselbe zerdrückt werden, ist aber die Widerstandsfähigkeit des Materials größer als H_2J , so müssen die Walzenumfänge gleiten, denn eine Vergrößerung des Horizontaldruckes bei derselben Verticalkraft EF wäre nach der Figur nur erreichbar durch eine flachere Neigung der Seiten EH_2 und H_2F , welche die Walzeneinwirkungen vorstellen.

In dem Vorstehenden ist immer angenommen worden, daß auf den Körper §. 24. eine bestimmte Verticalkraft EF wirksam sein soll; thatsächlich tritt eine solche Kraft auch immer auf, wenn dieselbe in der Regel auch nur in dem geringen Eigengewichte des Körpers besteht; ohne dieses Eigengewicht würden die Walzen den Körper gar nicht ergreifen, weshalb denn auch bei den übereinander gelagerten Walzen der Eisenwerke die einzuführende Luppe oder Schiene mit einer gewissen, wenn auch kleinen Kraft vorgeschoben werden muß.

Nach der Figur ist die zur Hervorrufung eines bestimmten, die Festigkeit übersteigenden Druckes H_2J erforderliche Kraft EF um so kleiner, je mehr die Richtungen H_2E und FH_2 , d. h. also die der Walzeneinwirkungen, sich der Horizontalen nähern, und da diese Richtungen wesentlich abhängig sind von der Tiefe, bis zu welcher der Körper von vornherein zwischen die Walzen eintritt, so erkennt man, daß zwischen der Größe des Walzendurchmessers und des Körpers ein ganz bestimmter Zusammenhang bestehen muß, der sich aus der Figur direct ersehen läßt.

Denkt man sich zu dem Ende in allen Punkten des Walzenumfanges die Richtung des Druckes angegeben, in welcher die Walze auf den Körper einwirken kann, so umhüllen alle diese gegen den Radius unter dem Reibungswinkel ϱ geneigten Strahlen einen zur Walze concentrischen Kreis von dem Halbmesser $R \sin \varrho$, wofür man $fR = R \tan \varrho$ setzen kann, wenn f den Reibungscoefficienten vorstellt. Dieser Kreis entspricht dem für Zapfen mit dem Namen des Reibungskreises belegten, und es möge der Kürze wegen für ihn dieselbe Bezeichnung auch hier beibehalten werden. In Fig. 62 sind die beiden Reibungskreise der Walzen punktirt eingetragene und an dieselben ist die gemeinsame Tangente $T_1 T_2$ gezeichnet. Wenn man sich nun vorstellt, der zu zerkleinernde Körper sei bis zu dieser wagerechten Tangente zwischen die Walzen eingetreten, so erkennt man, daß die geringste abwärts gerichtete Kraft, welche auf den Körper wirkt, im Stande sein muß, unend-

Fig. 62.



lich große Seitenkräfte in den horizontalen Richtungen MT_1 und NT_2 hervorzurufen, und daß also ein Körper, welcher bis zu der gedachten Tiefe eingetreten ist, unfehlbar dem Zerdrücktwerden ausgesetzt sein muß, wie groß auch seine Festigkeit dagegen sein möge. Es wird hierbei natürlich vorausgesetzt, daß die zur Umdrehung der Walzen erforderliche Betriebskraft in hinreichender Größe vorhanden ist, die Walzen also nicht stehen bleiben, und auch, daß die Widerstandsfähigkeit der Walzen größer ist, als die des Körpers. Wenn diese letztere Bedingung nicht erfüllt ist, so wird die Umdrehung der Walzen ein Eindringen des härteren Körpers in die weicheren Walzen zur Folge haben. Es erklären sich hieraus zur Genüge die Beulen, welche man häufig in den gußeisernen Kartoffelquetschwalzen der Brennereien entstehen sieht, sobald harte Steine zwischen die weichen Walzen gelangen, auch gründet sich hierauf die Herstellung erhabener gravirter Walzen, sogenannter Molletten, mit Hülfe ver-

tiefst gravirter harter Stahlplatten, die zwischen den noch weich gelassenen glatten Moletten hindurchgewalzt werden.

Die Entfernung $MN = 2a_0$ der beiden Walzen in der gedachten Tangente an die Reibungskreise, also die Größe, welche der Körper hat, wenn er bis zu dieser Tangente in die Walzen eingetreten ist, findet sich nach der Figur leicht durch die Beziehung $a_0 - b = R - R \cos \varrho = R(1 - \cos \varrho)$, wenn $2b$ die Entfernung KL der Walzen in der Azebene und R den Walzenhalbmesser bedeutet. Für den letzteren ergibt sich hieraus die Gleichung:

$$R = \frac{a_0 - b}{1 - \cos \varrho}.$$

Der durch diesen Ausdruck bestimmte Werth wird häufig in den Theorien über Walzwerke¹⁾ als derjenige Halbmesser bezeichnet, welcher den Walzen mindestens zu geben ist, wenn Körper von der Größe $2a_0$ von den Walzen überhaupt eingezogen werden sollen. Der vorstehenden Darstellung zufolge ist hierbei vorausgesetzt, daß man erstens das Eigengewicht des Körpers außer Acht läßt, und daß man zweitens auch auf diejenige Zusammenpressung keine Rücksicht nimmt, die der Körper in dem Augenblick schon erlitten hat, in welchem die Pressung auf ihn bereits bis zu dem Betrage gestiegen ist, durch dessen Ueberschreitung die Zertrümmerung erfolgt. Diese beiden Vernachlässigungen mögen zulässig sein für sehr harte und feste, wenig zusammendrückbare Stoffe, wie die Erze, dagegen ist bei weicheeren Körpern, wie Kartoffeln und Getreide, die Zusammenpreßbarkeit von nicht unwesentlichem Einflusse. Man kann die obige Formel gelten lassen, wenn man unter $2a_0$ die Größe des Körpers in dem betrachteten Zustande der Zusammenpressung bis nahe zur Zerstörung versteht. Will man auch den Einfluß des Eigengewichtes in Rechnung bringen, so ist zu bemerken, daß mit Rücksicht hierauf der Körper von den Walzen schon in einer höheren Lage CD erfaßt wird, welche dadurch festgestellt ist, daß in dem zugehörigen Parallelogramm der Kräfte $EHFG$ die verticale Diagonale EF das Eigengewicht G und die halbe horizontale Diagonale HJ die zum Zerdrücken des Körpers erforderliche Kraft K vorstellt. Es bestimmt sich daher der Winkel $E H J = \varepsilon$ durch

$$\text{tang } \varepsilon = \frac{EJ}{HJ} = \frac{G}{2K'}$$

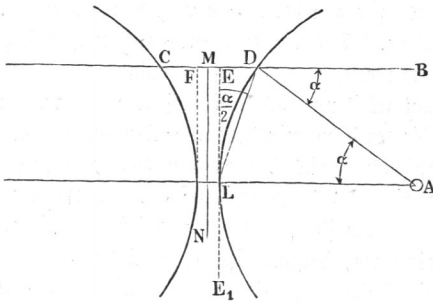
und man sieht, daß diejenigen Punkte C und D der Walzen, in denen der Körper mit Sicherheit erfaßt wird, in dem Winkelabstande $DBL = \varrho + \varepsilon$ von den horizontalen Halbmessern AK und BL gelegen sind. Im Auge-

1) S. u. A. Ritterger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde.

meinen wird der Winkel ε nur sehr klein sein, da das Eigengewicht G der Körper in den meisten Fällen gegen die zu der Zerkleinerung erforderliche Druckkraft K nur unbedeutend ist.

Es ist nach dem Vorstehenden auch leicht, die Größe des für ein bestimmtes Material erforderlichen Walzendurchmessers durch eine Zeichnung festzustellen. Zu dem Ende trägt man auf der wagerechten Geraden CD , Fig. 63, zu jeder Seite der lothrechten Mittellinie MN die Größen $ME = MF = b$ und $MD = MC = a$ an, und zieht durch E die lothrechte Linie EE_1 , welche eine Tangente an den Walzenumfang sein muß. Der Mittelpunkt A der Walze muß auf der Geraden DA liegen, welche durch D unter einem Winkel $BDA = \alpha$ gegen die Horizontale gelegt ist, wobei man $\alpha = \varrho$ oder mit Berücksichtigung des Eigengewichtes $\alpha = \varrho + \varepsilon$ anzunehmen hat.

Fig. 63.



Um den Mittelpunkt A auf dieser Linie zu finden, hat man nach einem bekannten Satze der Geometrie nur durch D eine Gerade DL zu legen, welche mit der verticalen Tangente EE_1 einen Winkel gleich dem halben Centriwinkel $\frac{\alpha}{2}$ bildet, dann

findet man den gesuchten Walzenmittelpunkt in der durch den Schnitt L gelegten Horizontallinie.

Bezeichnet man das Verkleinerungsverhältniß $\frac{2b}{2a}$, d. h. das Verhältniß des Walzenabstandes $2b$ zu dem Durchmesser $2a$ der größten zur Verkleinerung gelangenden Körper, mit $v = \frac{2b}{2a}$, so läßt sich die obige Formel für den mindestens erforderlichen Durchmesser der Walzen auch schreiben

$$R = \frac{a-b}{1 - \cos \varrho} = a \frac{1-v}{1 - \cos \varrho}.$$

Hiernach steht für ein bestimmtes Verkleinerungsverhältniß v und einen ebenfalls bestimmten Reibungswinkel ϱ die Größe des erforderlichen Durchmessers der Walzen in directem Verhältnisse mit der Größe der zu zerkleinernden Körper. Dem entsprechend verwendet man auch zum Zerkleinern von Kartoffeln größere Walzen, als für Getreide und Delfamen gebräuchlich sind. Ebenso erfordern die zum Zerkleinern von Erzen gebrauchten Walzen größere Durchmesser, indem die von denselben verarbeiteten Stücke,

wie sie etwa durch Steinbrecher erhalten werden, nicht selten Größen bis zu 60 mm haben. Nimmt man einen durchschnittlichen Reibungscoefficienten $f = \frac{1}{3}$ an, entsprechend einem Reibungswinkel $\rho = 18\frac{1}{2}^\circ$, und setzt ein durchschnittliches Verkleinerungsverhältniß von $v = \frac{1}{5}$ voraus, so ergibt sich damit der erforderliche Walzendurchmesser zu

$$2R = 2a \frac{1 - \frac{1}{5}}{1 - \cos 18^\circ 30'} = 2a \frac{0,8}{1 - 0,95} = 16 \cdot 2a.$$

Dies giebt beispielsweise für zu zerkleinernde Erzstücke von 25 mm Größe einen Walzendurchmesser von 0,4 m. Man führt die zu diesem Zwecke dienenden Walzen in Größen zwischen 0,5 und 0,9 m im Durchmesser aus.

Dieselbe Formel würde für Kartoffelwalzen, wenn man die Größe der Kartoffeln zu 80 mm annimmt, zu Durchmessern von mindestens $16 \cdot 0,080 = 1,08$ m führen. Erfahrungsmäßig genügen hierzu aber Walzen von 0,5 bis 0,6 m, obwohl der Reibungscoefficient für die gekochten und daher feuchten Kartoffeln jedenfalls eher kleiner als größer sein wird, als der angenommene Werth von $\frac{1}{3}$. Es ist dies aus dem oben angeführten Einflusse des Eigengewichtes und der Zusammendrückbarkeit der Kartoffeln zu erklären. Denn da die zum Zerquetschen der gekochten Kartoffeln erforderliche Kraft K nur gering, und da das Eigengewicht der zu zerquetschenden Kartoffel durch dasjenige der darüber befindlichen vergrößert wird, so muß hierfür der oben mit ε bezeichnete Winkel, für welchen $\tan \varepsilon = \frac{G}{2K}$ ist,

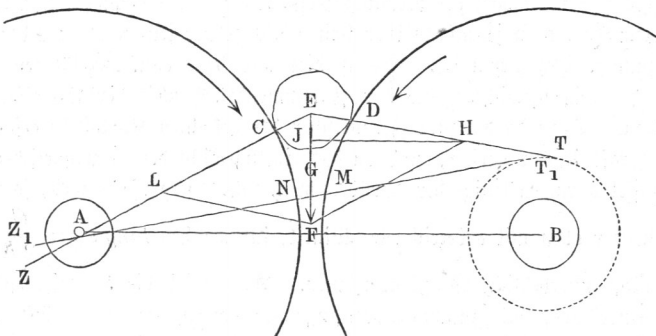
eine nicht unerhebliche Größe annehmen. Auch wird die Kartoffel jedenfalls einer merklichen Zusammenpressung unterworfen, ehe sie zerdrückt wird.

Bei den zur Reinigung der rohen Baumwolle dienenden sogenannten Egrenirmaschinen kommen ebenfalls zuweilen Walzen zur Anwendung, die den Zweck haben, die Baumwollfasern von den Samenkörnern abzureißen, an denen sie haften. Hierbei dürfen die Samenkörner selbst nicht von den Walzen ergriffen werden, um ihr Zerquetschen und damit die Verunreinigung der Wolle zu vermeiden. Nimmt man die Größe eines solchen Samenkornes im Durchschnitt zu 5 mm an, so folgt mit den oben zu Grunde gelegten Werthen der Durchmesser der Walzen, welcher das Einziehen der Samen zur Folge haben müßte, zu 80 mm. Die Egrenirwalzen erhalten mit Rücksicht hierauf auch stets kleinere Durchmesser von meistens nicht mehr als 50 bis 60 mm.

Bisher wurde immer ein Antrieb beider Walzen von der betreibenden §. 25. Kraftmaschine oder Transmissionswelle aus angenommen, sei dies nun in der Art, daß jede Walze durch einen Riemen oder ein Zahnräderpaar die Bewegung erhält, oder auch in der gewöhnlicheren Weise, wonach zwar nur

die eine Walze direct angetrieben wird, von dieser aber durch zwei auf den Walzenaxen befindliche, in einander greifende Räder der anderen Walze die Bewegung mitgetheilt wird. Von dieser Anordnung hat man diejenige zu unterscheiden bei welcher nur die eine Walze den Antrieb empfängt, so daß die andere vermöge der Reibung zwischen beiden mitgenommen wird. Um auch für diesen Fall die Wirkungsweise kennen zu lernen, sei vorausgesetzt, daß die Walze *B* in Fig. 64 die angetriebene sei, und es sei für dieselbe der Reibungskreis *T* vom Halbmesser $BT = fR$ gezeichnet, dessen Tangenten nach dem Vorhergegangenen diejenigen Richtungen angeben, bis zu welchen die Wirkung der Walze von der radialen Richtung sich entfernen kann, bezw. entfernen muß, wenn ein Gleiten vorausgesetzt wird. Die Walze *A* dagegen würde, unter der Voraussetzung, daß an ihren Zapfen

Fig. 64.



ein Reibungswiderstand nicht zu überwinden wäre, nur befähigt sein, einen normalen, d. h. radialen Druck aufzunehmen und zu erwidern, da unter dieser Voraussetzung eine Umdrehung, also ein Ausweichen der Oberfläche eintreten müßte, sobald die auf die Walze wirkende Kraft neben der Mitte von *A* vorbeigehe, also einen Hebelarm hätte. Da nun aber die Zapfenreibung bei der Umdrehung der Walze *A* überwunden werden muß, und diese Wirkung nur durch Vermittelung des zwischen beiden Walzen liegenden Körpers ausgeübt werden kann, so muß man annehmen, daß die Richtung der Kraft, mit welcher der Körper gegen den Walzenumfang von *A* preßt, in einem solchen Abstände von der Mitte *A* verbleibt, daß das Moment dieser Kraft gerade dem Momente der Zapfenreibung gleich ist. Dieser Abstand ist ohne Weiteres bestimmt, wenn man den Reibungskreis für den Zapfen der Walze *A* zeichnet, d. h. denjenigen Kreis concentrisch zu *A*, dessen Halbmesser gleich fr ist, wenn r den Zapfenhalbmesser und f den Reibungscoefficienten für denselben bedeutet. Nach dem in Th. III, 1 hier-

über Gefagten kann ein Drehzapfen während seiner Bewegung nur Kräfte aufnehmen und äußern, welche an diesen Reibungskreis tangential gerichtet sind, d. h. welche die Stützlagerfläche unter einem Winkel gegen die Normalrichtung gleich dem Reibungswinkel treffen. Daß diese Tangente an den Reibungskreis unterhalb der Mitte A vorbeigehen muß, ergibt sich von selbst aus der Richtung, in welcher die Umdrehung von A erfolgen muß.

Denkt man sich nun wieder einen Körper zwischen die Walzen eingeführt, welcher die Walze B in D berühren möge, und auf welchen durch sein Eigengewicht G eine senkrechte Kraft wirkt, die der Richtung und Größe nach durch die Strecke EF ausgedrückt sein soll, so wird zunächst auf den Körper von der angetriebenen Walze B eine Wirkung ausgeübt, welche durch D geht, und deren Richtung nur zwischen dem Radius BD und der Tangente TD gelegen sein kann, also im äußersten Falle die Richtung der letzteren TD hat. Diese Richtung schneidet sich mit der Verticalkraft G in E , und daher muß wegen des Gleichgewichts auch die auf die Walze A geübte Wirkung durch diesen Punkt E gehen, so daß man hierfür die Richtung EZ tangential an den Reibungskreis des Zapfens erhält. Zeichnet man daher mit diesen Richtungen EZ und ET das Parallelogramm zur Diagonale EF , so erhält man in den Seiten EH und EL die Walzenpressungen, deren horizontale, auf Zerdrücken des Körpers wirkende Componente durch HJ gefunden wird. Es muß hier bemerkt werden, daß die Pressung gegen die Walze A immer tangential an den Zapfenreibungskreis gerichtet ist, während dies für die Walze B in Bezug auf deren Reibungskreis nicht immer der Fall sein muß, sondern nur äußersten Falles eintritt. Im ersten Augenblicke der Einwirkung der Walze auf den eben eingeführten und noch nicht zusammengepreßten Körper wird die Walze B in der Richtung ihres Halbmessers BD gegen den Körper wirken, und erst mit dem weiteren Eintreten desselben zwischen die Walzen und steigender Zusammendrückung der Materialtheile wird eine Abweichung der Walzenpressung von der Normalrichtung genau in dem Betrage sich einstellen, wie er für den Zustand des Gleichgewichts in jedem Augenblicke entsprechend der eingetretenen Zusammendrückung des Körpers gefordert wird. Dabei darf diese Abweichung, wie schon mehrfach hervorgehoben, den Betrag des Reibungswinkels ϱ niemals übersteigen, wenn der Körper sicher eingezogen werden soll.

Auch hier findet man, wie in Fig. 62, daß die horizontale Pressung auf den Körper um so größer ausfällt, je tiefer derselbe zwischen die Walzen eingetreten ist, und wenn man hier die gemeinschaftliche Tangente $T_1 Z_1$ an die beiden Reibungskreise des Zapfens von A und der Walze B zieht, so erhält man ebenfalls diejenige Richtung für die Walzenpressungen, für welche die geringste Verticalkraft einen unendlich großen Druck hervorrufen muß, so daß ein bis zu der Tiefe MN eingetretener Körper unfehlbar der

Zertrümmerung ausgesetzt ist. Es gelten für diese gemeinsame Tangente der beiden Reibungskreise ganz ähnliche Betrachtungen, wie sie für die gemeinsame Tangente an die beiden Walzenreibungskreise der Fig. 62 angesetzt worden sind. Man ersieht aus den Figuren direct, daß bei der hier vorausgesetzten Anordnung des Antriebes nur einer Walze die Größe der Körper, welche bei bestimmtem Walzendurchmesser sicher ergriffen werden, kleiner ausfällt, als wenn beide Walzen angetrieben werden, indem der Schnittpunkt der verticalen Mittellinie mit der Tangente $T_1 Z_1$ der beiden Reibungskreise in Fig. 64 nur ungefähr halb so hoch über der Azebene AB gelegen ist, wie in Fig. 62. Es würde nicht schwer sein, nach der Figur einen algebraischen Ausdruck für die Größe $2a$ des zu zerkleinernden Körpers und den mindestens erforderlichen Walzenhalbmesser R zu bilden, es möge diese Bestimmung hier nicht vorgenommen werden, da man in den Fällen der Anwendung durch die Zeichnung der Fig. 64 schneller den gesuchten Halbmesser bestimmen kann, als auf dem Wege der Rechnung.

- §. 26. Wenn zwar die Wirkung der Walzen vornehmlich in einem Zerquetschen der Materialien besteht, so findet doch gleichzeitig auch eine nicht unerhebliche Wirkung durch Zerreiben statt, wie man sich durch folgende Betrachtung überzeugt. Wenn die Umfangsgeschwindigkeit jeder der Walzen durch v bezeichnet wird, und die Entfernung der Walzen an der engsten Stelle des Zwischenraumes ist gleich e , so berechnet sich die durch diesen Zwischenraum für je ein Meter Walzenlänge in der Secunde hindurchtretende Materialmenge zu $Q = ve$, wobei vorausgesetzt wird, daß das Material sich mit der Geschwindigkeit v der Walzen durch den engsten Querschnitt bei ab , Fig. 65, bewegt. Ist dies der Fall, so muß jedoch die Geschwindigkeit des Materials an jeder höher gelegenen Stelle eine in dem Verhältnisse des daselbst größeren Durchgangsquerschnittes geringere sein, so daß in allen Punkten oberhalb ab die Walzen eine größere Geschwindigkeit haben, als das vorbeipassirende Material. In Folge hiervon wird die zwischen den Walzen befindliche Masse einem Abreiben unterworfen sein, dessen Wirkung wegen des gleichzeitigen sehr starken Druckes eine kräftige sein muß. Da nämlich die Walzenoberfläche niemals absolut glatt sein kann, sondern immer mit mehr oder minder großen Erhabenheiten und Vertiefungen behaftet ist, je nach dem Grade der Rauigkeit, so werden diese kleinen Erhabenheiten der Walzenoberflächen sich in das Material eindrücken und bei ihrer gleitenden Bewegung kleine Massentheilchen abstoßen oder abscheren, welche Wirkung besonders dadurch unterstützt wird, daß die fest zusammengepreßten Theilchen nicht wohl einem Rollen oder Wälzen unterliegen und daher auch nicht ausweichen können. Man mag sich den Vorgang etwa so vorstellen, als wäre der betreffende Körper fest zwischen die Backen eines Schraubstodes

geflammt und werde in diesem Zustande der Einwirkung einer rauhen Fläche unterworfen, welche nach Art einer Feile feine Späne von ihm abstößt. Diese Wirkung wird noch besonders befördert werden, wenn die Walzenoberflächen mit künstlichen Hervorragungen oder Riffeln versehen sind, welche je nach dem Grade ihrer Schärfe eine mehr oder minder vollkommene Scherwirkung äußern müssen. Solche Riffelung pflegt man daher in denjenigen Fällen in Anwendung zu bringen, in denen es auf die Erzeugung von Mehl ankommt, also vornehmlich in den Mühlen für Getreide. Auch ist es sehr gebräuchlich, in diesen Fällen die gedachte abreibende Wirkung dadurch zu befördern, daß man den Walzen verschiedene Umfangsgeschwindigkeiten giebt; die in neuerer Zeit in Mahlmühlen so verbreiteten Walzen zeigen in den meisten Fällen die Anwendung verschiedener Umfangsgeschwindigkeiten für die beiden zusammengehörigen Walzen, und zwar pflegte man diese

Fig. 65.

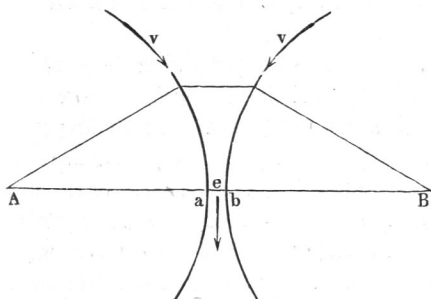
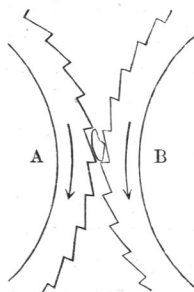


Fig. 66.



Geschwindigkeiten früher etwa in dem Verhältnisse 2 : 3 zu wählen, während man neuerdings dieses Verhältniß nur etwa wie 6 : 7 anordnet¹⁾, wenn es sich um die eigentliche Mehlerzeugung aus dem Schrote handelt.

Ordnet man geriffelte Walzen mit verschiedenen Geschwindigkeiten an, so ist die Form und Stellung der einzelnen Riffeln von Wichtigkeit für die Wirksamkeit der Walzen, wie man sich mit Hilfe der Fig. 66 überzeugt. Wenn in dieser Figur A die schneller bewegte Walze vorstellt, so wird ein Abscheren oder auch ein Brechen der zwischen den Walzen befindlichen Körner, wie es beim Schroten gewünscht wird, nur dann stattfinden können, wenn die Walze A sich bedeutend schneller bewegt, als diejenige B; während bei nur geringer Verschiedenheit der Geschwindigkeiten die einzelnen Körner mehr einer quetschenden oder kneisenden Wirkung ausgesetzt sind, wie sie dadurch entsteht, daß die einzelnen Zähne der beiden Walzen ihre gegenseitige Stellung zu einander allmählig ändern. In dem letzteren Falle wird

¹⁾ Die Mehlfabrikation von Friedrich Kief.

auch die Erzeugung eines mehrreicheren Productes die Folge sein, als in dem ersteren bei wesentlich verschiedenen Geschwindigkeiten. Aus diesem Grunde empfiehlt *Rick*, bei den Schrotwalzen der nach dem Hochmahlfverfahren arbeitenden Mahlmühlen der schneller gehenden Walze mindestens die zweibis dreifache Geschwindigkeit von derjenigen der langsamer bewegten zu ertheilen, weil es hierbei wesentlich darauf ankommt, eine Zerkleinerung der Getreidekörner mit möglichst geringer Mehlbildung zu erzielen. Insbesondere ist bei kleinen Walzendurchmessern eine große Verschiedenheit der Geschwindigkeiten erforderlich, weil der Weg, auf welchem die hier gedachte Einwirkung vor sich geht, um so kleiner ausfällt, je stärker die Walzen gekrümmt sind.

Wenn man dagegen die Walze *B* zur schneller gehenden macht, so findet hauptsächlich eine zerreibende Wirkung statt, und man wird diese Anordnung wählen, wenn es sich darum handelt, möglichst viel Mehl zu erzeugen, wie es bei dem als Flachmüllerei bezeichneten Verfahren der Mehلبereitung der Fall ist.

Dagegen wird man bei den in Hüttenwerken zur Aufbereitung der Erze dienenden Walzen die Geschwindigkeit derselben von gleicher Größe annehmen, da hierbei in der Regel die Erzeugung von Mehl sorgfältig zu vermeiden ist, und bei der bedeutenden Härte der zerkleinerten Materialien eine sehr schnelle Abnutzung der Walzen sich in Folge der verschieden großen Geschwindigkeiten einstellen würde. Auch pflegt man den Walzen zum Erquetschen in der Regel eine glatte Oberfläche, d. h. eine solche ohne Riffeln, zu geben. Daß trotzdem die Abnutzung eine beträchtliche ist, geht aus den angeführten Bemerkungen hervor, wonach die reibende Wirkung der Walzen sich niemals ganz vermeiden läßt. Mit Rücksicht auf diese Abnutzung führt man denn derartige Walzen nicht selten mit besonders aufgezogenen Mänteln aus, welche sich erforderlichen Falles leicht erneuern lassen.

Wenn man den Oberflächen der Walzen abgerundete, anstatt der scharfen Zähne giebt, so ist natürlich eine Schneidwirkung nicht mehr zu erwarten, die Walzen veranlassen in diesem Falle vielmehr ein Zerbrechen, sofern nämlich die Erhabenheiten der einen Walze den Vertiefungen der anderen gegenüber treten, in ähnlicher Art, wie die gewellten Backen der oben besprochenen Steinbrecher es thun. Derartige Walzen wendet man an, um leicht zerbrechliche Stoffe, wie z. B. die Preßkuchen der Delmühlen, zu zerbrechen; eine Hauptverwendung finden dieselben bei der Flachsbereitung zum Zerbrechen der holzigen Stengel des Flachs- und Hanfstrohes vermittelst der sogenannten Brechmaschinen.

Die Feinheit des von den Walzen gelieferten Productes richtet sich natürlich nach der Entfernung der Walzen an der mittleren Stelle, wo sie sich am nächsten sind. Um die Feinheit des Productes innerhalb gewisser Grenzen

reguliren zu können und auch wegen der allmäligen Abnutzung der Walzen hat man die Einrichtung so zu treffen, daß der Walzenabstand verändert werden kann, wozu man in der Regel die eine Walze der anderen nähert, sei es durch eine geradlinige Verschiebung ihrer Lager, oder dadurch, daß man diese Lager auf einen Hebel legt, durch dessen Drehung die beabsichtigte Näherung erzielt werden kann. Damit andererseits der Abstand der Walzen immer noch eine bestimmte Größe behält, pflegt man gleichfalls in vielen Fällen das zu dichte Zusammentreten der Walzen durch eine geeignete Vorrichtung zu verhindern. In Mahlmühlen kommen dagegen zur Auflösung der Griesse auch Walzen vor, welche fast ganz dicht zusammengehen.

Auf alle Fälle hat man dafür zu sorgen, daß der zwischen den Walzen stattfindende Druck eine bestimmte Größe nicht überschreite, besonders ist dies dann unbedingt nöthig, wenn die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß mit den zu zerkleinernden Stoffen auch fremde Körper von besonderer Härte zwischen die Walzen gelangen können. In solchem Falle stellt sich leicht der Bruch eines Theiles oder eine Beschädigung der Walzen ein, wenn man hiergegen nicht besondere Sicherheitsvorkehrungen anwendet. Es wurde schon oben hervorgehoben, daß ein Körper, welcher einmal bis zu einer gewissen Tiefe in die Walzen eingetreten ist, unter allen Umständen hindurchgeführt wird, und daß sich hieraus die Beulen erklären, welche zuweilen in Kartoffelquetschwalzen durch die zwischen dieselben gelangenden Steinchen entstehen.

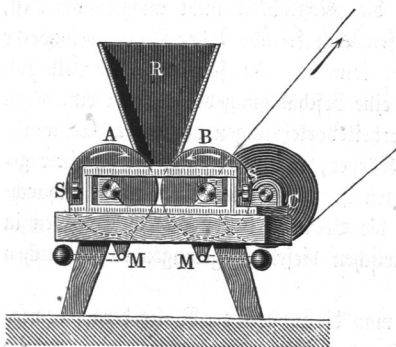
Zur Sicherung hiergegen macht man die verstellbare Walze derart beweglich, daß sie nachgiebt, sobald der Druck zwischen den Walzen eine gewisse Größe übersteigt. In früherer Zeit wandte man hierzu wohl eine Belastung durch Gewichte an, welche mittelst einer Hebelübersetzung auf die Lager der verschieblichen Walze den erforderlichen Druck ausübten. Von dieser Einrichtung, welche nur noch in älteren Delmühlen sich findet, ist man aber heute mit Recht zurückgekommen, da sie, besonders bei schnellgehenden Walzen, keineswegs die bezweckte Sicherheit gewährt. Tritt nämlich bei schnellem Gange der Walzen zwischen denselben der betreffende, ausnahmsweise große Widerstand auf, so müssen die Belastungsgewichte, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen, mit einer entsprechend großen Geschwindigkeit emporgehoben oder vielmehr geworfen werden, und hierzu gehört ein Beschleunigungsdruck, welcher die Größe der im Ruhezustande ausgeübten Belastung so weit übersteigen kann, daß dabei der Bruch eines Theiles erfolgt. Insbesondere wird diese Geschwindigkeit bei einem großen Hebelübersetzungsverhältniß beträchtlich ausfallen. Aus diesem Grunde wendet man neuerdings fast nur eine Belastung durch Federn an, welche wegen ihrer geringen Masse den besagten Uebelstand nicht darbieten. In welcher Art diese Federn

angeordnet werden, und wie man eine Regulirung des von ihnen ausgeübten Druckes erzielen kann, wird aus den folgenden Beispielen erhellen.

§. 27. **Quetschwalzen.** Nach den vorstehenden allgemeinen Bemerkungen mögen nun einige der hauptsächlichsten Anordnungen von Walzwerken zur Zerkleinerung angeführt werden.

In Fig. 67 ist zunächst eine einfache Walzenquetsche angegeben, wie dieselbe zum Zerdrücken der zuvor durch Dampf gekochten Kartoffeln in Spiritusbrennereien vielfach Verwendung findet. Die beiden gußeisernen, glatt abgedrehten Walzen *A* und *B* sind horizontal neben einander in dem Gestellrahmen gelagert, und es ist ihr gegenseitiger Abstand unveränderlich mit Hülfe der gegen ihre Lager wirkenden Schrauben *S* bestimmt.

Fig. 67.



Da hiernach ein Ausweichen der Walzen ausgeschlossen ist, so hat man dafür Sorge zu tragen, daß nicht härtere Gegenstände, wie z. B. Steine, zwischen die Walzen eingehen können, weshalb zuvor eine Entfernung solcher Gegenstände durch sogenannte Steinscheider bei dem Waschen der Kartoffeln vorgenommen zu werden pflegt. Der Antrieb erfolgt durch einen Riemen vermittelt der Vorgelegswelle *C* und zweier Zahnräder auf die eine

Walze *B*, welche durch zwei andere Zahnräder die Umdrehung der anderen Walze *A* veranlaßt. Ein Mitschleppen der zweiten Walze durch die Reibung ist in diesem Falle wegen der Größe der zu zerkleinernden Gegenstände aus den vorstehend entwickelten Gründen nicht rätlich. Die beiden Walzen erhalten fast immer gleiche Durchmesser, und da auch die Zähnezahlen der Räder gleich gewählt werden, so bewegen sich die Walzenumfänge mit gleicher Geschwindigkeit, was in dem vorliegenden Falle angemessen ist, da es hierbei nicht sowohl auf die Erzeugung von Mehl als vielmehr nur auf ein Zerdrücken der Kartoffeln ankommt. Zuweilen giebt man auch wohl dem einen Rade einen oder zwei Zähne mehr als dem anderen, lediglich aus dem Grunde, um nicht immer dieselben Zähne mit einander zusammen arbeiten zu lassen und auch eine gewisse Versetzung der mit einander zusammentreffenden Walzenteile gegen einander zu bewirken. Die Speisung dieser Walzen geschieht in der einfachsten Weise derart, daß die Kartoffeln direct aus dem darüber befindlichen Dampfasse, in welchem das Dämpfen geschah, in den