

Hiernach verhalten sich die in Betracht kommenden Beschleunigungen c beim Schleudern und c_0 beim Absetzen wie

$$c : c_0 = \omega^2 r : g$$

und man erhält schon durch eine Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{r}} = \frac{3,13}{\sqrt{r}}$$

dieselbe Beschleunigung wie bei dem Absetzen. Dies würde bei einem Halbmesser von $r = 0,1$ m einen Werth von $\omega = \frac{3,13}{\sqrt{0,1}} = 9,90$ m ergeben,

entsprechend einer Umdrehungsgeschwindigkeit von $\frac{60 \cdot 9,90}{2 \cdot \pi} = 95$ Umdrehungen in der Minute. Wenn man dagegen die Trommel minutlich mit nur 3000 Umdrehungen bewegt, wie dies bei so kleinen Halbmessern noch mäßig ist, so erhält man mit $r = 0,1$ m eine im Verhältniß

$$\left(\frac{3000 \cdot 2 \pi}{60}\right)^2 \frac{0,1}{9,81} = 1007 \text{ mal}$$

größere Beschleunigung der Absonderung, als sie durch Absetzen der Milch erreichbar ist, und es geht hieraus zur Genüge der große Vortheil des Schleuderns bei dem Aufrahmen der Milch hervor.

Der Gleichgewichtsregulator. Wenn die Trommel einer Schleudermaschine einschließlich aller mit der Axe rotirenden Theile genau in der Form eines Umdrehungskörpers ausgeführt und die Masse überall durchaus homogen angeordnet ist, eine Bedingung, welche bei allen guten Schleudermaschinen so weit möglich erfüllt sein wird, so heben sich alle in den einzelnen Theilen durch die Umdrehung hervorgerufenen Fliehkräfte gegenseitig auf, so daß auf die Axe durch diese Fliehkräfte keinerlei Wirkung ausgeübt wird, dieselbe also auch einem Zwange oder einer Pressung in ihren Unterstüzungen nicht unterworfen ist, mit Ausnahme derjenigen Pressungen, welche etwa durch die einseitige Wirkung der die Bewegung übertragenden Mittel, Riemen, Räder z., hervorgerufen worden. Dies geht aus dem in Th. I über die Centrifugalkraft starrer Körper und insbesondere über die sogenannten freien Axen derselben Gesagten hervor, woselbst gezeigt wurde, daß für jeden homogenen Umdrehungskörper seine geometrische Axe eine freie Axe sein muß. Es wurde daselbst u. a. gefunden, daß jede freie Axe durch den Schwerpunkt hindurchgehen, und daß für dieselbe außerdem den beiden Bedingungen genügt werden muß:

$$\sum m x z = 0, \quad \sum m y z = 0,$$

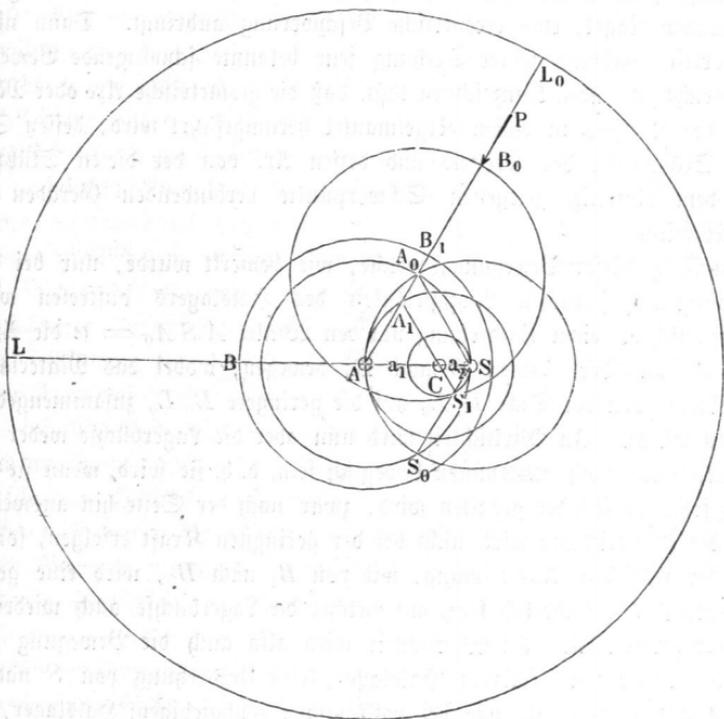
wenn m irgend ein Massentheilchen bedeutet und x, y, z seine Coordinaten für ein rechtwinkeliges Coordinatensystem vorstellen. In Folge dieser Eigenschaft genügt es, die Aze der Centrifuge einfach durch ein Spurlager zu unterstützen oder, wie in Fig. 477, in einem Punkte aufzuhängen, vorausgesetzt, daß auch der Riemenzug durch diesen Festpunkt aufgenommen wird; einer zweiten Führung durch ein Halslager bedarf die Aze der Trommel in diesem Falle ebenso wenig, wie eine solche Führung für die Aze eines auf einer horizontalen Platte sich drehenden Kreisels erforderlich ist. Daß eine besondere Halslagerführung der Aze in dem Falle nöthig wird, wo der Zug des treibenden Riemens nicht unmittelbar durch das Spurlager aufgenommen wird, ist selbstverständlich, ebenso wie sich in solchem Falle eine durch den Riemenzug erzeugte Pressung im Halslager ergibt, deren Größe gefunden wird, sobald man die Riemenkraft in ihre beiden, im Spurlager und im Halslager, zur Wirkung kommenden Componenten zerlegt. Da diese Pressung dann beständig nach derselben Richtung wirksam ist, so wird sie im Allgemeinen einen unruhigen Gang der Aze nicht veranlassen.

Die vorstehend für den leeren Schleuderkorb gemachten Angaben behalten auch noch ihre Gültigkeit, wenn der Korb in solcher Weise beladen wird, daß die geschleuderte Masse rings um die Aze gleichförmig vertheilt ist, so daß auch der Schwerpunkt der beladenen Trommel noch in der geometrischen Aze der Welle gelegen ist. Diese Bedingung wird erfüllt sein, wenn die geschleuderte Masse flüssig oder doch hinreichend beweglich ist, um sich selbstthätig bei der Umdrehung so zu vertheilen, daß die innere Begrenzung der Masse die Gestalt der der Umdrehung zugehörigen paraboloidischen Niveaufläche annimmt. Es wird daher z. B. bei Milchschleudern auch im beladenen Zustande ein ruhiger Gang sich einstellen, wenn die Trommel der zuerst geforderten Bedingung genügt, wonach sie einen überall gleichmäßigen Umdrehungskörper vorstellt.

Wenn dagegen die in die Trommel gebrachte Masse jene vorausgesetzte Beweglichkeit nicht besitzt, z. B. wenn dieselbe durch Zeugstücke oder die zum Decken angewandten, mit Zuckermaße gefüllten eisernen Formen gebildet wird, so ist im Allgemeinen eine ganz gleichmäßige Vertheilung der Masse um die Aze nicht anzunehmen, und es wird daher der Schwerpunkt der beladenen Trommel um einen gewissen Betrag außerhalb der geometrischen Aze der Trommelwelle gelegen sein. Die Mittellinie der Welle hört damit auf, eine freie Aze zu sein, d. h. die Fliehkräfte aller Massentheilchen heben sich nicht mehr gegenseitig auf, sondern sie ergeben zusammen eine resultirende Fliehkraft und ein resultirendes Kräftepaar. Da sowohl die Richtung dieser resultirenden Fliehkraft wie auch die Ebene des resultirenden Kräftepaares in Folge der Drehung einer fortwährenden schnellen Veränderung ausgesetzt ist, so erklärt sich hieraus der in allen solchen Fällen zu beobachtende un-

ruhige Gang der Maschine, welcher in dem Maße stärker hervortritt, wie die Umdrehungsgeschwindigkeit größer ist, und welcher bis zu solchem Grade wachsen kann, daß eine Zerstörung der ganzen Maschine damit verbunden ist. Um diese Uebelstände möglichst zu beseitigen, hat man das Halslager der Trommel derartig durch Federn unterstützt, daß dasselbe nach jeder Richtung hin in gewissem Betrage ausweichen kann, wie dies bei Besprechung der durch die Fig. 478 und 479 erläuterten Beispiele angeführt wurde. Um sich von der Wirkungsart eines nachgiebigen Halslagers Rechenschaft zu geben, kann man folgende Betrachtung anstellen.

Fig. 490.



Es sei A , Fig. 490, die geometrische Ase und BA der Halszapfen der Trommelwelle und es möge L die Lagerbüchse dieses Zapfens vorstellen, welche zunächst aus starrem und nicht zusammendrückbarem Materiale bestehend und unwandelbar fest mit dem Maschinengestelle verbunden gedacht werde. Wenn dann durch eine einseitige Beladung des Korbes der Schwerpunkt desselben aus der Mitte A heraustritt und etwa nach S im Abstände $SA = a$ von A fällt, so muß bei der als vollkommen starr gedachten Lagerung dieser Schwerpunkt bei der Umdrehung des Schlenkerkorbes sich in dem Kreise SS_0 um A bewegen, und es werden die erwähnten Erschütterungen sich einstellen.

Denkt man sich nun aber im Gegensatz hierzu das Material der Lagerbüchse L als vollkommen elastisch, so daß dasselbe dem geringsten einseitigen Drucke nachgiebt, so kann man sich die Schleudrerwelle wie die Aze eines Kreifels vollkommen frei vorstellen, und es wird in Folge dessen der Schleuderkorb mit seiner Welle sich nun nicht um deren geometrische Aze A , sondern vielmehr um eine durch den Schwerpunkt S hindurchgehende freie Aze drehen, in Folge welcher Bewegung der Mittelpunkt A in einem Kreife AA_0 um die Schwerpunktsaze herumgeführt wird. Man kann sich von diesem Vorgange mittelst jedes gewöhnlichen Kreifels eine Anschauung verschaffen, wenn man an demselben, etwa durch einen am Umfange eingetriebenen Nagel, eine excentrische Beschwerung anbringt. Dann nimmt der Kreifel während seiner Drehung jene bekannte schwingende Bewegung an, welche sich dahin kennzeichnen läßt, daß die geometrische Aze oder Mittellinie des Kreifels in einem Kegelmantel herumgeführt wird, dessen Spitze vom Stützpunkte des Kreifels und dessen Aze von der diesen Stützpunkt mit dem einseitig gelegenen Schwerpunkte verbindenden Geraden dargestellt wird.

In Folge dieser Bewegung, welche, wie bemerkt wurde, nur bei einer vollkommenen seitlichen Nachgiebigkeit des Halslagers auftreten würde, müßten sich bei einer Umdrehung um den Winkel $ASA_0 = \alpha$ die Aze A nach A_0 und der Zapfen B nach B_0 bewegen, wobei das Material der Lagerbüchse von der Dicke B_1L_0 auf die geringere B_0L_0 zusammengedrückt werden würde. In Wirklichkeit wird nun aber die Lagerbüchse weder vollkommen starr, noch vollkommen beweglich sein, d. h. sie wird, wenn sie etwa durch federnde Bänder gehalten wird, zwar nach der Seite hin ausweichen, aber die Ausweichung wird nicht bei der geringsten Kraft erfolgen, sondern zu jeder seitlichen Ausweichung, wie von B_1 nach B_0 , wird eine gewisse Seitenkraft P erforderlich sein, mit welcher die Lagerbüchse auch wieder auf die Aze zurückwirkt. In Wirklichkeit wird also auch die Bewegung nicht, wie bei vollkommen starrem Halslager, eine Umdrehung von S nach S_0 um A und auch nicht, wie bei vollkommen nachgiebigem Halslager, eine Umdrehung von A nach A_0 um S vorstellen, sondern die Bewegung wird eine zwischen diesen beiden äußersten Grenzfällen liegende Drehung um irgend einen Punkt C zwischen A und S sein, der zufolge A nach A_1 und S nach S_1 sich bewegt. Es ist ersichtlich, daß der Abstand $AC = a_1$ dieses Drehungsmittelpunktes von der geometrischen Aze A um so größer ausfallen wird, je größer die Nachgiebigkeit des elastischen Halslagers ist, und daß also in gleichem Maße $SC = a_2 = a - a_1$ um so geringer wird, d. h. daß die thatsächliche Drehaxe sich um so mehr der sogenannten freien Aze nähert, für welche aus den Fliehkräften der einzelnen Massentheile keine Wirkungen entstehen. Man hat stets

$a_1 + a_2 = a$ und für ein vollkommen starres Lager $a_1 = 0$; $a_2 = a$; während einem vollkommen nachgiebigen Lager $a_1 = a$; $a_2 = 0$ entsprechen würde.

Aus den vorstehenden Betrachtungen ergibt sich, daß man durch die elastische Lagerung der Korbwelle die aus einer einseitigen Belastung derselben folgenden Einwirkungen zwar mildern, niemals aber ganz aufheben kann, und daß der beruhigende Einfluß unter sonst gleichen Umständen um so größer sein wird, je größer die Nachgiebigkeit des Lagers, d. h. die bei einer bestimmten Seitenkraft auftretende seitliche Verschiebung ist. Lange Zugfedern werden daher in dieser Beziehung besser wirken als kurze, die geringste Wirkung wird von einer die metallene Lagerbüchse umgebenden Gummihülse zu erwarten sein.

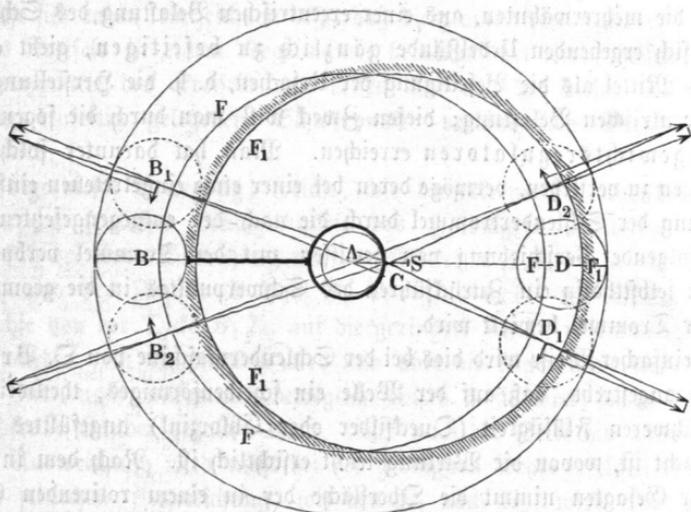
Um die mehrerwähnten, aus einer excentrischen Belastung des Schleuderkorbes sich ergebenden Uebelstände gänzlich zu beseitigen, giebt es kein anderes Mittel als die Beseitigung der Ursachen, d. h. die Herstellung einer genau centrischen Belastung; diesen Zweck will man durch die sogenannten Gleichgewichtsregulatoren erreichen. Man hat darunter solche Einrichtungen zu verstehen, vermöge deren bei einer etwa eingetretenen einseitigen Belastung der Schleudertrommel durch die nach der entgegengesetzten Seite hin erfolgende Verschiebung von gewissen mit der Trommel verbundenen Massen selbstthätig ein Zurückführen des Schwerpunktes in die geometrische Aze der Trommel bewirkt wird.

In einfacher Weise wird dies bei der Schleudermaschine von D. Braun¹⁾ dadurch angestrebt, daß auf der Welle ein scheibenförmiges, theilweise mit einer schweren Flüssigkeit (Quecksilber oder Chlorzink) angefülltes Gefäß angebracht ist, wovon die Wirkung leicht ersichtlich ist. Nach dem in Th. I hierüber Gesagten nimmt die Oberfläche der in einem rotirenden Gefäße enthaltenen Flüssigkeit die Gestalt eines Rotationsparaboloids an, dessen Aze mit der Umdrehungsaxe der Flüssigkeit übereinstimmt. Demnach wird der Durchschnitt durch die hier zur Verwendung gebrachte Flüssigkeit durch einen Kreis wie FF , Fig. 491 (a. f. S.), dargestellt sein, dessen Mitte in die geometrische Aze A der Trommelwelle fällt, so lange thatsächlich die Umdrehung des Korbes um diese Aze erfolgt, d. h. also, so lange entweder die Belastung des Korbes genau centrisch oder die Lagerung der Welle vollkommen starr ist. Sobald jedoch der Schwerpunkt der beladenen Trommel einseitig, etwa in S gelegen ist, wird, wenn das Halslager nachgiebig ist, nach dem Vorstehenden eine Umdrehung des Korbes um eine zwischen A und S , etwa in C gelegene Aze sich einstellen, in Folge deren nunmehr der um C beschriebene Kreis $F_1 F_1$ den Durchschnitt durch das

1) D. R.-P. Nr. 7389.

Flüssigkeitsparaboloid bildet. Man ersieht hieraus, wie die Verlegung der Drehungsaxe von A in der Richtung nach dem Schwerpunkte S hin sofort eine Anhäufung der Flüssigkeit nach dem diametral gegenüber liegenden Punkte des Gefäßumfanges zur Folge haben muß, und es findet bei hinreichender Masse der angewandten Flüssigkeit hierdurch eine Ausgleichung statt, der zufolge der Schwerpunkt wieder in die Axe A hineinfällt. Es ist auch ersichtlich, daß auf diese Wirkung nicht zu rechnen ist, wenn das Halslager nicht nachgiebig ausgeführt ist, weil dann stets, auch bei excentrischer Belastung des Korbes, die Drehung desselben um die Mittellinie der Welle erfolgen, folglich auch die Flüssigkeit durch den zu A concentrischen Kreis FF begrenzt sein muß.

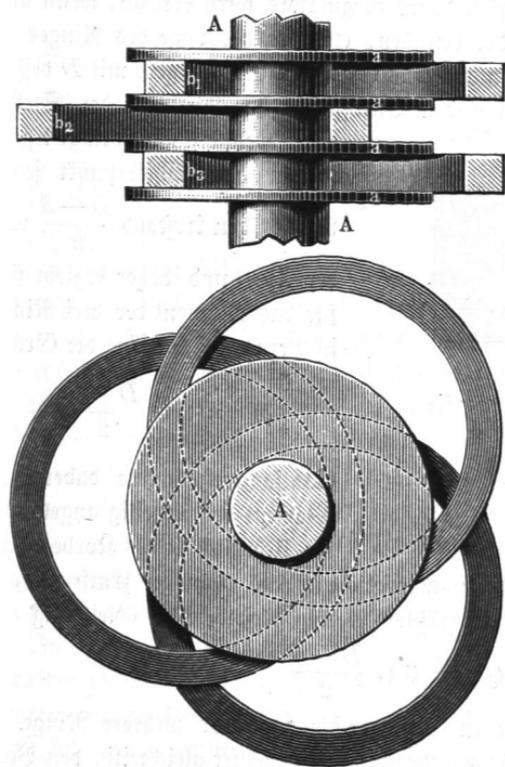
Fig. 491.



Man könnte auch anstatt einer Flüssigkeit feste, leicht bewegliche Körper, z. B. Kugeln, verwenden, welche in dem betreffenden Gefäße befindlich, in Folge der Fliehkraft sich mit bestimmtem Drucke gegen den Umfang des Gefäßes anlegen. So lange hierbei die Drehung um die Mittellinie in A erfolgt, wird eine solche Kugel an jeder beliebigen Stelle des Umfanges in relativer Ruhe verharren können, da an jeder Stelle der Umfang mit einer radial nach innen gerichteten Pressung der nach außen wirkenden Fliehkraft das Gleichgewicht hält. Wenn indessen die Drehung in Folge einer einseitigen Ladung des Korbes um die Axe C erfolgt, so kann eine derartige Kugel nur in den beiden Endpunkten B und D des durch S gelegten Durchmesser im Gleichgewichte sein, da nur an diesen Punkten die in der Richtung von C aus wirkende Fliehkraft senkrecht auf dem Umfange des Gefäßes steht. Es ist auch leicht einzusehen, daß die Lage in D dem Zustande des

labilen Gleichgewichts entspricht, denn bei der geringsten Entfernung der Kugel von D , etwa nach D_1 oder D_2 , ergibt die in der Richtung CD_1 oder CD_2 wirkende Fliehkraft bei rechtwinkliger Zerlegung eine nach dem Umfange gerichtete Seitenkraft, welche die Kugel von D zu entfernen strebt, so daß dieselbe erst in dem Punkte B zur Ruhe kommen kann, welcher, wie sich aus der Figur ebenso ergibt, einer stabilen Gleichgewichtslage entspricht. Hieraus folgt, daß die in dem betreffenden Gefäße enthaltenen beweglichen Massen bei einer einseitigen Belastung des Korbes nach der dem Schwer-

Fig. 492.



punkte entgegengesetzten Seite getrieben werden, so daß dadurch die beabsichtigte Ausgleichung erfolgen kann.

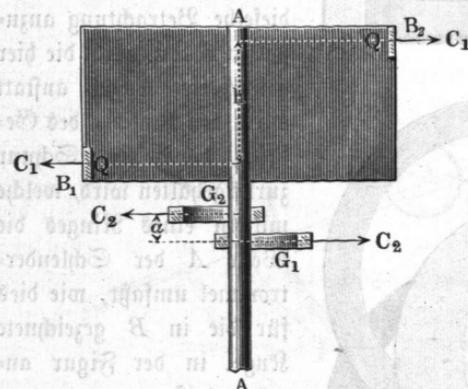
Man wird offenbar dieselbe Betrachtung anzustellen haben, wenn die hier betrachtete Kugel anstatt durch den Umfang des Gefäßes durch eine Schnur zurückgehalten wird, welche mittelst eines Ringes die Welle A der Schleudertrommel umfaßt, wie dies für die in B gezeichnete Kugel in der Figur angedeutet ist.

Hierauf beruht der von Fesca angewandte, gelegentlich der durch Fig. 479 dargestellten Schleudermaschine erwähnte Gleichgewichtsregulator.

Hierbei sind die zur Ausgleichung dienenden Massen in der Form dreier Ringe b_1, b_2, b_3 , Fig. 492, ausgeführt, welche die Welle A umfassen und zwischen den auf der letzteren befestigten Scheiben a verschieblich sind. Vermöge der Reibung zwischen diesen Scheiben und den auf ihnen ruhenden Ringen werden die letzteren veranlaßt, an der Umdrehung der Axe sich zu betheiligen, und es ist aus dem Vorhergegangenen ersichtlich, wie bei der Verschieblichkeit dieser Ringe jeder derselben sich immer so zu stellen strebt, daß der aus der Axe herausgetretene Schwerpunkt in dieselbe zurück verlegt wird. Für den Fall, daß der Korb genau centrisch beladen ist, der Schwer-

punkt also in die Mittellinie der Welle hineinfällt, werden die Ringe sich ebenfalls gleichmäßig um die Welle lagern, d. h. unter 120° gegen einander versetzt sein, denn bei jeder anderen Lage der Ringe würde der gemeinsame Schwerpunkt derselben außerhalb der Axe gelegen sein, und in Folge davon müßte eine Verschiebung der Ringe so lange eintreten, bis die centrische Schwerpunktslage erreicht wäre, was bei gleicher Größe der Ringe eine Versetzung derselben gegen einander um 120° bedingt. Selbstredend wird diese Lage durch eine einseitige Ladung des Korbes gestört, indem die Ringe sich mehr nach der dem Schwerpunkte gegenüber liegenden Seite zusammenziehen. Die Grenze für die Wirksamkeit dieses Regulators wird erreicht, wenn alle Ringe sich genau über einander befinden, etwa in der Lage des Ringes b_2 der Figur. Bezeichnet man mit G das Gewicht eines Ringes, mit D dessen inneren Durchmesser und mit d den Durchmesser der Welle an der Stelle, gegen welche sich die Ringe legen,

Fig. 493.



so hat der Schwerpunkt jedes Ringes den Abstand $\frac{D-d}{2}$ von der Axe, und daher ergibt sich für das Moment der drei Ringe in Bezug auf die Axe die Größe

$$M = 3G \frac{D-d}{2}.$$

Ebenso groß könnte daher das Moment der einseitig angebrachten Ueberlast Q des Korbes sein,

so daß man, wenn eine solche unausgeglichene Last Q in der Entfernung l von der Mitte auftritt, für den größten Betrag derselben die Gleichung

$$Ql = 3G \frac{D-d}{2}$$

hat. Daß bei dem besprochenen Gleichgewichtsregulator mehrere Ringe in verschiedenen Horizontalebene angebracht sind, gewährt gleichzeitig den Vortheil, eine Ausgleichung bis zu gewissem Grade auch für den Fall zu ermöglichen, daß die in dem Korbe enthaltenen Massen in verticaler Richtung ungleichmäßig vertheilt sind, wie man dies aus Fig. 493 erkennen kann.

Stellt hierin AA die Axe eines Schlenkerkorbes vor, für welchen alle Massen so gleichförmig um die Axe vertheilt sind, wie bei einem genauen und vollkommen homogenen Umdrehungskörper und man denkt in B_1 und B_2 an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen zwei gleich große Massen Q angebracht, so wird dadurch der Schwerpunkt nicht aus der Mitte herausgerückt. Wenn jedoch diese Massen in verschiedenen, um die Höhe h von

einander entfernten Horizontalebeneu gelegen sind, so bilden die Centrifugalkräfte C_1 dieser Massen ein Kräftepaar mit dem Momente $C_1 h$, welches die Aze rechts zu drehen strebt. Diesem Kräftepaare wird durch die Ringe G_1 und G_2 entgegengewirkt werden, sobald dieselben die in der Figur gezeichnete Lage annehmen, für welche das Moment der Centrifugalkräfte C_2 dieser Massen die Größe $C_2 a$ hat, und eine Drehung der Aze nach links angestrebt wird.

Diese sogenannten Gleichgewichtsregulatoren haben sich gut bewährt und sind aus oben angeführten Gründen hauptsächlich bei den Schleudermaschinen erforderlich, welche zum Decken der Zuckerbrode verwendet werden.

Waschmaschinen. Die Waschmaschinen dienen zur Absonderung der den zu behandelnden Stoffen anhaftenden oder ihnen beigemengten Verunreinigungen unter Zuhilfenahme von Wasser. Das letztere hat dabei in einzelnen Fällen, z. B. bei dem Waschen von Kartoffeln, Rüben u. dergl., wesentlich nur den Zweck, eine Erweichung der anhaftenden erdigen Verunreinigungen zu bewirken, um die letzteren leichter absondern und durch die darüber fließende Flüssigkeit fortspülen zu können; in diesen Fällen handelt es sich hauptsächlich darum, die Gegenstände vielfach gegen einander oder gegen einzelne Theile der Maschine zu stoßen, bezw. sich an einander reiben zu lassen und für einen stetigen Zufluß reinen Wassers zum Fortspülen der abgeriebenen Verunreinigungen zu sorgen. Die Wirkung der einzelnen Theile gegen einander hat dabei selbstverständlich nur mit einer mäßigen Pressung zu erfolgen, um ein Zerdrücken oder Beschädigen des Waschgutes zu vermeiden, und die Behälter oder Gefäße, in denen das Waschen geschieht, sind mit entsprechenden Durchbrechungen zu versehen, welche den abgesonderten Theilen und der Waschflüssigkeit den Durchgang gestatten, die gewaschenen Theile dagegen zurückhalten.

In anderen Fällen, wie z. B. bei dem Waschen von Geweben und Kleidungsstücken, soll das Waschwasser die in den Stoffen enthaltenen Verunreinigungen lösen oder in Form einer Emulsion ausziehen, und es handelt sich dabei meistens um Anwendung eines größeren Druckes, um die Waschflüssigkeit möglichst mit allen Theilen im Inneren der Stoffe in Berührung zu bringen und durch eine drückende oder knetende Bewegung daraus zu entfernen. Siebförmig durchbrochene Behälter sind hierbei in der Regel nicht erforderlich, insofern die gewebten Stoffe an sich schon nach Art von Sieben wirken, indem sie der Flüssigkeit den Durchgang durch die Zwischenräume zwischen den Fäden und Fasern gestatten.

Dagegen kommt das Waschen im Wesentlichen auf ein Durchsieben oder =siehen in allen denjenigen Fällen hinaus, wo die zu reinigenden Stoffe in fein vertheiltem Zustande in einer Flüssigkeit schwimmen, von