

Zeitschrift für angewandte Chemie

34. Jahrgang S. 25—32

Aufsatzeil und Vereinsnachrichten

25. Januar 1921

Die Kolloidmühle und ihre Verwendung für die chemische Großtechnik.

Von Oberingenieur BERTHOLD BLOCK, Charlottenburg.

(Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker am 11. September 1920 in Hannover in der Fachgruppe f. chem. Apparatewesen.)

Meine Damen und Herren!

Ich habe heute die Ehre, Ihnen über einen neuen Erfolg auf dem Gebiet der Herstellung von Dispersoiden, kolloidalen Natur, auf mechanischem Wege zu berichten.

Es war bisher noch nicht gelungen, die bewußte praktische großtechnische Herstellung von Kolloiden auf die gewünschte Höhe zu bringen.

Es waren dann insbesondere große Schwierigkeiten vorhanden, wenn es sich um die großtechnische Herstellung von Kolloiden aus solchen Stoffen handelte, welche selbst eigentlich keine Kolloide waren und nun in solchen Zustand übergeführt werden sollten.

Die bis heute bekannten Methoden der Herstellung solcher Kolloide können in folgende 2 Hauptgruppen geteilt werden:

1. Kondensationsmethoden,
2. Dispersionsmethoden.

Nach der ersten Methode geht man von Stoffen aus, deren Teilchengröße kleiner ist als die zu erzielenden Kolloidpartikelchen.

Auf diese Weise können nicht alle Stoffe dispergiert werden. Man hat auch besonders große Schwierigkeiten, die dabei gebildeten Umsetzungsprodukte vom Kolloid zu entfernen.

Nach der zweiten, der sogen. Dispersionsmethode, können statt molekularer Lösungen die groben Ausgangsstoffe, wie sie im Handel sind, gegebenenfalls unter Vorzerkleinerung angewendet werden.

Vielfach hat die Dispergierung durch geeignete Lösungsmittel im großen Verwendung gefunden. Alle andern Methoden werden aber nur in einzelnen Fällen angewendet. Es war bisher nicht möglich, ein solches Dispergierungsmittel zu finden, welches nicht nur Kautschuk, Harze, Zellulose, Ester (Kollodium), sowie auch feste Stoffe wie Erdfarben, Graphit, Kohle, Talkum, Zellstoff usw. gleichfalls dispergiert. Noch weniger war es möglich, vorauszusehen, daß Wasser für solche Stoffe in den meisten Fällen als billigstes Dispergierungsmittel für diese Zwecke verwendbar sein könnte.

Es ist nun ein neues Dispersionsverfahren durch den Direktor von H. Otto Plausons Forschungslaboratorium (jetzt „Plausons Forschungslaboratorium“), Herrn Ing. Technol. Hermann Plauson ausgearbeitet.

Dies erlaubt auf dem Kolloidgebiet, in der Hauptsache mit alten bekannten Mitteln, aber ausgerüstet mit den neuesten Erfahrungen der Kolloidchemie in einfachster Weise dem Programm der großtechnischen Herstellung von Kolloiden näherzutreten, gegebenenfalls aber auch zu lösen. Dieser Weg ist durch Anwendung der mechanischen Dispergierung mit geeigneten Dispergierungsmitteln unter strenger Beobachtung aller kolloidchemischen Gesetze begehbar.

Durch Anwendung des neuen Prinzips ist es möglich, bei entsprechender Auswahl der Dispergierungsmittel oder Dispergierungsmittel, wie unter Anwendung geeigneter kolloidaler Schutzmittel die verschiedensten Stoffe in früher nicht bekannten kolloidalen Zustand zu bringen. Dies geschieht in technisch vorteilhafter Weise, wenn dabei die bisher bekannt gewordenen kolloidchemischen Erscheinungen und Gesetze in richtiger Weise beachtet und angewendet werden.

Es ist unter diesen Umständen möglich, Harze nach Plauson mit nicht löslichen Dispergierungsmitteln, z. B. Wasser in den kolloidalen Zustand überzuführen. Das gleiche ist möglich mit Kohle, Graphit, Farberden, Zellstoff u. dgl. Also auch Stoffe, die sonst schwer in den kolloidalen Zustand übergeführt werden können, lassen sich in Wasser oder in anderen Dispersionsmitteln durch entsprechende Zusätze weitestgehend in den kolloidalen Zustand überführen.

Ich habe die nebenstehende Zusammenstellung angefertigt, die einen guten Überblick über die Größenverhältnisse der in der Technik vorkommenden Körper gibt. Natürlich sind zwischen den einzelnen Abteilungen keine so scharfen Grenzen vorhanden, wie dies die Zusammenstellung angibt. In Wirklichkeit bestehen zwischen den verschiedenen Gruppen Übergänge. Sie greifen bei den groben Stücken genau so ineinander, wie es keine scharfen Grenzen zwischen Kies und Sand, zwischen Schlamm und Kolloid und Kolloid und molekularer Lösung gibt. (Siehe nebenstehende Tabelle.)

Auf der Zusammenstellung habe ich auch die bisher üblichen Zerkleinerungsvorrichtungen angegeben, die erreichbare Grenze der Zerkleinerung lag bei $1\text{ }\mu$.

Die einfachste Zerkleinerungsart ist die, daß man einen Körper aus so großer Höhe herabfallen läßt, daß er beim Aufprallen auf eine harte Unterlage zerschellt. Beim Fallen nimmt der Körper durch die Endbeschleunigung eine gewisse Fallgeschwindigkeit an. Die so ge-

Gattung	Einzelbezeichnung	mm	Körperliche Größe		Sichtbarkeit	Zerkleinerung erfolgt durch	Trennung erfolgt durch	
			$\mu =$	$\frac{1}{1000} \text{ mm}$				
1	Bruchstücke	Rohlinge	600—100		Lau-	Ma-	Vor-	
2	Stockerze „ Kohle	Faustgröße Würfelgröße	100 80 40		fen	kro-	Stein-	
3	Stoffen- erze	Grobkorn Nüsse Grobschrot	60 40 16		nicht	sko-	brecher Siebe	
4	Kies	Kandis Haselnuß Erbsgröße Graupen	20 10 3		durch	pisch	Walz- werk	
5	Sande	Gries Filtersand Regentropfen Modellsand Staubsand	4 3 2 1 0,5	$4000\text{ }\mu$ $3000\text{ }\mu$ $2000\text{ }\mu$ $1000\text{ }\mu$ $500\text{ }\mu$	lches	mit blos-	Schro- ter	
6	Mehle und Schlick	Kristall- zucker	0,5 bis 0,25	$500\text{ }\mu$ trier- bis $250\text{ }\mu$	wohn- pa-	sem bar	Koller- gänge Kugel- mühlen Tücher	
7	Schlamm mechan. Zerteilg.	Maisstärke Kart.-stärke Mehlpuder Feinschmirg. Menschl. Blutkörperch. Reisstärke Ultramarinbl. Flammenruß Staub	0,25 0,15 0,05 0,033 0,011 0,007 0,003 0,002 0,001 0,001	$250\text{ }\mu$ $150\text{ }\mu$ $50\text{ }\mu$ $33\text{ }\mu$ $11\text{ }\mu$ $7\text{ }\mu$ $3\text{ }\mu$ $2\text{ }\mu$ $1\text{ }\mu$ $1\text{ }\mu$	pier	Mi- kro- sko- pisch auf- lös- bar	Schlamm- sleuder Grenze für feinst. ge- bärt. Fil- trierpap.v. Schleicher u. Schüll. Nr. 602	
8	Kolloide	Gel = zälig Kolloidale Lösung = Sol, gallerartig, nicht kristallinisch. Eigenschwingung = Brownsche Bewegung		0,001 0,0001 0,00001 0,000001	$1\text{ }\mu$ durch bis auf $0,1\text{ }\mu$	Lau- fen durch Fil- trier- pa-	Gren- ze für Ultra- mi- kro- skop. Mi- kro- sko- pisch nicht auf-	Plau- son- sche Kol- loid- mühle Filterpap. mit Kollo- dium nach W. Ostwald verdichtet.
9	Molekulare echte Lösungen diffundier- und dialysierbar. z. B. Zucker in Wasser Naphthalin in Benzol	unter 0,00001 0,000005 Stärkemolekül 0,000001 Wasserstoff- molekül	$0,01\text{ }\mu$ $0,005\text{ }\mu$ $0,001\text{ }\mu$ bier. $= 1\mu\mu$			lös- bar.	bisher nicht durch Filtern ge- trennt. Gelöstes Kochsalz läuft glatt durch	

bildete lebendige Kraft L ist das Produkt aus der halben Masse mal dem Quadrat der Geschwindigkeit $L = m = \frac{m}{2} \cdot v^2$. Die Wucht wächst also mit v^2 .

Die Endgeschwindigkeit wird im luftleeren Raum um so größer, je größer die Fallhöhe ist. Nach der bekannten Formel ist die Endgeschwindigkeit $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.

Hierin ist g die Endbeschleunigung gleich 9,81 m in der Sekunde und h die Fallhöhe in m.

Übersteigt die lebendige Kraft L die Wucht, die im Körper durch die Endgeschwindigkeit und seine Eigenmasse aufgespeichert ist, den zur Überwindung seiner Festigkeit erforderlichen Arbeitsaufwand, so tritt beim Aufprallen die Zertrümmerung ein. Nach Versuchen von Kick wird z. B. die Zertrümmerung einer Gußeisenkugel von 1 kg Gewicht beim Fall aus einer Höhe von 200 m erfolgen.

Nach der Formel ergibt sich dann im luftleeren Raum eine Endgeschwindigkeit von $v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 200} = 62$ m/Sek. Bei einer gleichschweren Quarzkugel genügt eine Fallhöhe von 40 m, wobei diese Kugel eine Endgeschwindigkeit von 28 m annimmt. Dann ist beim Auftreffen in der Kugel die erforderliche lebendige Kraft L aufgespeichert, die größer als die innere und äußere Formänderungsarbeit ist. Diese werden überwunden und der Körper zertrümmt.

Da das Gewicht des Körpers jeweils gegeben ist, so können wir die erforderliche lebendige Kraft L nur durch entsprechende Erhöhung der Eigengeschwindigkeit erlangen. Dem steht der Luftwiderstand entgegen. Der die Geschwindigkeit verminderte Luftwiderstand macht sich um so unangenehmer bemerkbar, je kleiner der Körper ist und je geringer sein spezifisches Gewicht. Wenn man auch durch Herabfallen einer Gußeisenkugel vom Kölner Dom deren Zerschelling erreichen kann, so gelingt dies doch nicht mehr z. B. mit einem Getreidekorn. Dies wird infolge des Luftwiderstandes so langsam fallen, daß die Endgeschwindigkeit so gering ist, daß ein Zerbrechen beim Auftreffen auf dem Erdboden nicht erfolgt. Das Weizenkorn fällt mit 14 m in der Sekunde gleichmäßig schnell. Sand würde ebenfalls so langsam fallen, daß er nicht zerschellt, Staub würde überhaupt nicht gerade herunterfallen, sondern im Winde schwabend fortgetragen. Ein Gummiball wird durch die Elastizität seiner Moleküle zurückgeschleudert, sie weichen elastisch aus, so daß der größte Teil der Energie hierfür aufgebraucht wird und der Rest nicht mehr genügt, um den Ball zu zertrümmern, um die innere Formänderungsarbeit zu leisten.

Wie sind die Widerstände, die sich dem freien Fall eines Körpers entgegenstellen?

Der Druck, den ein unbegrenzter Flüssigkeitsstrom auf eine ebene, zu seiner Richtung senkrechten Fläche ausübt, ist

$$P = \zeta \cdot \gamma_1 \cdot F \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

In dieser Formel bedeutet:

ζ einen Erfahrungswert, der von Reibungswiderstand zwischen der bewegten Fläche und dem Flüssigkeitsstrom abhängig ist, sowie von der Zähigkeit der Flüssigkeit,
 γ_1 das spezifische Gewicht der Flüssigkeit (Gewicht eines Liters in kg),
 F die zum Flüssigkeitsstrom senkrechte Fläche in qm des Körpers,
 v die Geschwindigkeit des Flüssigkeits- oder Gasstromes in m/Sek.,
 g die Endbeschleunigung gleich 9,81 m/Sek.

Die Fallgeschwindigkeit wird durch das Gewicht des Körpers veranlaßt, vermindert um das Gewicht der von ihm durch seinen Raum V verdrängten Flüssigkeit oder Luftmenge. Es herrscht also Gleichgewicht. Der Körper bewegt sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit in der Flüssigkeit, wenn

$$P = V(\gamma_2 - \gamma_1) \quad (2)$$

Darin ist γ_2 das spezifische Gewicht des fallenden Körpers, somit sein Gewicht

$$G = V \cdot \gamma_2$$

Aus beiden Formeln ergibt sich:

$$\zeta \cdot \gamma_1 \cdot F \cdot \frac{v^2}{2g} = V(\gamma_2 - \gamma_1) \quad (3)$$

und daraus die Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{\frac{V(\gamma_2 - \gamma_1) \cdot 2g}{\zeta \cdot \gamma_1 \cdot F}} \quad (4)$$

v ist die gleichbleibende Fallgeschwindigkeit, die der fallende Körper in dem Luftstrom annimmt. Es ist hierbei gleichgültig, ob die Luft stillsteht und der Körper fällt, oder ob dieser stillsteht und die Luft sich ihm entgegenbewegt.

Mit der Kleinheit nimmt somit die Geschwindigkeit ab. Das einzelne Körpchen wird so wenig kräftig anprallen, daß es nicht zertrümmt wird.

Größere Geschwindigkeiten würden die Körper annehmen, wenn man sie in geschlossenen Massen fallen läßt, um den Luftwiderstand zu vermindern. Wir können dies am geschlossenen Wasserstrahl der Feuerspritzen und z. B. bei der Gewinnung von goldhaltigen Sanden nach dem Abspritzverfahren beobachten. Der geschlossene Strahl nimmt eine große Geschwindigkeit an und wirkt zerkleinernd, während einzelne Tropfen einfach seitlich abfliegen würden ohne nennenswerte Kraftübertragung. Immerhin gelingt es auch hiermit nicht, weitgehende Zerkleinerungen zu erreichen. Es mißlang deshalb auch der Versuch des Amerikaners Shrapnell (dem Sohn des Erfinders der Shrapnellgeschosse), goldhaltige Quarze durch Schießen gegen Panzerplatten genügend zu zerkleinern. — Auch das Werfen des zu zerkleinernden Gutes durch Dampf oder Luft mit 50 und mehr Atm. Spannung brachte keinen Erfolg. — Erst als man dazu überging, die

Schleuderkraft für die Zerkleinerung nutzbar zu machen, erreichte man bessere Ergebnisse.

Im Bilde wird eine sog. Schleudermühle mit Schlagarmen gezeigt. In einem kräftigen eisernen Gehäuse dreht sich ein Armkreuz mit 800 — 2000 Umdrehungen in der Minute. Das Arbeitsgut wird in der Mitte zugeführt, die Arme nehmen das Gut mit, sollen ihm seine Geschwindigkeit erteilen, und es gegen einen Rost schleudern, wodurch die Körper zersplittern sollen. Die Umfangsgeschwindigkeit der Schlagarme muß aber wesentlich größer sein als die Geschwindigkeit, die beim Aufprallen notwendig ist, weil eben durch den Luftwiderstand die nutzbare Geschwindigkeit vermindert wird.

Ich muß noch etwas bei der Arbeitsleistung, die zum Zerkleinern aufzuwenden ist, stehenbleiben.

Schon Rittinger hat nachgewiesen, daß die Kraft zum Zerkleinern abhängig ist von der Anzahl der Spaltflächen, die entstehen, um den Körper entsprechend zu zerkleinern. Die entsprechenden Kantenlängen der Würfel sind dann angenähert umgekehrt proportional der aufzuwendenden Arbeit. Wird z. B. ein Würfel mit 1 cm Würfellänge auf $1/100$ cm zerkleinert und im andern Falle nur auf $1/4$ cm, so verhält sich die aufzuwendende Arbeit wie 25:1. Wird dagegen die Zerkleinerung von 1 cm statt auf $1/4$ auf $1/1000$ gleich 0,1, gebracht, so verhält sich die Arbeit wie 2500:1.

Die zu leistende Arbeit ist also zur Zunahme der Bruchflächen oder der Oberflächenzunahme proportional.

Will man eine bestimmte Zerkleinerung erreichen, so kann man die nutzbare Zerkleinerungsarbeit bei den heute üblichen Mühlen nicht durch irgendein Hilfsmittel vermindern. Man muß in jedem Falle die gleiche Kraft aufwenden, um die Zerkleinerung zu erlangen. In der Praxis wird allerdings bei der Wahl der Mühlen, deren Wirkungsgrad eine gewisse Rolle spielen. Je größer die schädlichen Widerstände sind, um so größer ist der wirkliche Kraftverbrauch.

Wie ich aber noch zeigen werde, stehen in der Kolloidmühle noch Mittel zur Verfügung, die auch die nutzbare Zerkleinerungsarbeit vermindern lassen. Als Hilfsmittel für die Zerschmetterung kommen sog. Dispersionsbeschleuniger in Anwendung.

In den Schlagmühlen kann man mit einem Gang die Zerkleinerung nicht genügend weit erreichen. Es gelingt z. B. nur die Zerkleinerung von 6 mm auf 0,6 mm. Will man weiter zerkleinern, dann muß man das Mahlen mehrfach wiederholen.

Die zum Zerkleinern aufgewandte Arbeit setzt sich in Wärme um. Sie erhitzt das Gut und die Mühle. Feines Gut wird hierbei zu heiß. In Berührung mit dem Luftsauerstoff entstehen leicht Staubexplosionen. Auch dies begrenzt die Zerkleinerungsmöglichkeit. Über die Wärmemenge, die sich beim Zerkleinern bemerkbar macht, gibt folgende Rechnung ein Bild:

1 PS entspricht einer Leistung, die aufzuwenden ist, um 75 kg 1 m hoch zu heben in der Sekunde.

Bei 20 PS sind dies 20 mal 75 = 1500 mkg.

Da andererseits 427 mkg 1 WE entsprechen, so werden durch die 20 PS

$$\frac{1500}{427} = 3,5 \text{ WE frei in der Sekunde}$$

oder stündlich

$$3,5 \cdot 3600 = 12\,600 \text{ WE.}$$

Werden stündlich 1000 kg fein gemahlen mit einer spezifischen Wärme von 0,3, dann würde das Gut um

$$\frac{12\,600}{1000 \cdot 0,3} = 42 \text{ Grad stündlich erhitzt.}$$

Ein Teil der Wärme wird nach außen abgeleitet, aber bei mehrstündiger Mahlung werden Gut und Mühle immer wärmer und überhitzt. Man muß deshalb Ventilation anbringen, um beide zu kühlen. Hiermit ist aber der große Nachteil verbunden, daß dadurch die feinen Staubteilchen von der Luft mitgerissen werden, ohne durch die Schleuderkräfte der Arme gegen die Roste geschleudert zu werden. Die Staubteilchen werden an den Rosten vorbeigleiten und eine weitere Zerkleinerung findet nicht statt, trotz wiederholter Rückführung des Staubes durch die Mühle.

Man wollte dies verbessern durch Anbringung mehrerer Prellstellen hintereinander. Die Abbildung einer Stiftmühle mit mehrfacher Schlagwirkung wird erläutert.

Große Sticke, die von der Luft nicht mitgerissen werden, werden zickzackartig von einem zum andern Stift geschleudert und zerschellt. Die feineren Teilchen dagegen werden an den Stiften vorbeigleiten, denn auch vor diesen bilden sich Ruhezonen der Luft, wie wir sie an jedem in der Luft bewegten Körper, z. B. den Luftschiffen feststellen können. Diese bilden weichen Puffer, die verhindern, daß das Gut mit dem Schläger in Berührung kommt.

Man hat versucht, die Wirkung dieser Mühlen durch Naßmahlen zu verbessern. Dies gelingt aber nur, wenn es sich nicht um schmierende und klebende Stoffe handelt, so daß auch auf diesem Wege eine genügend weite Feinzerkleinerung, wie sie für die Erzeugung von Kolloiden notwendig, nicht möglich ist.

Da die Beschleunigung durch die Schlagarme allein nicht genügt, muß man darnach streben, noch andere Kraftmittel anzuwenden, wie dies z. B. mit dem Hammer und Amboß geschieht. In diesem Falle wird noch die zweite Masse des Hammers dazu verwendet, um die in ihm aufgespeicherte lebendige Kraft zur Zertrümmerung des Werk-

stückes nutzbar zu machen. Dabei spielt die Geschwindigkeit, mit der der Hammer bewegt wird, ebenfalls eine große Rolle. Führt man kleine Schläge auf ein Stück aus, das auf einem Amboß liegt, so ist die lebendige Kraft des Hammers zu gering, um das Stück zu zerstören. Erst große, weit ausgeholte, wuchtige Schläge, die auf das Werkstück mit großer Geschwindigkeit herabfallen, lassen die Zertrümmerung erreichen.

Eine Maschine, die auf dem Prinzip der ununterbrochenen Anwendung der Schlagwirkung zwischen Hammer und dem zu zerkleinernden Gut und dem Amboß beruht, ist die Kugelmühle. In der Achema war auf dem Stand der Firma Krupp eine solche Kugelmühle zu sehen mit Glasscheibe, so daß man sich sehr leicht von der Arbeitsweise dieser Kugelmühle überzeugen kann. Die umlaufende Trommel nimmt die Kugeln mit in die Höhe. Sie fallen wurfartig nach unten, treffen auf den Mantel oder die untenliegenden Kugeln, dabei als Hammer und Amboß wirkend, das zwischenbefindliche Gut zerkleinernd. Außer dieser Schlag- und Stoßwirkung erfolgt beim Umdrehen der Trommel und Umwälzen der Kugeln noch eine zerreibende Wirkung. Da die Fallhöhe nur gering ist bei einer Kugelmühle von 1 m Durchmesser nur 0,6 m, so ist auch die Fallgeschwindigkeit klein. Sie beträgt dann nur etwa 3 m, so daß die zerkleinernde Stoßwirkung gering ist. Da auch die Anzahl der Schläge, die durch die Kugeln entstehen, nur verhältnismäßig klein ist, so muß man sehr lange mahlen, um weitestgehende Zerkleinerung zu erlangen. Man muß hier bedenken, daß z. B. 1 g Ultramarinblau 500 Milliarden Teilchen enthält, die alle durch die Schlagwirkung getroffen und zertrümmert werden sollen.

Fischer gibt deshalb an, daß nach 12 stündigem Mahlen in einer Kugelmühle erst in einem Glaspulver, das als Flußmittel für Porzellanfarben dient, 49% der Körner bis auf $1,5-4 \mu$ zerkleinert wurden. Auch nach 24 stündigem Mahlen ging die Zerkleinerung erst auf $1,2 \mu$ herunter. Es sind dies Größenabmessungen, die noch weit von denen in der Kolloidmühle zu erreichenden abstehen. Man müßte tage- ja wochenlang mahlen, um eine Verbesserung zu erzielen.

Die Naßmahlung hat hier den Vorteil, daß die Körperchen durch die Luftströmung nicht fortgerissen, sondern unter den Kugeln liegen bleiben. Aber dann bildet die pastenartige Masse wieder ein weiches elastisches Polster, das die Schlagwirkung der Kugeln vermindert.

Bei der Betrachtung der Kugelmühle bemerkt man so recht, daß die Zerkleinerung eine Frage der Kraftaufwendung ist. Wird eine Kugelmühle zur Erreichung einer gewissen Mehlefeinheit drei Tage betrieben und benötigt sie 1 PS, so würde dies derselben Kraftaufwendung entsprechen, wenn eine Kolloidmühle dasselbe mit $24 \cdot 3 = 72$ PS in einer Stunde erreicht.

Diese 72 PS auf eine Stunde verdichtet, entsprechen einer Arbeitsleistung von $72 \cdot 3600 \cdot 75 = 20$ Mill. mkg/Stunde. Eine solche große Kraftleistung muß natürlich eine ganz andere Wirkung hervorbringen als die Kraft, welche während drei Tagen verteilt aufgewendet wird.

Welchen Einfluß die Kraftanhäufung und die Anwendung dieses Potential in der richtigen Weise bewirkt, zeigt auch ein Vergleich mit dem elektrischen Strom. Habe ich einen elektrischen Strom von 5000 Watt zur Verfügung, der 1 Amp. besitzt und 5000 Volt Spannung, so wird durch diesen Strom eine Platte von 1–2 mm Stärke glatt durchschlagen; der Zusammenhang des Gefüges einer Platte an der Durchschlagsstelle würde zerstört.

Nehme ich dagegen einen Strom mit 5000 Amp. und nur 1 Volt Spannung, so wird irgendein Durchschlag nicht zu erzielen sein. Die gleiche Menge der Energie, wenn sie nicht das entsprechende Potential besitzt, ist somit in dieser Beziehung wirkungslos. Mit kleinerer Menge und großem Gefälle, bei der Kolloidmühle mit großer Umlaufgeschwindigkeit, also mit großem Kraftpotential, werden ganz andere Wirkungen ausgelöst als bisher erreichbar.

Die große Energieanhäufung war bei den bisherigen Mühlen nicht möglich, weil die Teilchen ausweichen konnten, und man sie nicht der Kraftwirkung aussetzen konnte, die die inneren Festigkeitskräfte überwindet.

Stellt man sich den Zusammenhang eines Körpers durch die elektrischen Anziehungskräfte, die die Moleküle und Atome aufeinander wirken, vor, so sind diese Anziehungskräfte in einem großen Körper gegenseitig ausgeglichen, sozusagen neutralisiert. Je kleiner die Körper durch die Zerkleinerung werden, um so mehr freie Kräfte entstehen und mit um so größerer Energie halten die Teilchen zusammen, um so mehr Energie muß man für die Zertrümmerung, für das weitere Teilen des Körpers aufwenden.

Deshalb war auf den bisher beschriften Wegen die gewünschte Zerkleinerung bis zur kolloidalen Form nicht zu erreichen.

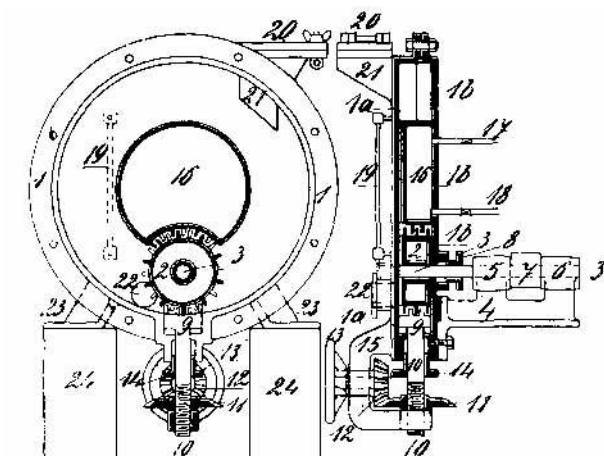
Plaun nahm deshalb Versuche mit einer Schlagkreuzmühle vor, die mit Flüssigkeit angefüllt wurde, und die gleichzeitig mit einem Sammelgefäß und einer Pumpe verbunden war, um das Gut, welches sich in der Flüssigkeit befand, fortwährend durch die Mühle zirkulieren zu lassen.

Die Ergebnisse waren schon besser, aber die prozentuale Ausbeute an kolloidaler Lösung an Sol war noch verhältnismäßig gering. Deshalb wurde dazu übergegangen, eine andere Arbeitsweise anzuwenden. Dies geschah durch die sog. Kolloidmühle. Nach ihrem Äußern ist dies eine Schlagmühle, aber in ihrer Wirkung ist sie von dieser doch wesentlich verschieden.

Einen Schnitt durch die Mühle zeigt die Abb. 1, wie sie ursprünglich vorgesehen war. In dem ringförmigen Gehäuse¹ ist eine Schlag-

trommel² vorgesehen mit mehreren Armen, die schlagend auf die Flüssigkeit wirkt, dabei die Flüssigkeit gegen Aufhalter⁹ wirft und so eine starke hämmernde Zerkleinerungsarbeit leistet. Die in der Flüssigkeit schwebenden Körperchen können nicht elastisch ausweichen, sondern werden von der ganzen Wucht der Schläge getroffen.

Ihre Wirkung ist eine eigenartige, von allen andern Mühlen verschiedene. Infolge der Schleuderkraft wird alle Flüssigkeit von den Schlagarmen abgeschleudert, und um das Rad entsteht ein leerer Raum. — Bei der gewöhnlichen Schleudermühle wird das Gut in der Nähe der Achse zugeführt und durch die Zentrifugalkraft von den Armen schnell durch das Gitter geworfen. Dabei entsteht gleichzeitig die schon erwähnte starke Ventilation. Diese ist luftansaugend notwendig für die Kühlung, aber nachteilig wie schon geschildert für die weitergehende Zerkleinerung der staubförmigen Teilchen. — Außerdem ist diese ventilierende Wirkung der Arme außerordentlich kraftverzehrend, denn allein dieser Luftwiderstand der Schläger verbraucht 40–50% der Gesamtarbeit bei hohen Umlaufgeschwindigkeiten.



Ultramikronen statt, das die Teilchen auseinanderhält und den Zusammenhang lockert.

Werden der Flüssigkeit noch gewisse chemische Zusätze beigefügt, die erfahrungsgemäß die Bildung der Kolloide unterstützen, wie alle Nichteletktrolyten, so machen sich in der Kolloidmühle verschiedene Wirkungen außerordentlich stark für die Bildung von kolloidalen Lösungen bemerkbar. Säuren wirken der Dispergierung entgegen.

Hier sind die kolloidchemischen Gesetze genau so zu beachten wie bei anderen Herstellungsweisen. Man kann nicht einfach einen x-beliebigen Stoff, z. B. 30% davon mit 70% Wasser mischen und nun erwarten, daß durch genügend lange Bearbeitung in der Kolloidmühle eine kolloidale Lösung in dieser prozentualen Zusammensetzung gewonnen wird. Dies ist so wenig möglich, wie man z. B. durch Zugabe von 30% Kochsalz eine 30%ige Kochsalzlösung nicht herstellen kann. Man kann tagelang rühren. Es wird sich nur eine Kochsalzlösung von ungefähr 25% bilden. Die letzten Prozente bleiben ungelöst. Ich nehme nach Plausons Mitteilungen an, daß auch in dieser Beziehung bei den kolloidalen Lösungen ganz ähnliche Erscheinungen auftreten wie bei den molekularen Lösungen. Es ist möglich, für jeden Körper das geeignete Dispersionsmittel zu finden, indem der Körper bis zu einer bestimmten Prozentschwelle in die Solform übergeführt werden kann. Beim weiteren Schlag in der Kolloidmühle fällt dann der entstehende kolloidale Überschuß in Gelform auf.

Die Hauptschwierigkeit bei dieser Mühle besteht in der Dichtung der Welle bei diesen hohen Umdrehungszahlen und der Erreichung solcher hohen Umfangsgeschwindigkeiten mit einfachen und zuverlässigen mechanischen Hilfsmitteln.

Die Abbildung 2 zeigt eine ausgeführte Kolloidmühle von der Maschinenfabrik von Emil Päßburg, Berlin, mit einem Inhalt von 120 l, bei einer Kraftaufnahmefähigkeit von 50–100 PS.

Bei der Verarbeitung von kolloidalem Zellstoff benötigt diese Kolloidmühle beim Anlassen 35 PS, dagegen im vollsten Betriebe nur etwa 22 PS, aber man soll bei diesen Kolloidmühlen nicht vor dem hohen Kraftverbrauch zurückschrecken. Den Kraftverbrauch zu vermindern, wäre hier falsch. Im Gegenteil muß das Bestreben wohl dahin gehen, die höchste Kraftäußerung anwenden zu können, wenn auch nur kurze Zeit. Nur dann kann durch die Energieanhäufung die erwünschte Zertrümmerung der Körper erreicht werden. Es geht deshalb mein Bestreben dahin, Mühlen zu bauen, die mit hoher Umfangsgeschwindigkeit laufen und den Kraftaufwand von 100 und mehr PS gestatten.

Bei einer Umfangsgeschwindigkeit der Schlagarme von $v = 20$ m in der Sekunde läßt sich schon die Zerkleinerung bis auf 0,0003 mm = 0,3 μ bringen.

Bei 30 m gelingt die Zerkleinerung bis zu 0,0001 mm = 0,1 μ und bei 40 m/Sek. werden bereits echte kolloidale Zerteilungen beobachtet.

Nach meiner Überzeugung beruht die Wirkung der Plausonschen Kolloidmühle darauf, daß Körperchen in Flüssigkeiten oder auf Flüssigkeitsoberflächen derart wuchtig getroffen werden, daß sie nicht elastisch ausweichen können und deshalb zertrümmert werden.

Dabei kommen dann spontan die geschilderten Einzelerscheinungen der Wärmeentwicklung, der Reibungselektrizität usw. zur Geltung. Die Wassermoleküle werden in die Zwischenräume der Körpermoleküle gehämmert, den Zusammenhang lockert. An der Oberfläche reichern sich bekanntlich die Kolloide an, worauf zum größten Teil auch die Schaumbildung kolloidaler Lösungen zurückgeführt wird. Diese an der Oberfläche angehäuften Kolloide werden deshalb in der Kolloidmühle um so wirkungsvoller von den umlaufenden Schlägern getroffen.

Der Antrieb dieser Mühle erfolgt durch Ledertreibriemen nach Abb. 3. Dieser muß außerordentlich sorgfältig ausgewählt werden, um bei den hohen Umfangsgeschwindigkeiten von 30–40 m in der Sekunde zuverlässig zu arbeiten. Da solche Treibriemen heute kostbar und Diebstahlgefährdet ausgesetzt sind, so sollen diese Riemenantriebe künftig möglichst vermieden werden und an deren Stelle entweder unmittelbarer Dampfturbinenantrieb oder solcher von einem Elektromotor mittels Zahnradvorgelege erfolgen. Diese Zahnradvorgelege sind vollständig in Öl gebettet und gewährleisten einen ruhigen, störungsfreien Betrieb.

Zurzeit ist man damit beschäftigt, eine kleinere Mühlengröße zu bauen, bei der aber möglichst große Umfangsgeschwindigkeit erreicht

werden soll. Wie weit man hier gehen kann, muß erst durch die Versuche festgestellt werden. Rechnungsmäßig könnten Umfangsgeschwindigkeiten von über 500 m in der Sekunde angewendet werden, ohne daß eine Zerstörung der Mühle befürchten wäre. Dies entspricht aber Umdrehungszahlen von ungefähr 10000 in der Minute. Diese zu erzeugen bei den hier aufzuwendenden 20–100 PS bereitet noch einige Schwierigkeiten. Aber auch diese dürften wohl in Kürze überwunden werden.

Schon jetzt werden außerordentlich hochwertige kolloidale Lösungen gewonnen. Dann, wenn erst die hohen Umfangsgeschwindigkeiten mit ihrer außerordentlich gesteigerten Arbeitsleistung angewendet werden können, dürfte das weitere Ziel in der Gewinnung hochwertiger kolloidaler Lösungen wohl erreicht werden können.

Die Grenze der Verkleinerungsmöglichkeiten ist durch die eigene Festigkeit der umlaufenden Mühlenteile gegeben. Der bisher verwendete Stahl mit einer Zugfestigkeit von 4–8000 kg je qcm gestattet schon hohe Wirkung zu erzielen, aber bei den neuen Versuchsmühlen ist Federplattenstahl vorgesehen. Man wird versuchen, auch solchen mit einer Festigkeit von 20000 kg je qcm anzuwenden. Eine Abbildung zeigt solche Stahlplatten.

Dann kann die Umfangsgeschwindigkeit und somit die Schlagwirkung weiter erhöht werden. Immerhin ist auch dann noch bei vielen Stoffen nur eine geringe Abnutzung der Mühlenteile zu erwarten, denn Holz besitzt nur z. B. eine Festigkeit von 50–100 kg auf 1 qcm, so daß hier ein 20- und mehrfacher Festigkeitüberschuß zur Verfügung steht.

Um die Umfangsgeschwindigkeit zu vermindern, sind zwei Schlagtrommeln vorgesehen, die sich gegeneinander drehen. Wenn beide sich mit der halben Geschwindigkeit bewegen, so erreicht man doch die doppelte relative Schlaggeschwindigkeit. Das erweckt die Hoffnung, daß beim weiteren Studium dieser Eigenschaften noch erhebliche Fortschritte zu erreichen sind. Das gleiche gilt vom Zusatz geeigneter Dispersionsbeschleuniger, die an der Mühle kraftersparend wirken. Deshalb muß die Anwendung der mechanischen Kraft Hand in Hand gehen mit den chemischen Mitteln. Chemiker und Ingenieur müssen zusammenarbeiten, um mit der Anwendung der geringsten Mittel großtechnische Erfolge zu erzielen.

Die bisherigen Mühlen arbeiten periodisch. Sie werden mit einer gewissen Flüssigkeitsmenge gefüllt, und dann die Mühle in Bewegung gesetzt.

Je nach der Art erfolgt die Überführung in den kolloidalen Zustand in einer Viertel- bis einer oder mehr Stunden, je nachdem, ob das bestgeeignete Dispersionsmittel angewendet wird. Das Interessante ist, daß ein und derselbe Stoff in verschiedenen Dispersionsmitteln auch verschiedene Mahlzeiten erfordert bei verschiedenem Kraftaufwand.

Man kann auch die Arbeit kontinuierlich gestalten, indem man entweder mehrere Mühlen hintereinander schaltet oder mehrere Schlagarme auf einer gemeinsamen Welle. Die zutretende rohe Flüssigkeit wird schrittweise von Gehäuse zu Gehäuse geleitet, um unten die Mühle zu verlassen. Auf diese Weise ist ein ununterbrochenes Arbeiten erreicht.

Ich komme nun noch auf einige Verwendungsmöglichkeiten dieser Kolloidmühle.

In Abbildung 4 wird dann eine Gesamtanlage zur Herstellung von kolloidalem Zellstoff vorgeführt.

Um die Kolloidmühle selbst zu entlasten, ist hier eine Vorzerkleinerung für das rohe Sägemehl vorgesehen. In einer Kugelmühle werden die Sägespäne vorzerkleinert, durch einen Ventilator das Feine abgesaugt und in einen Staubsauger gedrückt. Durch die Schleuderkraft trennen sich die größten Teile von der Luft und fallen zurück zur Mühle. Die feineren staubförmigen Teile, die in der Kugelmühle nicht weiter zerkleinert werden können, werden von dem Luftstrom mitgerissen und durch Wasser abgefangen. Die Mischung fällt in zwei Rührwerkskessel, in welche noch gewisse Zusätze, wenn gewünscht, wie z. B. Harz, Alkali zur Beschleunigung der Dispergierung, Farbstoffe für die Färbung des Enderzeugnisses u. dgl. zugesetzt werden. Die Mischung gelangt nun in die Kolloidmühle, um hier eine entsprechend lange Zeit geschlagen zu werden. Ist die gewünschte Zerkleinerung erreicht, dann wird die kolloidale Lösung mittels einer Pumpe in das Ausflockgefäß gefördert. Hier wird durch Zusatz von Säuren das Kolloid ausgeflockt, ihm die elektrische Ladung entzogen. Für die weitere Verarbeitung des Gels ist es dann notwendig, die Säure zu neutralisieren und die Salze auszuwaschen. —

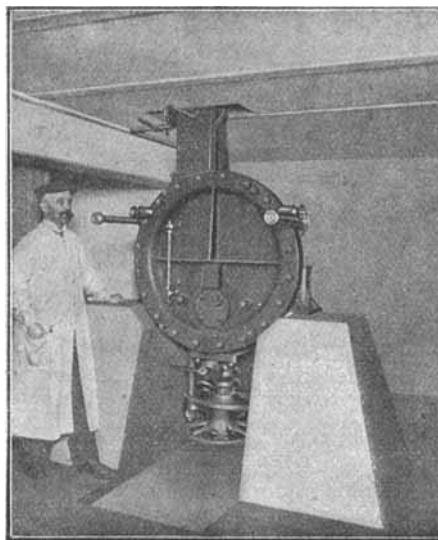


Abb. 2. Ansicht einer Kolloidmühle für kolloidalem Zellstoff.

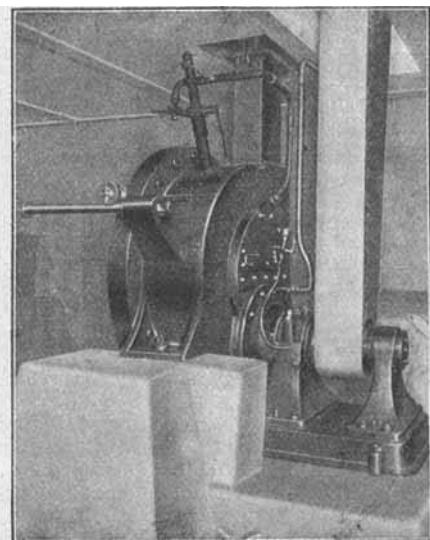


Abb. 3. Kolloidmühle mit Lederriemen-Antrieb.

Nun muß das Kolloid von der Flüssigkeit getrennt werden. Hier geschieht dies durch eine einfache Kippnutsche. Je nach der Art des Stoffes wird man aber auch Schleudern oder das ebenfalls nach Plauson gebaute Kolloidfilter anwenden. — Hier bei der Gewinnung von kolloidalem Zellstoff wird das Kolloid auf der Nutsche noch ausgewaschen, das Waschwasser durch Abnutschen möglichst entfernt und dann in einem Vakuumtrockner getrocknet.

Die Trocknung unter Vakuum ist hier notwendig, weil bei der Lufttrocknung der Luftsauerstoff nachteilig wirkt und weil es nicht möglich ist, die Feuchtigkeit genügend vollkommen aus dem stark hygrokopischen kolloidalen Zellstoff zu entfernen. Auch die weitere Aufbewahrung erfolgt in einem Vakuum-Trockenschrank, um die nachträgliche Feuchtigkeitsaufnahme zu verhindern. Feuchtigkeit ist hier nachteilig, denn dieser Zellstoff wird heiß zu Knöpfen, Isolierstoffen u. dgl. gepreßt, wobei die Feuchtigkeit Blasen bilden würde.

Es wurden einige Muster auf diese Weise gewonnener Knöpfe hergestellt. Man kann sich von der Gleichmäßigkeit des Bruches und der außerordentlichen Festigkeit überzeugen.

Diese Eigenschaften sind so hochwertig, daß besondere Einrichtungen getroffen werden mußten, um diese Knöpfe fertig bearbeiten zu können. Für Knöpfe genügt es, wenn nur etwa 30% des Zellstoffes in den kolloidalen Zustand übergeführt wird. Bei einer derartigen kolloidalen Zellstoffplatte von 3,5 mm Dicke wurde festgestellt, daß diese bei 55000 Volt noch nicht durchgeschlagen wird, sondern der Funken über die 160 mm breite Platte sprang. Die Zerreibfestigkeit beträgt 300—500 kg/qcm. — Sie ist somit 5—10 mal größer als die des ursprünglichen Holzes. Das spezifische Gewicht beträgt 1,2.

Die Abbildung 5 zeigt eine Anlage, wie sie zur Verarbeitung von Ölschiefer gedacht ist.

Der Ölschiefer, vorbehobt nach

Truants besonderem Verfahren mit überhitztem Dampf, wird durch einen Aufzug oder ein anderes geeignetes Fördermittel gehoben und einer Vormühle zugeführt. Das vorzerkleinerte Gut fällt durch einen Trichter in einen Mischapparat, in dem das Schieferpulver mit 10fachem Wassermenge vermischt wird. Außerdem werden noch Alkalien je nach der Art des betreffenden Ölschiefers zugesetzt, um auch hier die Bildung kolloidalen Lösungen zu erleichtern und die aufzuwendende Arbeit der Kolloidmühle zu vermindern.

Der dünne Brei wird mittels einer Pumpe der Kolloidmühle zugeführt. In diesem Falle sind drei Mühlen hintereinander geschaltet,

um zu erreichen, daß die Arbeit ununterbrochen vor sich gehen kann. In jeder Mühle wird nur ein Teil der Überführung in den kolloidalen Zustand erreicht, so daß erst die letzte Mühle den gewünschten kolloidalen Endzustand hervorruft. — Die geschlagene Lösung gelangt nun in einen selbsttätigen Abscheider. Auch hier wird wieder zur Ausflockung Säure zugesetzt. Das Schiefergestein sammelt sich als kolloidaler Schlamm unten an, während oben das Öl abläuft. Eine Förderschnecke hebt den Schlamm, der in einem besonderen Kolloidfilter von dem anhaftenden Öl befreit wird. Das ablaufende Öl wird zweckmäßig wieder zur Herstellung der Mischung im Mischer verbraucht.

Auf diese Weise ist es gelungen, aus Ölschiefer, der durch trockene Destillation nicht mehr als 8% Schieferöl abgibt, die Ausbeute auf 12—14% zu steigern.

In ähnlichen Anlagen kann auch ölhaltiger Schlamm verarbeitet werden, wie er sich auf den russischen Ölfeldern z. B. von Baku befindet. Auch hier wird durch die Kolloidmühle das Rohnaphtha emulgiert, und die Erde setzt sich beim Stillstehen schnell ab. Die Ölémulsion kann durch Erhitzen in Öl und Wasser getrennt werden.

Ebenso können auch Ölkuchen, Bleicherde u. dgl. an Stelle der Extraktion durch Lösungsmittel verarbeitet werden.

Ähnliche Anlagen dürften ferner in Frage kommen für die Herstellung flüssiger Kohle, indem Kohle in Öl kolloidal zerteilt wird. Mit dieser flüssigen Kohle ist man dann in der Lage, Kraftanlagen mit einem wesentlich höheren Wirkungsgrad zu betreiben. Dieselmotoren und Rohölmotoren werden dann viel weniger kostbares Teeröl, aber größere Mengen Kohlen verbrauchen können, so daß man in der Lage ist, ihren hohen Wirkungsgrad auch hier wirklich nutzbar zu machen. Bei der Verwendung für Motoren muß aber eine möglichst aschenfreie Kohle ohne Ruß Verwen-

dung finden, um ein Veraschen und Verschmutzen der Motoren zu verhindern. Es sind jetzt auch in der Erfurter Maschinenfabrik Versuche im Gange, um Näheres über die Anforderungen, die die verschiedenen Motorenarten an die flüssige Stelle stellen, feststellen zu können. Während bei der Dampfmaschine, wenn nicht der Abdampf für andere Zwecke Verwendung finden kann, nur 10—20% der im Brennstoff vorhandenen Wärmeenergie ausgenutzt werden kann, wird in Diesel- und in Rohölmotoren 36% nutzbar gemacht. Der Brennstoffaufwand wird also auf etwa die Hälfte vermindert.

Die Anschaffungskosten des Trieböles werden durch die Zumischung

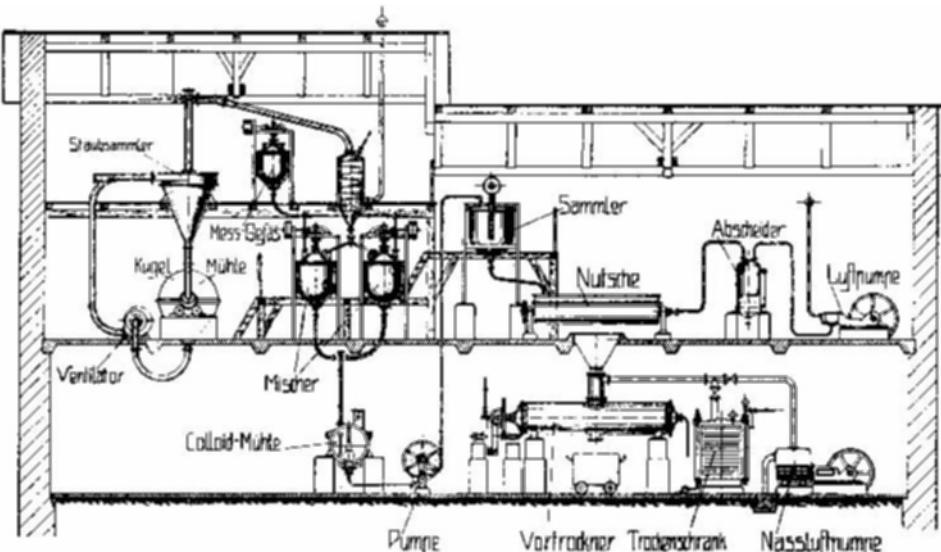


Abb. 4. Anlage zur Herstellung von kolloidalem Zellstoff für elektrische Isolierstoffe, Knöpfe u. dgl.

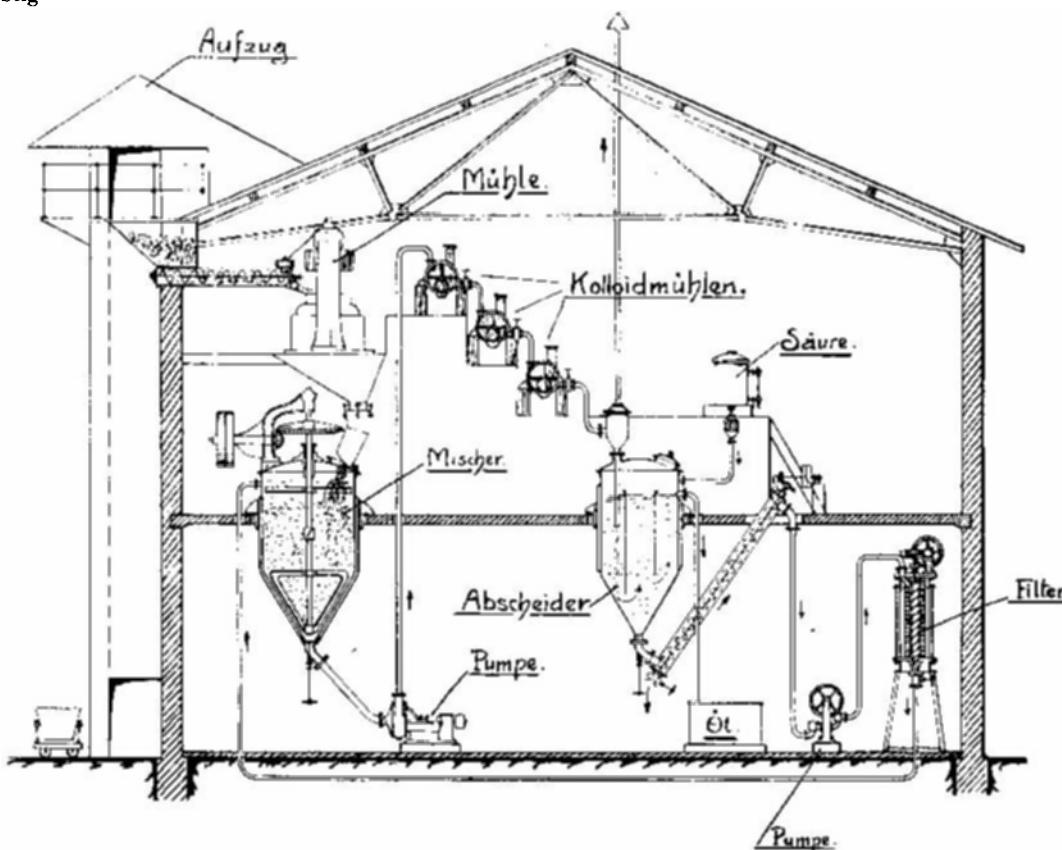


Abb. 5. Anlage zur Verarbeitung von Ölschiefer mit der Kolloidmühle.

der viel billigeren Kohle außerordentlich vermindert. Dem Mangel an Betriebsstoff, besonders auch für landwirtschaftliche Motoren, kann dadurch höchstwahrscheinlich in bester Weise abgeholfen werden.

Bedeutenden Einfluß dürfte die Kolloidmühle auch auf die Herstellung von Farben, besonders Erdfarben haben. Es ist festgestellt, daß eine bedeutende Veredelung eintritt. Die sich sonst in den Farben unangenehm bemerkbar machenden größeren Bestandteile, die sich beim Anstreichen als sogen. Stippen zeigen, werden vermieden, denn der ganze Grundstoff der Farbe wird in eine gleichmäßig feine kolloidale Mischung umgewandelt. Je weiter die kolloidale Zerkleinerung geführt wird, um so größer ist der Glanz und um so stärker das Feuer der Farben. Diese Wirkung erkennt man so recht an dem Membranfilter von de Haan, was ebenfalls in der Achema ausgestellt ist. Je feinporiger diese Membranfilter sind, je weiter also die kolloidale Zerkleinerung geführt ist, um so höheren Glanz besitzen diese Filter.

Ebenso dürfte auch in der Lackindustrie zwecks Ersparnis von Lösungsmitteln die Kolloidmühle nützlich sein können. Auch hier müssen aber erst eingehende Versuche zeigen, wie weit dies möglich ist.

Für die Herstellung von künstlichem Dünger bei der Verarbeitung von Phosphaten hat schon Otto Trauns Forschungslaboratorium, Hamburg festgestellt, daß dort ein großes Anwendungsgebiet für die Kolloidmühle zu erwarten ist. Es ist festgestellt worden, daß es nicht notwendig ist, die Phosphate löslich zu machen, sondern daß es genügt, die Phosphate in einen hoch dispersen, kolloidalen Zustand zu verwandeln. Sie werden dann im Boden durch die Humussäure aufgeschlossen. Auch hier können natürlich nur Versuche im großen zeigen, inwieweit damit Verbesserungen und Vervollkommenungen gegenüber der bisherigen Herstellung von Phosphaten für Düngezwecke zu erreichen sind.

Besondere Bedeutung dürfte die Kolloidmühle auch bei der Beschleunigung chemischer Reaktionen z. B. bei der Herstellung von Seife, bei Fetthärtung u. dgl. gewinnen. In der Mühle werden durch die Zertrümmerung der Körperchen immer neue Oberflächen freigelegt, die neue Oberflächenkräfte auftreten lassen. Diese wirken absorbierend, anziehend und beschleunigend wie frisch hergestellte Katalysatoren.

Dazu kommt die hohe Druckwirkung, welcher die Moleküle ausgesetzt sind durch die Schläger. Sie werden einander nähergebracht: unter Berücksichtigung der innigen Durchmischung werden die chemischen Umsetzungen beschleunigt. Die Mischung und das innige Durchschlagen verhindert auch, daß teilweise unaufgeschlossene, der chemischen Reaktion entgangene Stoffe sich noch in der Mischung befinden.

Auch bei der Herstellung und Verbesserung der Nahrungsmittel ist eine günstige Beeinflussung durch die Kolloidmühle zu erwarten. Es ist bekannt, daß die Verdauungskraft unseres Magens durch Emulsion und kolloidal zerkleinerte Nahrungsstoffe wesentlich erleichtert und erhöht wird. Nahrungsmittel in unverdaulichen Zellstoffwänden eingeschlossen, Blutkörperchen von Fibrin umschlossen, so daß z. B. die Blutwurst schwer verdaulich ist, werden durch die Behandlung in der Kolloidmühle freigelegt. Die Magensaft können die Stoffe schnell angreifen und für die Verdauung und den Aufbau des Körpers nutzbar machen.

Für manche Nahrungsmittel, wie z. B. Rübensirup, Marmelade u. dgl. ist es erwünscht, daß diese auch einen möglichst streichfähigen, gelebhaften Charakter haben. Nicht in allen Nahrungsmitteln ist dies durch die natürliche Zusammensetzung erreichbar. Man verwendet gelatinierende Zusätze, wie Agar-Agar, Gelatine, Stärkesirup u. dgl. Da man hier häufig Schwierigkeiten mit den Nahrungsmittelgesetzen hat, so kann auch hier die Anwendungsmöglichkeit für die Kolloidmühle bestehen, indem man die vorhandenen Zellstoffe in den kolloidalen Zustand überführt.

In Stärkefabriken erhofft Plauson die leichtere Trennung der Stärke von der Püple zu erreichen, wenn die Kartoffeln mit Wasser in der Kolloidmühle geschlagen werden.

Auch bei der Erzeugung molekularer Lösungen dürfte die Mühle nützlich wirken bei Salzen, die eine kleine Lösungsgeschwindigkeit besitzen. Die größeren Oberflächen wirken beschleunigend.

Meine Damen und Herren! Ich möchte noch Ihre Aufmerksamkeit auf die praktische Ausführung der Messung bei der Herstellung der Kolloide lenken. Es ist notwendig, die erreichte Zerkleinerung zu bestimmen, wenn man Versuche mit den Kolloidmühlen anstellen will, um die beste Arbeitsweise herauszufinden.

Für makroskopische Messungen dient der Horizontal-Projektionsapparat mit Universalbogenlampe von Prof. Classen nach Abb. 6. Dieser Apparat eignet sich für Messungen bis $1\text{ }\mu$, da er gestattet, bis hunderfache Vergrößerung zu erreichen. Natürlich ohne optische Auflösung, da es sich ja nur um die Feststellungen der äußerlichen körperlichen Abmessungen handelt. Die zu untersuchende Lösung wird auf den Winkel Spiegel in einem besonderen Glaskasten aufgestellt, das durchfallende Licht wird dann durch den oberen Spiegel gegen die Wand projiziert.

Für mikroskopische Aufnahmen unter $1\text{ }\mu$ dient eine Einrichtung als Mikroprojektion mit Universalbogenlampe nach Abb. 7. Hier wird das Licht durch ein Mikroskop und von diesem durch einen Wandspiegel an die Wand projiziert. Man kann auf diese Weise eine 2500—5000fache Vergrößerung erzielen. Dies ist mehr als genügend für alle optischen Messungen von kolloidalen Lösungen.

Für viele Zwecke dürfte auch schon jetzt die wirtschaftliche Verwendung der Kolloidmühle bewiesen sein. Sie stellt ein neues wertvolles Mittel für die chemische Technik dar, und es ist wohl allseitig mit Freude begrüßt worden, daß durch diese Kolloidmühle die che-

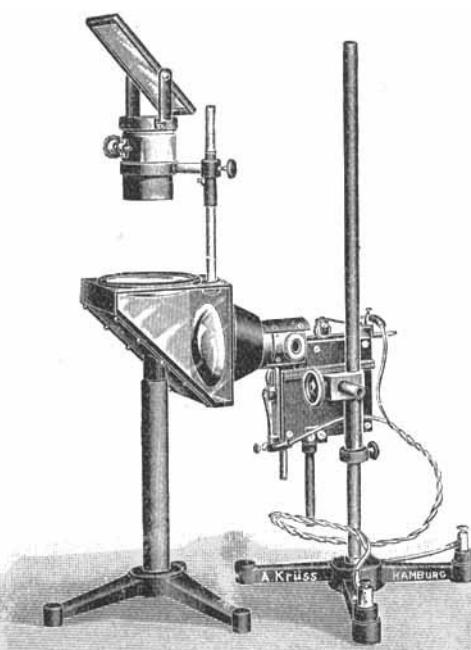


Abb. 6. Horizontal-Projektions-Apparat zur Messung der erreichten Zerkleinerung.

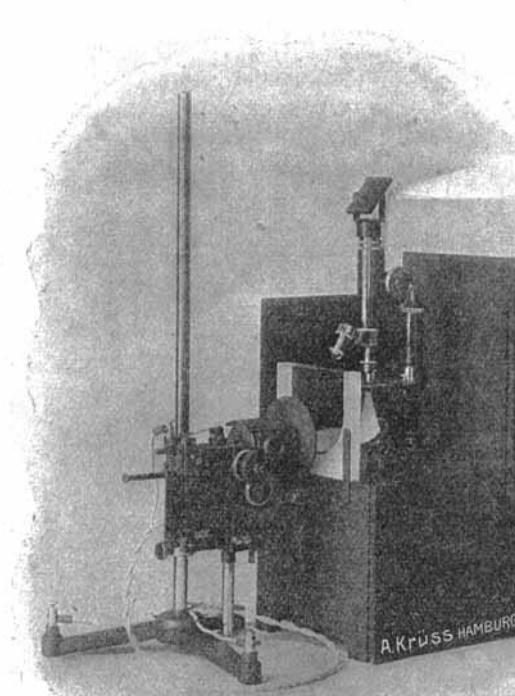


Abb. 7. Mikroprojektionsapparat zur Messung unter $1\text{ }\mu$.

nischen Arbeitsweisen weiter ausgebaut werden können. Die lebhaften Nachfragen nach dieser Mühle zeigen, welch außerordentliches Interesse sie in der chemischen Industrie der ganzen Welt erweckt hat, und es ist Sache der Herren Chemiker, sie für ihre verschiedenen eigenen Gebiete nutzbar zu machen.

Meine Damen und Herrn! Es sind noch viele Gebiete großtechnisch auszuprobieren. Viele Studien sind anzustellen, die nicht von einzelnen geleistet werden können. Mögen sich auch unter Ihnen viele finden, die in der Kolloidmühle ein Mittel erkennen, mit dem die deutsche chemische Industrie zu weiteren wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fortschritten gelangt.

[A. 188.]