

39,9 ccm Oel, also 79,8 Proz. des letzteren, was mit dem berechneten Werte von 76,7 Proz. befriedigend stimmt.

Weitere Messungen an Emulsoiden sind im Gange, doch müssen die Resultate für eine weitere Veröffentlichung vorbehalten bleiben. Es kann jedoch schon jetzt konstatiert werden, daß die Untersuchung besonders von Gelatinesolen gezeigt hat, daß diese unterhalb gewisser Grenzen bei verschiedenen Schergeschwindigkeiten auch verschiedene Viskositätswerte besitzen. Das von Wo. Ostwald so stark betonte Bedürfnis nach kinetischen Methoden ist auch in dieser Richtung ein sehr ausgesprochenes. Das Kapillarviskosimeter gibt eben auch nur Punkte, d. i. die Viskosität eines Systemes bei gewissen Temperaturen und bei den Schergeschwindigkeiten, welche sich automatisch aus den Dimensionen

des Apparates und der Dichte der Flüssigkeit einstellen. Um einen Einblick in den Mechanismus der inneren Reibung heterogener Systeme zu gewinnen, ist aber etwas mehr notwendig, d. i. Untersuchungen bei verschiedenen, absichtlich variierten Geschwindigkeiten.

Zum Schlusse sei es dem Verfasser gestattet, die Hoffnung auszusprechen, daß das theoretische und experimentelle Studium der Viskosität heterogener Systeme schließlich den Ausgangspunkt für eine allgemeine Theorie der Viskosität homogener Flüssigkeiten liefern möge. Der Begriff „homogen“ ist doch nur relativ, und eine Lösung, welche Hydrate mit vielen Molekülen Wasser enthält, ist ganz wahrscheinlich derselben mathematischen Behandlung zugänglich, wie ein System, welches mikroskopische oder ultramikroskopische Aggregate enthält.

## Die Bestimmung der Größe der kolloiden Teilchen.<sup>1)</sup>

Von Victor Henri (Paris).

Ein Beitrag zu einer allgemeinen Diskussion über „Kolloide und Viskosität“.

Die Viskositätsbestimmung kolloider Lösungen ist deshalb von so großer Bedeutung, weil man möglicherweise zur Erkenntnis der Struktur eines gegebenen kolloiden Systems durch Bestimmung seiner physikalischen Konstanten gelangen könnte.

Eine der ersten Fragen, die sich aufdrängt, ist diejenige nach der Beziehung zwischen Größe der Kolloidteilchen und Viskosität. Die bekannten Forschungen von A. Einstein, E. Hatschek und vielen anderen Autoren haben dargetan, daß bei einem kolloiden System aus sphärischen Partikeln, die in einer Flüssigkeit suspendiert sind, die Viskosität durch die folgende Formel ausgedrückt werden kann:

$$\eta^1 = \eta \left( 1 + K \frac{v^1}{v} \right),$$

wo  $\eta^1$  die Viskosität der kolloiden Lösung,  $\eta$  diejenige der zusammenhängenden Phase,  $v^1$  das Totalvolumen der kolloiden Teilchen,  $v$  das Totalvolumen des Systems und endlich  $K$  eine Konstante bedeuten, welche letztere nach E. Hatschek gleich  $\frac{9}{2}$  ist. Gemäß dieser Theorie müßte die Viskosität einer kolloiden Lösung unabhängig von der Größe der Teilchen sein, und

das ist in der Tat auch das Resultat, welches M. Bancelin experimentell mit Suspensionen von Gummigutt und Mastix erhalten hat. Versuche von Sven Odén mit kolloidem Schwefel haben indessen nicht zu einer Bestätigung dieser theoretischen Ableitung geführt, indem nämlich die Viskosität zunahm, sobald die Teilchengröße sich verminderte.

Sobald nun die Teilchen deformierbar sind, oder keine bestimmten Dimensionen haben und ihr Volumen durch Benetzung verändern können, wird das Problem besonders schwierig.

Darum wird es klar sein, daß das erste Erfordernis in der Möglichkeit bestehen muß, die Teilchengröße bestimmen zu können. Wir wollen einmal die verschiedenen anwendbaren Methoden an uns vorbeiziehen lassen und die Empfindlichkeit jeder von ihnen an verschiedenen Fällen prüfen.

### 1. Methode der direkten Messung im Ultramikroskop.

Dieses Verfahren wurde von Anfang an von H. Siedentopf und R. Zsigmondy angewendet. Es besteht in der Auszählung der in einem abgegrenzten Volumen enthaltenen Teilchen und in der Wägung der in diesem Volumen enthaltenen dispergierten Substanz.

<sup>1)</sup> Uebersetzt von H. Brehm (Dresden).

Diese Methode ist in einer begrenzten Zahl von Fällen anwendbar. Man muß die Annahme machen, daß die Zusammensetzung der Teilchen die gleiche ist, wie in der trockenen Substanz, daß letztere in ihrer Gesamtheit durch die im Ultramikroskop sichtbaren Partikeln dargestellt wird und daß demzufolge also keine Amikronen oder Teilchen in echter Lösung enthalten sind.

Sehr häufig differiert indessen die Zusammensetzung der Teilchen ziemlich stark von derjenigen des bei der Fällung oder Verdampfung erhaltenen Rückstandes, wie z. B. beim Ferrihydrat, den Ferrozyaniden, den Sulfiden usw. Selbst in sehr einfach liegenden Fällen, so bei den nach dem Bredig'schen Verfahren hergestellten kolloiden Metallen ist ein bisweilen recht bedeutender Anteil in der dispergierenden Phase als Oxyd gelöst. So hat M. Rebiere in dem Laboratorium der Sorbonne gefunden, daß mit hochreinem destillierten Wasser hergestellte Silbersole bis zu 30 Proz. Silber in gelöstem Zustande enthielten.

Um dieses Verfahren korrekt anwenden zu können, ist es also unerlässlich, das Dispersionsmittel durch Filtration durch ein Kollodiumfilter abzutrennen und dann den trocknen Rückstand und das Filtrat getrennt zu analysieren.

## 2. Die Methode der Dichtebestimmung der Dispersion in verschiedenen Höhen.

Diese Methode gründet sich auf die klassische Arbeit von J. Perrin. Er fand, daß, wenn er das Gesetz von der gleichmäßigen Verteilung der Energie auf eine Suspension anwandte, welche sich im Gleichgewichtszustand befindet, dann die folgende Beziehung gelten kann:

$$2,303 W \log \frac{n_0}{n} = 2 \pi r^3 (\rho - \rho') g h, \quad (1)$$

wo bedeutet  
 $W$  die mittlere Molekularenergie  $= \frac{3 RT}{2 N}$ ,  
 $N$  die Avogadro'sche Zahl  $= 7 \cdot 10^{23}$ ,  
 $n_0$  und  $n$  die Anzahl der in gleichen Volumina in der Höhe 0 und  $h$  gefundenen Teilchen,  
 $g$  die Gravitätskonstante,  
 $\rho$  die Dichte des Lösungsmittels und  $\rho'$  diejenige der Teilchen,  
 $r$  den Radius der Teilchen.

Setzt man für  $W$  seinen Wert bei gewöhnlicher Temperatur ( $T = 290$ ) in C. G. S.-Einheiten ein, so erhalten wir:

$$\log \frac{n_0}{n} = (\rho - \rho') \frac{h \cdot r^3 \cdot 10^{17}}{1.9}. \quad (2)$$

Wenn wir nun mit dem Ultramikroskop die Teilchenanzahl  $n_0$  und  $n$  in zwei Höhenlagen

vom Abstand  $h$  auszählen, und wenn wir die Dichten  $\rho$  und  $\rho'$  kennen, so läßt sich der Teilchenradius  $r$  leicht berechnen.

Die untenstehende Tabelle gibt z. B. die Durchmesser von Gold-, Silber- und Oelteilchen an, welche dem Verhältnis von  $n_0 : n = 10$ , für Höhen  $h = 1$  mm, 0,1 mm und 0,01 mm resp. entsprechen.

	Au $\rho' = 13,27$ $\mu\mu$	Ag $\rho' = 10,5$ $\mu\mu$	Oel $\rho' = 0,9$ $\mu\mu$
mm			
$h = 1$	44	54	248
$h = 0,1$	94	118	534
$h = 0,01$	202	252	1148

Zur Ausführung der Messungen wird das Mikroskop horizontal aufgestellt und die Lösung in einen kleinen, je nach Erfordernis 0,1 bis 1 mm tiefen Trog mit plan-parallelen Wänden gebracht. Als Ultramikroskop ist das Paraboloid von Zeiss oder ein Kondensor von Reichert oder Leitz verwendbar. Man muß ein Objektiv mit recht großer Frontaldistanz auswählen. Das Okular wird mit einem Mikrometer mit Quadrätteilung ausgerüstet, dessen Liniendistanzen genau geeicht sind. Sobald man nun das Präparat vertikal in bekannten Abständen durchschiebt, so lassen sich mit Leichtigkeit Zählungen der Teilchen in diesen verschiedenen Höhenlagen ausführen.

Der Vorteil dieser Methode liegt in ihrer großen Genauigkeit. Für das gleiche Verhältnis  $n : n'$  ändert sich die Höhe  $h$  sehr rasch mit der Größe der Partikel.

Bei diesem Verfahren ist es natürlich Bedingung, daß man die Dichte der Teilchen kennt. Nun verändern bei den Metallsolen große Differenzen in der Dichte den Wert des Radius nur wenig, so daß in diesen Fällen eine Unsicherheit bezüglich der Dichte bis zu 50 Proz. sehr geringen Einfluß auf den für den Radius berechneten Wert hat.

## 3. Die Methode der Messung der Brown'schen Bewegung.

A. Einstein (1906) hat bewiesen, daß das mittlere Quadrat der Verschiebungen entlang einer geraden Linie, welche ein Teilchen in der Zeit  $t$  erleidet:

$$L_0 = 6 \delta t$$

ist, wo  $\delta$  die konstante Diffusion bedeutet.

Das mittlere Quadrat der Projektionen  $l$  auf eine Verschiebungsachse ist:

$$l^2 = 2 \delta t. \quad (3)$$

Bei Anwendung der Formeln von G. Stokes und J. H. van't Hoff auf Kolloide hat A. Einstein die folgende Beziehung zwischen den Diffusionskonstanten, der Teilchengröße und der Viskosität des Mediums erhalten:

$$\delta = \frac{RT}{N} \cdot \frac{l}{6\pi r \eta} \quad (4)$$

in der die einzelnen Buchstabensymbole bedeuten: R die Gaskonstante  $8,32 \cdot 10^7$  (C. G. S.), N die Avogadro'sche Zahl,  $7 \cdot 10^{23}$ , r den Radius der Teilchen,  $\eta$  den Viskositätskoeffizienten des Mediums.

Aus (3) und (4) folgt die Beziehung:

$$r = \frac{RT}{N} \cdot \frac{t}{3\pi \eta l^2} \quad (5)$$

Für kolloide Lösungen in Wasser bei gewöhnlicher Temperatur ergeben sich die Werte  $\eta = 0,010$  (C. G. S.),  $T = 293$  und demgemäß ist

$$r = 3,7 \cdot 10^{-13} \frac{t}{l^2} \quad (6)$$

Somit ergibt sich z. B.

für  $r = 100 \mu\mu$  und  $t = 4$  Sek.,  
 $l^2 = 14,8 \cdot 10^{-8}$  cm und  $l = 3,8 \mu$ ;

für  $r = 10 \mu\mu$  und  $t = 4$  Sek.,  
 $l^2 = 148 \cdot 10^{-8}$  cm und  $l = 12 \mu$ ;

für  $r = 1 \mu\mu$  und  $t = 4$  Sek.,  
 $l^2 = 1480 \cdot 10^{-8}$  cm und  $l = 38,5 \mu$ .

Man ersieht daraus, daß je höher der Dispersitätsgrad liegt, um so besser anwendbar die Methode wird.

Bei der Ausführung der Messungen muß man eine ganze Reihe von Fehlerquellen berücksichtigen, welche die Resultate beeinträchtigen können. Es muß auf eine Lage von genügender Schichtdicke gesehen werden, um die Einfüsse der Gefäßwände auszuschalten; mindestens 50 Beobachtungen müssen für jedes Teilchen ausgeführt und die Verschiebungsgröße nach einer Richtung alle vier Sekunden ermittelt werden, zu welchem Zwecke ein sorgfältigst geeichtes, quadriertes Gitter im Okular verwendet werden muß.

Die Genauigkeit dieser Methode ist ziemlich gering, da der Radius mit dem Quadrat der Verschiebung variiert. Sehr exakte Messungen wurden von Chaudesaigues<sup>2)</sup> ausgeführt.

#### 4. Bestimmung der Teilchengröße durch Messung der Absetzungsgeschwindigkeit.

Die Anwendung der Stokes'schen Formel auf kolloide Lösungen gestattet uns, die Teilchen-

größe zu bestimmen, sobald wir die Viskosität und Dichte des Mediums und die Dichte der Partikeln kennen. Die Formel lautet:

$$v = \frac{F}{6\pi\eta r}$$

wo v die Geschwindigkeit und F die auf die Teilchen angewandte Schwerkraft bedeutet, nämlich

$$F = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \rho^1) g.$$

Wenn wir diesen Wert für F einsetzen, erhalten wir:

$$r^2 = \frac{9}{2} \frac{\eta}{2(\rho - \rho^1)g} \cdot v. \quad (7)$$

Wenn wir kolloides Gold in Wasser berücksichtigen, so erhalten wir bei  $20^\circ \rho - \rho^1 = 18,27$ ,  $\eta = 0,010$ ,  $g = 980$  cm, und daher

$$r^2 = 2,51 \cdot 10^{-6} r.$$

Wenn wir demgemäß die Zeit messen, welche zum Sinken um 0,1 mm nötig ist, so erhalten wir: Für  $r = 1000 \mu\mu$  ist die Zeit für 0,1 mm 2,5 Sek.

"  $r = 100 \mu\mu$  " " " " 0,1 " 250 "

"  $r = 10 \mu$  " " " " 0,1 " 25000 "

= 7 Stunden.

Man ersieht daraus, daß dieses Verfahren nur auf grobe Suspensionen, die ungefähr an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit stehen, anwendbar ist.

#### 5. Bestimmung der Teilchengröße durch Diffusion.

Wm. Sutherland (1905), A. Einstein (1906) und M. Smoluchowski (1906) haben die folgende Beziehung zwischen der Diffusionskonstante  $\delta$ , der Viskosität und dem Teilchenradius aufgestellt:

$$\delta = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta r} \quad (8)$$

Wm. Sutherland, Cunningham<sup>3)</sup> und Millikan<sup>4)</sup> haben diese Formel auf Fälle ausgedehnt, auf welche die Stokes'sche Formel nicht paßt, wenn sie die folgende Form annimmt:

$$\delta = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1 + A \frac{a}{r}}{6\pi\eta r}, \quad (9)$$

wo A eine Konstante von dem angenäherten Wert 0,815 und a die mittlere Bahn der Moleküle des Lösungsmittels bedeuten. Der Korrektionsausdruck verschwindet, sobald der Teilchenradius groß ist im Vergleich zur mittleren Weglänge.

<sup>3)</sup> Proc. Roy. Soc. 1910.

<sup>4)</sup> Physik. Zeitchr. 1910.

<sup>2)</sup> Compt. rend. 1911 (147, 1044 [1908]? D. Uebers.).

Wenn wir kolloide Lösungen in Wasser bei gewöhnlicher Temperatur betrachten, so wird die Formel:

$$\delta = 1,83 \cdot 10^{-13} \frac{1}{r} (\text{cm}^2 \times \text{sec.}) = 1,58 \cdot 10^{-6} \frac{1}{r} (\text{cm}^2 \times 24 \text{ St.})$$

So wird z. B.:

Für  $r = 1 \mu\mu$ ,

$$\delta = 18,3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2 \times \text{sec.} = 0,158 \text{ cm}^2 \times 24 \text{ St.}$$

„  $r = 10 \mu\mu$ ,

$$\delta = 1,83 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2 \times \text{sec.} = 0,0158 \text{ cm}^2 \times 24 \text{ St.}$$

„  $r = 100 \mu\mu$ ,

$$\delta = 0,183 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2 \times \text{sec.} = 0,00158 \text{ cm}^2 \times 24 \text{ St.}$$

Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß die Diffusionskonstante für Harnstoff 0,97 ( $\text{cm}^2 \times 24 \text{ St.}$ ) ist, so sehen wir, daß die Diffusionsmethode nur im Falle sehr hochdisperser Systeme anwendbar ist, wie solche von J. R. Herzog, The Svedberg und Dabrowski<sup>5)</sup> untersucht worden sind. Die besten Ergebnisse sind sicherlich diejenigen von Dabrowski, trotz alledem bleibt dies Verfahren ein ziemlich langwieriges, da es Untersuchungen erfordert, die sich über Wochen oder sogar Monate erstrecken, und da es nur auf solche Sole anwendbar ist, welche sich mit der Zeit nicht verändern. Diese Ueberlegungen zwingen dazu, die an Albumin erhaltenen Resultate etwas skeptisch anzusehen, von dem festgestellt worden ist, daß es Teilchen von 2,9 bis zu 1,43  $\mu\mu$  enthalten soll.

#### 6. Bestimmung der Teilchengröße durch die Lichtabsorption.

Die Untersuchungen von J. Garnett<sup>6)</sup>, G. Mie<sup>7)</sup>, Wood<sup>8)</sup> und The Svedberg<sup>9)</sup> haben erwiesen, daß eine enge Beziehung besteht zwischen Teilchengröße und Lichtabsorption durch die Kolloide. Unsere Kenntnisse über die optischen Eigenschaften von Kolloiden sind noch nicht genügend vorgeschritten, um uns für irgendein beliebiges Sol die Ableitung der Teilchengröße aus dem Absorptionskoeffizienten zu ermöglichen. Wir vermögen jedoch für jede beliebige Lösung die Aenderung der Größe durch das Studium der Absorptionsvariation zu verfolgen, wie es The Svedberg getan hat.

Es scheint, daß der Absorptionskoeffizient häufig dem Volumen der Teilchen proportional, d. h. gleich  $\frac{r^3}{C}$  ist; die Methode zeigt daher geringe Veränderungen der Größe an.

<sup>5)</sup> Akad. von Krakau 1912.

<sup>6)</sup> Philos. Trans. 1904, 1905.

<sup>7)</sup> Ann. d. Physik 1908.

<sup>8)</sup> Physical Optics.

<sup>9)</sup> Existenz d. Moleküle 1912.

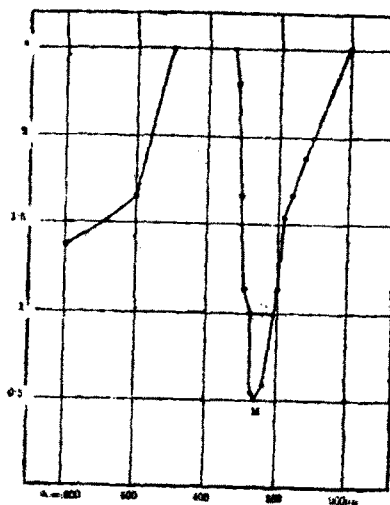
Für den praktischen Zweck ist es ratsam, den Absorptionskoeffizienten für geringe Wellenlängen zu bestimmen, und speziell für das Ultraviolett. Als Beispiel können wir die Untersuchung eines nach dem Bredig'schen Verfahren in reinem Wasser dargestellten Silbersols anführen; das Sol enthielt im Liter 0,14 g Silber in kolloidem und 0,020 g in gelöstem Zustande als Oxyde. Bestimmungen des Absorptionskoeffizienten  $\epsilon$ , die nach der spektrophotometrischen Methode mittels eines Quarzspektrographen ausgeführt und nach der Formel

$$f = f_0 \times 10^{-\epsilon d},$$

wod  $d$  die Dicke in Zentimetern bedeutet, berechnet wurden, ergaben für den Koeffizienten  $\epsilon$  die folgenden Werte:

$\lambda = 600 \mu\mu$	500	450	360	355	344	340
$\epsilon = 1,4$	1,7	2,5	2,5	2,3	1,7	1,15
	333	325	321	318	310	305
	1,0	0,54	0,51	0,55	0,78	1,0
	300	290	275	260	250	236
	1,15	1,52	1,70	1,90	2,0	2,2
	226	220				
	2,5	2,7.				

Die untenstehende Kurve stellt das Absorptionsspektrum des kolloiden Silbers dar. Man ersieht, daß ein sehr ausgesprochenes Absorptionsminimum  $m$  besteht, welches  $\lambda = 321 \mu\mu$  entspricht. Das ist genau der gleiche Wert von  $\lambda$ , für den E. Hagen und H. Rubens das Maximum der Transparenz von metallischem Silber in Form sehr dünnen Blättchen gefunden haben.



Für gleichen Silbergehalt haben wir gefunden, daß die Lage des Absorptionsminimums sich nur wenig ändert, daß sich aber andererseits der Absorptionsgrad für  $\lambda = 321$  ziemlich

beträchtlich mit der Teilchengröße verschiebt. Diese Methode läßt daher, erhoffen, in ihr ein Mittel zur Bestimmung der Teilchengröße durch den Absorptionskoeffizienten zu finden.

7. Bestimmung der Teilchengröße durch Messung der Intensität von seitlich zerstreutem Licht.

Lord Rayleigh (1871) hatte gezeigt, daß die Intensität des durch eine Suspension seitlich zerstreuten Lichtes, durch welche ein Lichtstrahl bekannter Intensität gesandt wird, durch folgenden Ausdruck wiedergegeben werden kann:

$$c = \frac{A n r^6}{\lambda^4}, \quad (10)$$

wo A ein von den Brechungsindizes des Mediums und der Teilchen, der Intensität des Lichtbündels und dem Winkel, unter welchem das zertreute Licht beobachtet wird, abhängiger Faktor ist; n ist die Anzahl der Teilchen und  $\lambda$  die Wellenlänge des zerstreuten Lichtes.

Wenn die Zahl der Teilchen konstant bleibt, so wächst die Intensität des seitlich zerstreuten Lichtes mit der sechsten Potenz des Radius; sie verändert sich also außerordentlich rasch, und aus diesem Grunde ist die Tyndall'sche Methode so empfindlich zum Nachweis der geringsten Kolloidspuren, selbst wenn sie in hochdisperssem Zustande vorliegen.

Die Formel (10) erweist, daß die Intensität c sehr rasch wächst, sobald die Wellenlänge  $\lambda$  abnimmt.

Dies Verfahren ist äußerst empfindlich und gibt selbst bei sehr feinen Suspensionen exakte Resultate. Es gestattet in praxi bei violettem oder ultraviolettem Licht zu arbeiten, welches durch die in einem Quarztrog mit vier parallelen Wänden

befindliche Lösung hindurchgesandt wird. Der Trog wird an den Schlitz eines Spektrographen gelegt und das im rechten Winkel zu dem einfallenden Strahl abgelenkte Lichtbündel wird photographiert. Nach der Entwicklung ist es leicht, photometrisch aus dem Spektrogramm die Intensität des zerstreuten Lichtes für jeden Wert von  $\lambda$  zu bestimmen. Meine diesbezüglichen Versuche sollen an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Die untenstehende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der Methoden zur Bestimmung der Teilchengröße von Kolloiden.

Methoden	Bestimmbare Größen	Beziehung zwischen bestimmten Größen und Radius	Grenze der Anwendbarkeit $\mu\mu$
Veränderung der Konzentration mit der Höhe	$\rho, \rho^1$	$h r^3 = K \log \frac{n^0}{n}$	$r > 50$
Brown'sche Bewegung. . . .	$\eta$	$r^2 = Kt$	$r > 50$
Absetzungsgeschwindigk.	$\eta, \rho, \rho^1$	$r^2 = Kv$	$r > 100$
Diffusionsgeschwindigk.	$\eta$	$\delta r = K$	$r > 10$
Lichtabsorption.	—	$r^3 = K\epsilon$	—
Seitliche Lichtablenkung . .	—	$r^6 = K\lambda^4$	—

Es ist ersichtlich, daß, je nach der Teilchengröße, eine oder die andere dieser verschiedenen Methoden anzuwenden sein wird. Wenn es sich um Erreichung eines gewissen Genauigkeitsgrades handelt, so wird es sich allerdings notwendig machen, mehrere Methoden nebeneinander zu benutzen.

## Ueber Proteinsole stetig variierenden Dispersitätsgrades.<sup>1)</sup>

Von W. Ramsden und N. G. Chavasse (Oxford).

Ein kurzer Bericht über einige Versuche, die N. G. Chavasse und ich über die Viskosität von denaturierten Eialbuminlösungen angestellt haben, könnte vielleicht in dieser Diskussion von Interesse sein. Wir haben Serien von Proteinsolen hergestellt, bei denen die Sole, trotzdem sie anscheinend chemisch identisch waren, sich durch verschiedene physikalische Eigenschaften bedeutend unterscheiden. Wir nehmen an, daß diese Unterschiede lediglich

auf Verschiedenheit in der Größe der „Lösungsaggregate“ bei den verschiedenen Solen jeder Serie zurückzuführen sind.

Die von uns verwendete Herstellungsmethode gründet sich auf die Beobachtung des einen von uns, daß Eialbumin in starken Harnstofflösungen leicht einer Denaturierung unterliegt und daß stärkere Albuminlösungen in ein klares festes Gel von koaguliertem Protein umgewandelt werden, während schwächere Lösungen lösliche Metaproteine ergeben. Es erschien uns deswegen möglich, daß wir durch Denaturierung

<sup>1)</sup> Uebersetzt von H. Brehm (Dresden).