

INDUSTRIAL REVIEW — ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБЗОР

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TEILCHENGRÖSSE ALS KENNWERT DER LEISTUNG SCHNELLER KLÄRZENTRIFUGEN

von

J. NÉMETH und R. HORÁNYI

Die Trennung von Suspensionen gehört zu den häufig anfallenden Aufgaben der chemischen Technologie. Nachweislich bildet das Zentrifugieren ein vorteilhaftes Trennverfahren bei allen Suspensionen, die dem STOKESSCHEN Sedimentationsgesetz gehorchen. Aus diesem Grund eignen sich die mit hohen Drehzahlen arbeitenden Rohrzentrifugen in erster Linie zum Klären von Suspensionen, die Teilchen von geringer Wichte und in Größen von weniger als 50 ... 60 μ enthalten. Die Teilchensedimentation in der Klärzentrifuge kann auf ihre radiale und axiale Komponente untersucht werden.

Bezeichnet v_0 die Geschwindigkeit der schwerkraftbedingten Sedimentation und v die Geschwindigkeit der radial gerichteten Sedimentation in der Rohrzentrifuge, dann gilt im Sinne des obigen

$$v_0 = \frac{D^2 (\varrho_1 - \varrho_2)}{18 \eta} g$$

und

$$v = \frac{D^2 (\varrho_1 - \varrho_2) a_r}{18 \eta} = \frac{D^2 (\varrho_1 - \varrho_2)}{18 \eta} 4 \pi^2 r n^2,$$

für den Quotienten der beiden Geschwindigkeiten hingegen — nach Umordnung —

$$\frac{v}{v_0} = \frac{4 \pi^2 r n^2}{g} \cong 4 r n^2. \quad (1)$$

Der Zusammenhang (1) besagt, daß die Sedimentationsgeschwindigkeit des vom Radius r ausgehenden Teilchens in der Rohrzentrifuge das $(4r n^2)$ -fache der freien Sedi-

mentationsgeschwindigkeit erreicht. Da die Zentrifugalkraft in radialer Richtung wächst, ist die Sedimentationsgeschwindigkeit nicht konstant, sie erhöht sich vielmehr längs des Radius. Analytisch kann dies — unter Vernachlässigung der Coriolis-Beschleunigung — durch die Bewegungsgleichung

$$m_1 \frac{dv}{d\tau} = r \omega^2 (m_1 - m_2) - 3 \pi \eta D v \quad (2)$$

beschrieben werden. Dividiert man mit dem dem m_1 zugehörigen Teilchenvolumen, dann hat man nach Umordnung

$$\frac{dv}{d\tau} - \frac{\varrho_1 - \varrho_2}{\varrho_1} r \omega^2 + 18 \eta \frac{v}{D^2 \varrho_1} = 0$$

oder

$$\frac{dv}{d\tau} - A r \omega^2 + B v = 0.$$

Differenziert man diese Gleichung nach der Zeit, dann erhält man eine lineare und homogene Differentialgleichung zweiten Grades mit konstanten Koeffizienten, u. zw.

$$\frac{d^2 v}{d\tau^2} + B \frac{dv}{d\tau} - A \omega^2 v = 0,$$

deren Integral sich z. B. nach KANTOROWITSCH [1] zu

$$v = \frac{A \omega^2 r_0}{z_1 - z_2} (e^{z_1 \tau} - e^{z_2 \tau}) \quad (3)$$

schreibt, während die Wurzeln der charakteristischen Gleichung die Formen

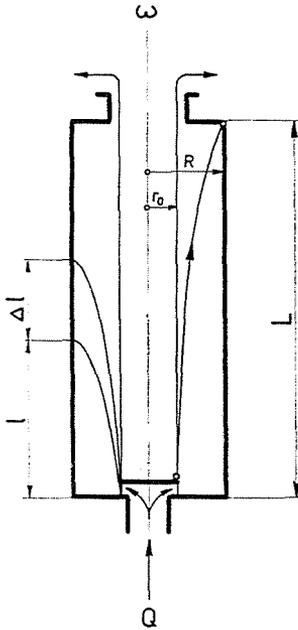


Abb. 1. Aufbauprinzip der schnellen Klärzentrifuge

$$z_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4A\omega^2}}{2}$$

und

$$z_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 + 4A\omega^2}}{2}$$

haben. Die mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit läßt sich entweder durch Integration gemäß

$$\bar{v} = \frac{1}{R - r_0} \int_{r_0}^R v dr$$

oder durch die Sedimentationsgeschwindigkeit

$$\bar{v} = \frac{R - r_0}{t}$$

ausdrücken, wobei t aus der Gleichung

$$R = \frac{A\omega^2 r_0}{z_1 - z_2} \left(\frac{e^{z_1 t}}{z_1} - \frac{e^{z_2 t}}{z_2} \right)$$

zu ermitteln ist. Da jedoch diese Gleichung nur schwer gelöst werden kann und da sich die Teilchen bei den Randbedingungen der Rohrzentrifuge nur geringfügig beschleunigen, begnügt man sich für gewöhnlich mit der ungünstigsten Möglichkeit, d. h. mit der einfachen Integration der der inneren Flüssigkeitsoberfläche mit dem Radius r_0 zugeordneten konstanten Sedimentationsgeschwindigkeit v über den Bereich von $(R - r_0)$. Auf dieser Grundlage erhält man für die Dauer der Sedimentation in radialer Richtung ein

$$t = \frac{9 \eta}{2 \pi^2 (\rho_1 - \rho_2) D^2 n^2} \ln \left(\frac{R}{r_0} \right), \quad (4)$$

und hieraus annähernd

$$t \cong \frac{0,456 \eta}{D^2 n^2 (\rho_1 - \rho_2)} \ln \frac{R}{r_0}.$$

In der Klärzentrifuge setzt sich das Teilchen nicht nur in radialer Richtung ab, es bewegt sich mit der einlaufenden Suspension auch in axialer Richtung. Die Abb. 1 veranschaulicht jenen Fall, in dem das Teilchen, nachdem es sich vom Radius r_0 losgelöst hat, den Trommelradius R eben an der Trommellänge L erreicht. In Wirklichkeit handelt es sich bei den Suspensionen um polydisperse Systeme. In diesem Falle lösen sich die am langsamsten und die am schnellsten sedimentierenden Teilchen von gleichem Halbmesser r_0 ab und sammeln sich in einem Δl hohen Streifen an. Die radiale Geschwindigkeitsverteilung der Suspensionsströmung in axialer Richtung und die Frage, ob es sich um eine laminare oder um eine turbulente Strömung handelt, ist noch umstritten. Nach den Versuchen der Verfasser [2] läßt sich die axiale Strömung in der Klärzentrifuge mit hinreichender Genauigkeit durch die LAMBSche axiale Kreisringströmung

$$W = \frac{Q}{2 \pi \alpha} \left(R^2 - r^2 - 2r_0^2 \ln \frac{R}{r} \right) \quad (5)$$

beschreiben, in der

$$\alpha = \frac{R^4 + 3r_0^4}{4} - R^2 r_0^2 + r_0^4 \ln \frac{R}{r_0}.$$

Mit dem Quotienten aus der axial gerichteten Geschwindigkeit W und der radial gerichteten Sedimentationsgeschwindigkeit v kann die axiale Verschiebung des D großen, vom Radius r_0 abgelösten Teilchens am Trommelmantel mit dem Halbmesser R aus der Formel

$$l = \frac{\alpha_1}{D^2} \left(\frac{R^2}{2} \ln \frac{R}{r_0} - \frac{r_0^2}{2} \ln^2 \frac{R}{r_0} - \frac{R - r_0^2}{4} \right) \quad (6)$$

unschwer rechnerisch ermittelt werden. In dieser Formel ist

$$\alpha_1 = \frac{18 Q \eta}{\alpha \pi \omega^2 \Delta \rho} \quad \Delta \rho = \rho_1 - \rho_2.$$

Wie aus (6) ersichtlich, ist die Bewegung in axialer Richtung dem Quadrat der Teilchengröße umgekehrt proportional. Bei polydispersen Suspensionen ergibt sich hieraus auch bei gleichen Sedimentationswegen ein relativ breiter Sedimentationsstreifen Δl .

Das Q der Gleichung (5) und (6) bezeichnet die in der Zeiteinheit in die Zentrifuge einfließende Suspensionsmenge, mit anderen Worten die Leistung der Zentrifuge. Ihre Ermittlung ist kompliziert, weil sie durch eine zusammengesetzte Funktion:

$$Q = f \{ w [l(D), t(D)] \}$$

beschrieben wird. Wie hieraus hervorgeht, ist für die Leistung letzten Endes die Teilchengröße D kennzeichnend, denn mit den obigen Bezeichnungen gilt

$$Q = w (R^2 - r_0^2) \pi,$$

wobei

$$w = \frac{1}{R - r_0} \int_{r_0}^R W dr = \frac{L}{\bar{l}}$$

und

$$L = f [l(D)] \text{ bzw. } \bar{l} = f [l(D)].$$

Die weitere Untersuchung dieser beiden letzteren Funktionen, die die axiale Bewegung und die durchschnittliche Aufenthaltszeit beschreiben, ist Gegenstand einer weiteren Publikation [2]. Im folgenden soll deshalb

die für die Leistung kennzeichnende Teilchengröße einer eingehenderen Betrachtung unterzogen werden.

Die früheren Bemessungsmethoden setzten die kennzeichnende Teilchengröße der Trennkorngröße gleich und nahmen an, daß sich in der Trommel alle Teilchen absetzen, die größer sind als das Trennkorn, daß also im Überlauf nur Teilchen vorkommen können, die kleiner sind als das Trennkorn. In Wirklichkeit aber liegen die Dinge anders. Im Niederschlag finden sich auch kleinere Teilchen als das Trennkorn, während in den Überlauf auch Teilchen hineingeraten, deren Größe die als theoretisch zu bezeichnende Trennkorngröße übersteigt. Die vorliegende Abhandlung verfolgt deshalb im weiteren das Ziel, ein neues Berechnungs- und Meßverfahren zu beschreiben, welches unter Berücksichtigung der tatsächlichen Verhältnisse eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Klärzentrifugenversuchen zeigt.

Den Gegenstand der Untersuchung bilde eine polydisperse Suspension mit bekannter Teilchenverteilung, die den Querschnitt $(R^2 - r_0^2)\pi$ beim Auffüllen gleichmäßig ausfüllt.

Die Teilchenverteilung in dispersen Systemen kann nach einer Vielzahl von Verfahren untersucht werden. Am häufigsten sind die Sedimentationsanalysen, die sich wieder danach unterscheiden, ob sie im Schwere- oder im Fliehkraftfeld vorgenommen werden. Weiterhin kann nach der Art der Untersuchung zwischen *optischer* und *Radioindikationsmethode* sowie *Verfahren mit Messung des Gewichts*, der *Konzentration*, der *Suspensionsdichte* und des *hydrostatischen Drucks* unterschieden werden.

Unter den Methoden zur Untersuchung der Sedimentation schien Verfassern die von SVEN ODEN [3] geeignet, um — auf ihrem Grundprinzip aufbauend — ein neues Verfahren entwickeln zu können. Die ODENSche Methode besagt im wesentlichen, daß von dem zeitabhängig gemessenen Niederschlagsgewicht nur jene Teilchen in die Teilchenverteilungskurve eingehen, die sich an dem in die Suspension gehängten Teller aus ein und derselben Entfernung H absetzen.

Den Gang der Auftragung veranschaulicht die Abb. 2. Das Schaubild rechts zeigt die Sedimentationskurve. Die Ordinate ist im gegebenen Falle eine relative Gewichtsmenge

$$\bar{G} = \frac{G}{G_0}$$

Im Zeitbereich $t_u \leq t_0$ ist

$$\frac{d\bar{G}}{dt} = \text{konst.},$$

Das zweite Glied von (9) repräsentiert jene Teilchen, deren äquivalenter Durchmesser kleiner ist als der nach Gl. (8) und nach dem STOKESSchen Gesetz berechnete äquivalente Teilchendurchmesser

$$D_1 = \sqrt{\frac{18 \eta H}{t_1 (\rho_1 - \rho_2) g}} \quad (10)$$

Die Anwesenheit von Teilchen auf dem Teller der Waage, die über eine geringere Sedimen-

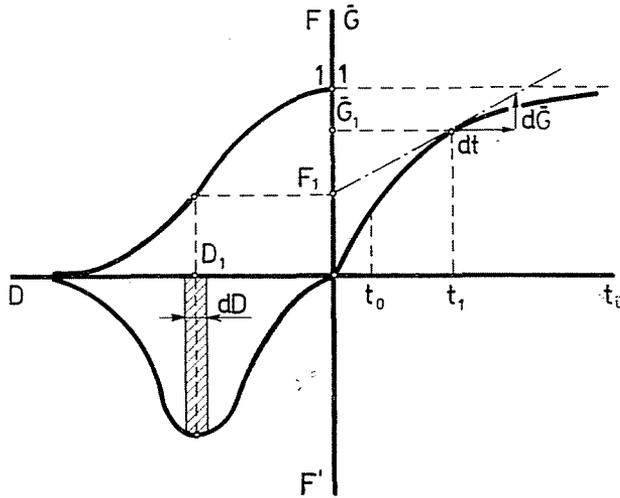


Abb. 2. Bestimmung der Teilchenverteilungskurve nach S. ODEN

und erst nachdem sich die größten Teilchen abgesetzt haben, beginnt sich die in der Zeiteinheit anfallende Sedimentmenge zu ändern. Dann gilt der Zusammenhang

$$\bar{G}_1 = F_1 + \frac{dG}{dt} t_1, \quad (7)$$

in welchem $t_1 > t_0$. Dieser Zusammenhang gestattet es, jene Teilchenfraktion F_1 auszudrücken, für deren jede Komponente die Beziehung

$$v_0 \geq \frac{H}{t_1} \quad (8)$$

kennzeichnend ist, für die also die Gleichung

$$F_1 = \bar{G}_1 - \frac{d\bar{G}}{dt} t_1 \quad (9)$$

gilt.

tationsgeschwindigkeit verfügen als die gemäß (8) berechnete, erklärt sich daraus, daß ihr Sedimentationsweg kürzer war als H . Durch die Subtraktion gemäß Gl. (9) wird also die für Bewertung störende Menge der in Tellernähe befindlichen kleineren Teilchen ausgeschaltet, so daß die Möglichkeit gegeben ist, die Kurve des Integrals $F = f(D)$ der aus der gleichen Entfernung H sich absetzenden Teilchen und sodann nach Differentiation die Teilchenverteilungskurve mit der Ordinate

$$\frac{dF}{dt} = F'(D)$$

aufzutragen. Auf der Abszisse sind hierbei die sinngemäß durchschnittlichen Teilchendurchmesser abzutragen. (Vgl. die gemein-

same Achse der beiden Schaubilder in *Abb. 2* links.)

Die experimentellen Bedingungen für die Auftragung der Teilchenverteilungskurve waren folgende:

a) Die Suspension enthielt kugelförmige Teilchen, die sich ohne Beschleunigung absetzen;

b) die sedimentierenden Teilchen sind in so geringer Zahl anwesend, daß sie einander

verursachen, wenn sich die Teilchen der Suspension während des Versuchs zusammenballen, wenn sich an den Teilchen oder am Waagenteller kleine Luftbläschen ansetzen bzw. wenn die gleichmäßige Sedimentation durch Konvektionsströmungen nach oben behindert wird. Im Hinblick auf diese Umstände liegt die obere Grenze der durch die Sedimentationsanalyse erfassbaren Teilchengröße und das Dichteintervall bei $50 \dots 60 \mu$

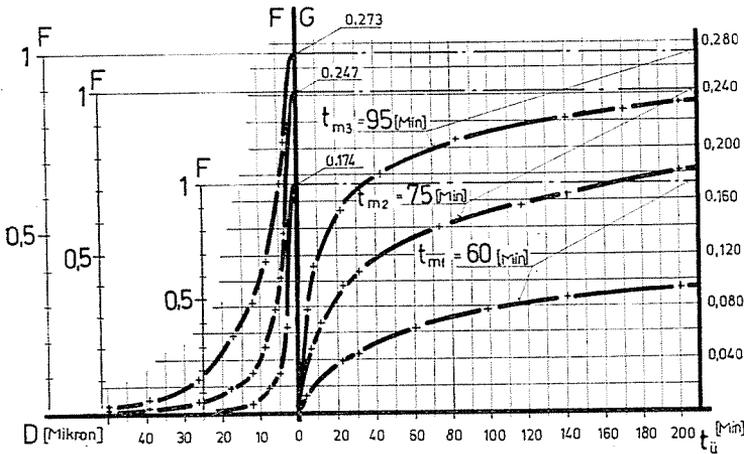


Abb. 3. Teilchenverteilungskurven einer Pigmentfarb suspension im Überlauf einer schnellen Klärzentrifuge bei wachsender Zentrifugierdauer. Die Messung erfolgte mit der Waage nach S. ODEN

in der Sedimentationsbewegung nicht behindern;

c) die Größe des Klärgerätdurchmessers reicht aus, um die Wandwirkung herabzusetzen. In der Nähe der Gerätewand ist nämlich das STOKESSche Gesetz nicht gültig.

Im allgemeinen weicht die Form der Teilchen realer polydispenser Suspensionen von der Kugelform um einiges ab. Es ist jedoch üblich, in solchen Fällen mit dem äquivalenten Durchmesser zu rechnen. Dies bedeutet, daß Teilchen und Kugeln mit gleicher Sedimentationsgeschwindigkeit auch gleiche Durchmesser haben.

Die Genauigkeit der Versuche wird durch mehrere Umstände weitgehend beeinflußt. So kann es Störungen und Ungenauigkeiten

bzw. bei 3 g/cm^3 , die untere Grenze hingegen — mit dem gleichen Dichtemaximum — $0,4 \dots 0,5 \mu$.

Als Modellsuspension wurde deshalb bei den Versuchen ein Pararot-Wasser-System mit einer Volumkonzentration von $0,2\%$ und einer Teilchendichte von $1,145 \text{ g/cm}^3$ verwendet. Die für die Analysen der Suspension entnommenen Proben von je 1000 cm^3 wurden zur Sicherung der homogenen Teilchenverteilung vor den Messungen jeweils gut durchgerührt (geschüttelt).

Die *Abb. 3* veranschaulicht eine charakteristische Sedimentations- und Verteilungs-Integralkurvenschaa, aufgetragen aufgrund von Versuchen mit der ungarischen Rohrzentrifuge Fs 45. Die Ziffern auf den ein-

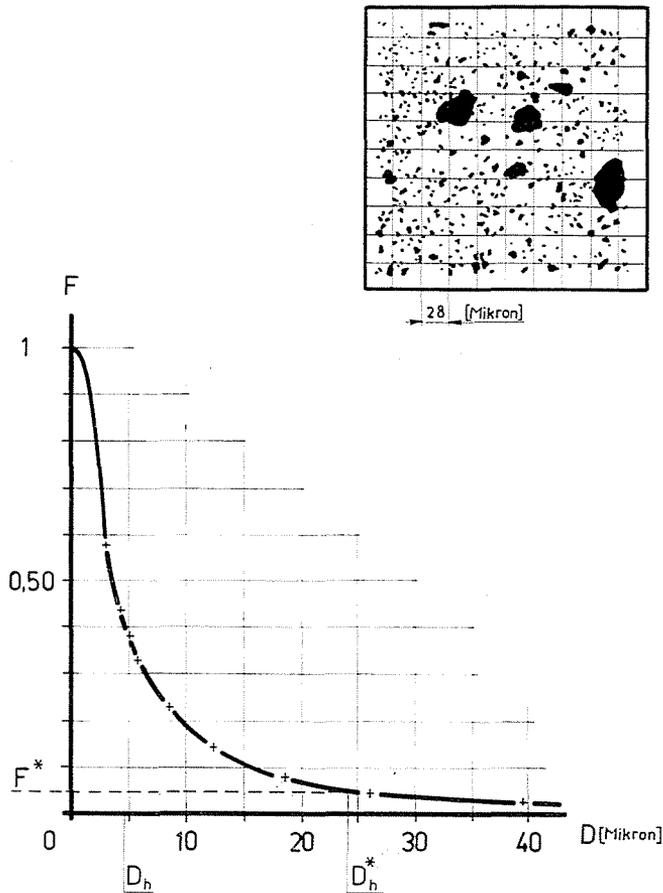


Abb. 4. Kurve der Teilchenverteilung in der bei der Messung verwendeten Pigmentfarbense suspension, bestimmt nach dem Verfahren von S. ODEN mit Hilfe einer Mikroaufnahme

zelen Kurven geben jene Zeitpunkte des Zentrifugierens an, zu dem die Proben dem Überlauf entnommen wurden. Die Versuche wurden bei einer Drehzahl von 10 000 U/min und bei einer Einlaufgeschwindigkeit von 53 l/h (= 14,7 cm³/s) durchgeführt.

Die Trommelkennwerte waren die folgenden:

Durchmesser	4,5cm
Trommellänge	16,5 cm
Dicke des Flüssigkeitsringes	1,25 cm.

Wie aus der in Abb. 3 links dargestellten Kurvenschar ersichtlich, ergaben sich bei den theoretischen Trennkorngrößenwerten gemäß Gl. (10) bei keiner der Analysen bestimmte Abszissenwerte.

Aus der Verflachung der Kurven geht hervor, daß sich im Überlauf zahlreiche Teilchen befanden, die größer waren als das betreffende Trennkorn. Dies wird auch aus der Mikroskopaufnahme in Abb. 4 deutlich, die nach 95 Minuten langem Zentrifugieren gemacht wurde. Auf der Abszisse der Verteilungskurve bedeutet das $D = D_h$ jene

Trennkorngröße, die sich aus (4) mit dem Zeitwert $t^+ = L/W$ ergibt.

Auch in den Überlauf der geklärten Suspension gelangen Teilchen, die größer sind als das Trennkorn, was vermutlich auf die labile, nicht kolbenartige Strömung in der Zentrifuge zurückzuführen ist. Auf Grund der bisherigen Ausführungen halten Verfasser die Bemessung aufgrund der Trennkorngröße für unrichtig. Ihrer Auffassung nach ist es vielmehr richtig, sowohl den Einlauf der Sus-

Bestimmung der kennzeichnenden Teilchengröße wird man also einen Teil dieser großen Teilchen — sie können »vagabundierende« Teilchen genannt werden — zweckmäßig vernachlässigen.

Unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit der Torsionswaagen ergibt sich für diese vernachlässigbare Menge ein Wert von 3... 5% der gesamten abgesetzten Menge. Da es sich nur um die großen vagabundierenden Teilchen handelt, soll dieser Wert mit F^x

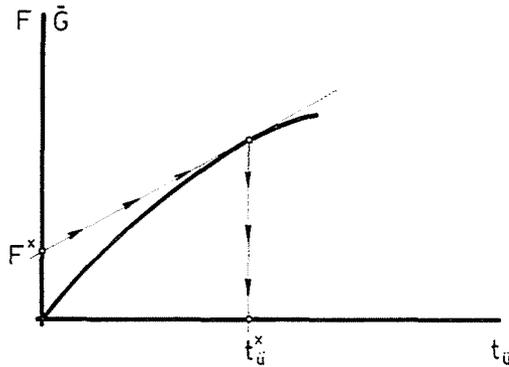


Abb. 5. Graphisches Verfahren zur Bestimmung der kennzeichnenden Teilchengröße

pension als auch den Überlauf durch die Verteilungs-Integralkurve zu kennzeichnen und höchstens zur Vereinfachung der Rechenarbeit auf der Verteilungskurve eine *kennzeichnende Teilchengröße* abzutragen. Diese Teilchengröße ist im Sinne der bisherigen Ausführungen größer als das Trennkorn und auch charakteristischer für das reale Klärzentrifugieren.

Da die höchstzulässige Größe der in den Überlauf gelangenden Teilchen für gewöhnlich das technologisch gegebene Erfordernis darstellt, bildet die Bestimmung der für die reale Teilchenverteilung kennzeichnenden maximalen Teilchengröße eine wichtige Aufgabe.

Die Menge der Teilchen, die größer sind als das theoretische Trennkorn, läßt sich durch Planimetrieren der Fläche unter der Verteilungs-Integralkurve zwar ermitteln, in der Mehrzahl der Fälle macht jedoch die geringe Zahl von Meßpunkten bei den großen Teilchen dieses Verfahren ungenau. Zur

bezeichnet werden. Für die Bestimmung der kennzeichnenden Teilchengröße bieten sich unter solchen Umständen zwei Möglichkeiten. Bei der einen ergibt sich die höchstzulässige Größe D_h^x des Teilchens, welches in den Überlauf gelangen kann, indem man von F^x eine Waagrechte zieht, die die Verteilungs-Integralkurve schneidet. Wegen des spitzen Winkels ist jedoch der Schnittpunkt recht unbestimmt (vgl. Abb. 4). Aus diesem Grunde wendet man zweckmäßig die zweite Methode an, die an der vergrößerten Sedimentationskurve in Abb. 5 dargestellt ist. Nach dieser Methode erhält man die kennzeichnende Teilchengröße, wenn man von F^x an die Sedimentationskurve eine Tangente legt, was als umgekehrte ODENSEsche Methode bezeichnet werden kann. Mit der dem Berührungspunkt zugehörigen Sedimentationsdauer t_u^x kann der gesuchte Durchmesser D_h^x aus Gl. (10) ermittelt werden. Die als Beispiel geschilderte Versuchsreihe hat für die theoretische Trennkorngröße und für die nach dem

umgekehrten ODENSCHEN Verfahren ermittelte kennzeichnende Teilchengröße folgende Werte ergeben.

Der Begriff der Teilchengröße in seiner von den Verfassern definierten Form hat einige Ähnlichkeit mit dem in der sowjetischen

Dauer d. Zentrifugierens [min]	0	60	75	95
theor. Trennkorngröße [10^{-3} mm]	4,75	4,75	4,75	4,75
kennzeichnende Teilchengröße [10^{-3} mm]	6,75	14,0	18,0	34,0

Nach dieser Tabelle bestehen fallweise erhebliche Abweichungen. Sie deuten anschaulich auf jenen Fehler hin, den man begehen würde, wenn man die Leistung beim Klären flüssiger Suspensionen und die Reinheit des Überlaufs aufgrund der theoretischen Trennkorngröße berechnen würde.

Fachliteratur [1] gebräuchlichen Begriff der effektiven Teilchengröße, die dem 17%igen Ordinatenwert der Verteilungs-Integralkurve zugeordnet werden kann. Wegen der begründeten und weit geringeren Vernachlässigung sowie wegen der beschriebenen Vorteile der Auftragung liefert jedoch die kennzeichnende

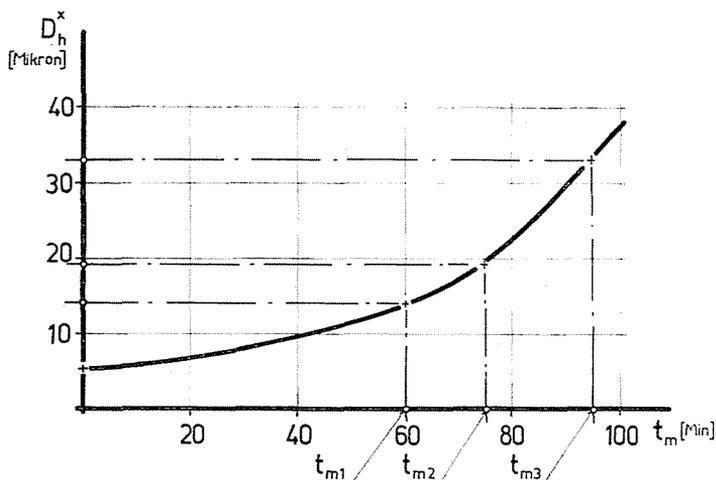


Abb. 6. Zusammenhang zwischen Zunahme der kennzeichnenden Teilchengröße und Dauer des Zentrifugierens

Einen anderen Vorzug des neuen Verfahrens zur Bestimmung der kennzeichnenden Teilchengröße veranschaulicht die Abb. 6. Die in Abhängigkeit von der Zentrifugierdauer aufgetragene Kurve der Änderung des Durchmessers D_h^x steigt nach 70 . . . 80 Minuten steil an, was auf eine stärkere Trübung des Überlaufs hindeutet. Das Verfahren gestattet also auch reale Rückschlüsse auf die optimale Zeitdauer des Zentrifugierens und damit auf eines der wichtigsten Probleme von Bemessung und Betrieb der Zentrifuge.

Teilchengröße nach Auffassung der Verfasser realere Werte für die im Überlauf vorhandenen Teilchen als der effektive Teilchendurchmesser.

Beim Betrieb von Klärzentrifugen läßt sich ein anfängliches Zeitintervall bestimmen, in welchem die Reinheit des Überlaufs annähernd konstant [4] und folglich auch die für die Leistung kennzeichnende Teilchengröße annähernd konstant ist. Die genauere Untersuchung (Abb. 6) zeigt eine langsame Verunreinigung des Überlaufs, was auch aus der

anfänglichen Verschiebung der Teilchenverteilungskurven hervorgeht (vgl. *Abb. 3*). Nach Ansicht der Verfasser genügt es deshalb, bei den kinetischen sowie bei den Strömungs- und Leistungsuntersuchungen keineswegs, die anfänglichen Verteilungs-

zusammenggebauten Zustand in *Abb. 8* dargestellt. Das Gerät ist eine niedrig gebaute Trommelzentrifuge. Einlauf und Probeentnahme können auch am rotierenden Gerät vorgenommen werden. Damit ist die hemmende Auswirkung des Hochlaufens und Abbrem-

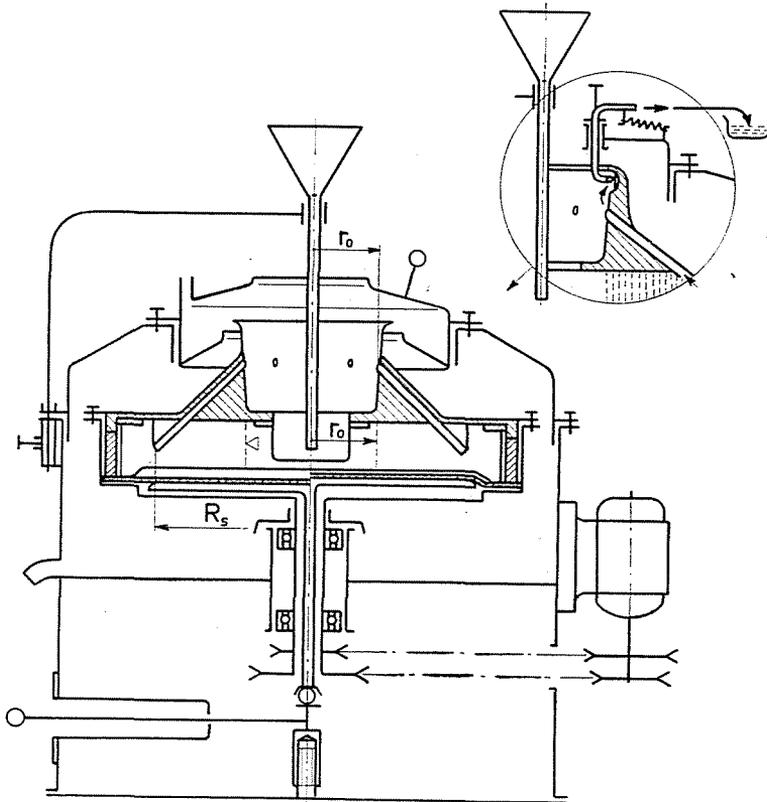


Abb. 7. Das neue Gerät (Typ LK—417) zur Bestimmung der Teilchenverteilungskurve nach dem Zentrifugalprinzip

kurven zu kennen, vielmehr ist hierzu, wie bereits weiter oben ausgeführt, auch die Kenntnis der Teilchenverteilung in den Proben vonnöten.

Aus diesem Grunde haben Verfasser zur schnellen und verlässlichen Aufnahme der Teilchenverteilungskurven ihr neues Teilchenverteilungs-Meßgerät entwickelt und zum Patent angemeldet [5]. Das Schaltschema des Gerätes ist in *Abb. 7*, das Gerät selbst im

sens auf die Sedimentation ausgeschaltet. Die Proben von etwa 6 cm^3 lassen sich dem Untersuchungsprogramm entsprechend jeweils in wenigen Sekunden absaugen. Zur Verhinderung von Veränderungen des Flüssigkeitsstandes im Inneren des Gerätes braucht bloß die Gummimembran im unteren Teil der Trommel der fehlenden Probemenge entsprechend angehoben zu werden (vgl. den Querschnitt in *Abb. 7* rechts). Das Neue am

Gerät besteht darin, daß mit ihm bei ungestörtem Zentrifugalkraftfeld die Sedimentationskurve disperser Systeme mit dispersen Phasen in der Größenordnung von 10^{-3} mm leicht und schnell aufgenommen, daß die

Zusammenfassung

Verfasser geben zunächst eine kurze Einleitung über die Teilchenbewegung im Kraftfeld von Rohrzentrifugen, um sodann auf

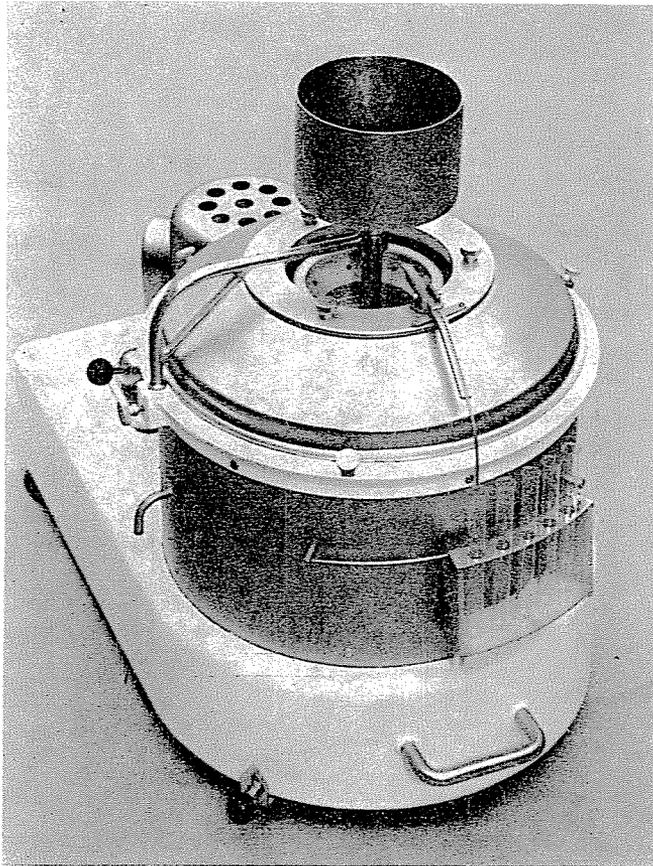


Abb. 8. Ansicht des neuen Teilchenverteilungs-Meßgerätes (Typ LK—417)

Proben während des Betriebes gezogen werden können und daß schließlich Drehzahl und Sedimentationsweg konstant bleiben.

Der Prototyp des Gerätes ist in den Budapester Chemieapparate-Werken fertiggestellt worden. Die Probemessungen wurden mit bestem Erfolg abgeschlossen.

die radiale und axiale Bewegung der Teilchen im Zentrifugalkraftfeld mit den für klärtechnische Zwecke in Frage kommenden Vernachlässigungen einzugehen. Für die axiale Richtung der Strömung ist nach ihrer Auffassung die LAMBSche Geschwindigkeitsverteilung gültig.

Bezeichnungen

Verfasser behandeln weiterhin jenes klärtechnische Problem, welches bei den Messungen die übliche Deutung und Anwendung des Begriffes der Trennkorngröße erschwert, und folgern auf die Notwendigkeit einer neuen Betrachtungsweise und Methode bei der Auswertung zentrifugierter Suspensionen.

Die Teilchenverteilungskurve trugen sie direkt anhand der Bestimmung der kennzeichnenden Teilchengröße nach dem umgekehrten ODENSchen Verfahren auf, wobei sie die sog. »vagabundierenden« Teilchen vernachlässigten. Sie weisen nach, daß es den realen Verhältnissen besser entspricht, statt der klassischen Trennkorngröße die von ihnen definierte kennzeichnende Teilchengröße zu benutzen.

Die mit der ungarischen Klärzentrifuge Typ Fs-45 durchgeführte Meßreihe hat die Richtigkeit der Annahmen bestätigt.

Zur schnellen Bestimmung der Teilchenverteilung haben Verfasser ein Zentrifugal-Sedimentometer konstruiert und zum Patent angemeldet, dessen Erprobung mit Erfolg abgeschlossen wurde.

Literatur

- [1] KANTOROWITSCH, Z. B.: Maschiny Himitcheskoi Promyslennosti Maschgis (1957)
- [2] HORÁNYI, R.: Szupercentrifugák kinetikai vizsgálata (Kinetische Untersuchung von Superzentrifugen). Kandidatursdissertation (1968)
- [3] ODEN, S.: Kolloidtechnische Zeitschrift 18 3 (1916)
- [4] HORÁNYI, R.: Kém. Közl. 31 31-47 (1969)
- [5] HORÁNYI, R.—NÉMETH, J.: Laboratóriumi Centrifuga Részecskeeloszlás Meghatározására. (Labor-Zentrifuge zur Bestimmung der Teilchenverteilung). Patentanmeldung einer Dienstleistung, 24. Januar 1968. Patentregister Nr AS 6.279.

a_r	Beschleunigung im Zentrifugalkraftfeld
D	äquivalenter Teilchendurchmesser im dispersen System cm
D_1	angenommene Teilchengröße cm
D_h	Trennkorn cm
D_h^x	nach neuem Verfahren bestimmte kennzeichnende Teilchengröße cm
$F(D)$	Integralkurve der Teilchenverteilung
F_1	ein der Zeit t_1 zugeordneter $F(D)$ -Wert
F^x	ein als kennzeichnende Teilchengröße angenommener Wert (0,03—0,05)
g	Schwerebeschleunigung cm/s^2
G	Größe der dispersen Phase der Suspension zu einem Zeitpunkt $t_{\bar{u}}$, gemessen auf der Waage nach S. ODEN g
$G_{\bar{u}}$	Gesamtniederschlag der dispersen Phase, gemessen auf der ODEN-Waage g
H	Höhe des Suspensionsspiegels im Meßzylinder über dem Teller der Waage cm
l	Trommelhöhe an der Mantellinie cm
L	Gesamttrommellänge cm
m_1	Teilchen und die durch dieses verdrängte Flüssigkeitsmasse cm
m_2	Drehzahl der Zentrifuge 1/s
n	Volumleistung cm^3/s
Q	äußerer Halbmesser des Dispersionsmittels cm
R	veränderlicher Radius im Bereich $R-r_0$ cm
r	innerer Halbmesser des Dispersionsmittels cm
r_0	die Dauer der Teilchensedimentation in radialer Richtung s
t	der theoretischen Trennkorngröße (D_h) zugehörige Dauer der radialen Sedimentation s.
t^+	Dauer der Sedimentation auf die ODEN-Waage s oder min.
$t_{\bar{u}}$	Sedimentationsdauer auf der Kurve $G(t_{\bar{u}})$, bis zu welchem Zeitpunkt die Gewichtszunahme linear bleibt s
T_0	dem Teilchendurchmesser D_h^x zugeordnete Sedimentationsdauer s
$t_{\bar{u}}^{\bar{u}}$	beliebiger Zeitpunkt auf der Kurve $G(t_{\bar{u}})$ s
t_1	Dauer des Zentrifugierens s
t_m	Zeit s
τ	Geschwindigkeit der radialen Sedimentation cm/s
v	Sedimentationsgeschwindigkeit im Schwerefeld
v_0	Geschwindigkeit des Dispersionsmittels in der Trommel in axialer Richtung cm/s
W	Winkelgeschwindigkeit der Zentrifugentrommel 1/s
ω	Dichte der dispersen Phase g/cm^3
Q_1	Dichte der flüssigen Phase g/cm^3
Q_2	Viskosität g/cm s
η	