

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN

SERIE 5 · NUMMER 16 · 1979

FILM E 2540

**Zweistufige Schubzentrifuge – Trennung
von Feststoff und Flüssigkeit
unter verschiedenen Betriebsbedingungen**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm, (Komm., deutsch), 16 mm, schwarzweiß, 155 m, 14¹/₂ min (24 B/s). Hergestellt 1978, veröffentlicht 1979.

Das Filmdokument ist für die Verwendung in Forschung und Hochschulunterricht bestimmt. Die Aufnahmen entstanden am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik der Technischen Universität Stuttgart, Dipl.-Ing. O. IMHOF und Prof. Dr.-Ing. C. ALT. Bearbeitet und veröffentlicht durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dipl.-Ing. H. ADOLF; Schnitt: E. FISCHER.

Zitierform:

IMHOF, O., und C. ALT: Zweistufige Schubzentrifuge – Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Film E 2450 des IWF, Göttingen 1979. Publikation von O. IMHOF, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 5, Nr. 16/ E 2540 (1979), 11 S.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

Dr.-Ing. O. IMHOF, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik der Universität Stuttgart, Böblingerstr. 72, D-7000 Stuttgart 1.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Herausgeber: H.-K. GALLE · Schriftleitung: E. BETZ, I. SIMON

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftlichen Ergänzungen zu den Filmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film und der Encyclopaedia Cinematographica. Sie enthalten jeweils eine Einführung in das im Film behandelte Thema und die Begleitumstände des Films sowie eine genaue Beschreibung des Filminhalts. Film und Publikation zusammen stellen die wissenschaftliche Veröffentlichung dar.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN werden in deutscher, englischer oder französischer Sprache herausgegeben. Sie erscheinen als Einzelhefte, die in den fachlichen Sektionen zu Serien zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (05 51) 2 10 34

OTWIN IMHOF und CHRISTIAN ALT, Stuttgart:

Film E 2540

Zweistufige Schubzentrifuge – Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen

Verfasser der Publikation: OTWIN IMHOF

Mit 1 Abbildung

Inhalt des Films:

Zweistufige Schubzentrifuge – Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Bei der mechanischen Flüssigkeitsabtrennung in der zweistufigen Schubzentrifuge werden der Anfahrvorgang, die Feststoffkuchenbildung und der Feststoffkuchentransport unter Variation des Suspensionsdurchsatzes, der Drehzahl, der Schubfrequenz und der Vorschublänge gezeigt. Durch eine Synchronisationseinrichtung und stroboskopische Ausleuchtung stehen bei diesen Aufnahmen die rotierenden Zentrifugentrommeln scheinbar still.

Summary of the Film:

Two-Stage Pusher Centrifuge – Separation of Solid and Liquid under Different Running Conditions. During the mechanical separation of a liquid in a two-stage pusher centrifuge the starting process, the formation and the transport of a solid cake will be shown with the variations of the mass flow of the suspension, the number of revolutions, the frequency of the pusher plate and the length of the conveyance. By means of a synchronization device and a stroboscopic lighting the rotating barrels of the centrifuge apparently come to a standstill.

Résumé du Film:

Machine centrifuge à poussée de deux grades – Séparation du solide et du liquide à des conditions de marche différentes. Le processus de la mise en marche, la formation et le transport du gâteau solide sous variation de la suspension passée, du nombre de tours, de la fréquence de la poussée et de la longueur de l'avance seront démontrés dans une machine centrifuge à poussée de deux grades pendant la séparation mécanique d'un liquide. A l'aide d'un dispositif de synchronisation et d'un allumage stroboscopique les cylindres de la machine centrifuge s'arrêtent apparemment à ces prises de vue.

Allgemeine Vorbemerkungen

1. Allgemeines

Dieser Film über die Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen in einer zweistufigen Schubzentrifuge zeigt die Vorgänge in diesem Zentrifugentyp im Gegensatz zu den Filmen von O. IMHOF und C. ALT [13], [14] sowie [15], die sich mit Problemen der mechanischen Flüssigkeitsabtrennung in der einstufigen Schubzentrifuge befassen.

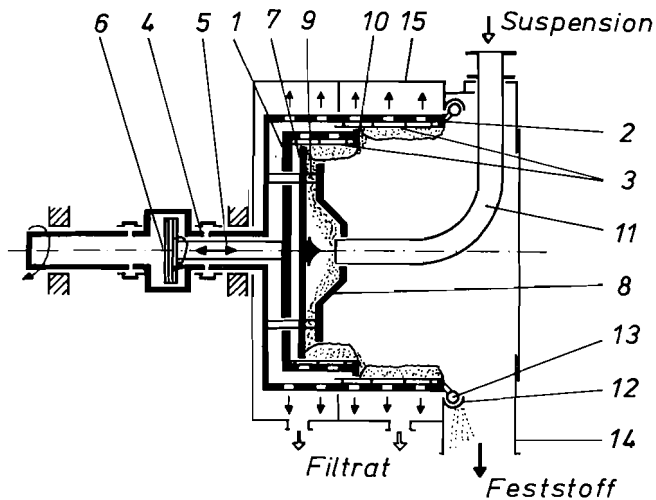


Abb. Schema einer zweistufigen Schubzentrifuge

1: Gelochte Trommel der ersten Stufe; 2: Gelochte Trommel der zweiten Stufe; 3: Spaltsiebe; 4: Hohlwelle; 5: Vollwelle; 6: Hydraulischer Antrieb für die Schubbewegung; 7: Schubboden für die erste Stufe; 8: Einlaufkonus; 9: drei Stehbolzen; 10: Schubring für die zweite Stufe; 11: Einlaufrohr; 12: Feststofffangrinne; 13: Räumfinger; 14: Feststoffangenhäuse; 15: Filtratfangenhäuse

Die Betrachtung der Vorgänge im Inneren der Zentrifugentrommeln während des Betriebs erfordert ein „stehendes Bild“. Dies wird möglich, wenn das Innere der Trommeln der zweistufigen Schubzentrifuge mit dem Lichtwerfer eines Stroboskopes, der genau nach jeder Umdrehung der Trommeln einen Lichtblitz abgibt, beleuchtet wird. Das scheinbar „stehende Bild“ der rotierenden Trommeln kann im Film festgehalten werden, wenn eine spezielle Synchronisationseinrichtung eingesetzt wird.

Die einzelnen, schnell ablaufenden Vorgänge, die mit bloßem Auge schwer zu erfassen sind, werden somit im Film fixiert, und der rasch vor sich gehende mechanische Trennvorgang läßt sich später in einzelne Abschnitte aufgliedern, und verschiedene Versuchseinstellungen können verglichen werden.

2. Aufbau einer zweistufigen Schubzentrifuge

Die im Film gezeigte zweistufige Schubzentrifuge gehört zu den kontinuierlich arbeitenden Filtrationszentrifugen. Über diesen Zentrifugentyp berichten TRAWINSKI [9], HÜLSEN [3], [4], SOKOLOW [8] und KANTOROWITSCH [5]. Die Vorteile mehrstufiger Schubzentrifugen gegenüber einstufigen und anderen Zentrifugen werden besonders in [11], von PIERCE [6], in [12], von GAESSLER [2] und SCHNEIDER [7] behandelt.

Der prinzipielle Aufbau einer zweistufigen Schubzentrifuge geht aus der Abb. hervor. Die beiden teleskopartig angeordneten zylindrischen Trommelstufen (1, 2) besitzen eine Vielzahl großer Bohrungen, durch die das Filtrat die Trommeln in radialer Richtung verläßt. Als Filterfläche sind den Innenmänteln der beiden Trommeln Spaltsiebe (3) aus achsparallelen Profildrähten angepaßt. In der zweiten Trommelstufe, die mit der Hohlwelle (4) verschweißt ist, führt die mit der Vollwelle (5) verbundene erste Trommelstufe unter Wirkung eines mechanischen oder hydraulischen Antriebs (6) oszillierende Bewegungen in axialer Richtung aus. Der Schubboden für die erste Stufe (7) sowie der Einlaufkonus (8) sind über drei Stehbolzen (9) fest mit der Trommelrückwand der ersten Stufe verbunden. Der Hubweg der oszillierenden Trommel der ersten Stufe wird durch den Abstand zwischen Trommelrückwand der zweiten Stufe und dem feststehenden Schubboden für die erste Stufe begrenzt. Die Stirnfront der axial verschiebbaren ersten Trommel ist als Schubring für die zweite Stufe (10) ausgebildet. Während des Betriebs rotieren der Einlaufkonus, der Schubboden für die erste Stufe sowie die beiden Trommeln mit der gleichen Drehzahl.

3. Arbeitsweise der zweistufigen Schubzentrifuge

Die Arbeitsweise der zweistufigen Schubzentrifuge zeigt auch die Abb. Über das feststehende Einlaufrohr (11) wird die Suspension in den rotierenden Einlaufkonus geführt, dort gleichmäßig verteilt und vorbeschleunigt. Die Suspension wird durch den zwischen dem Schubboden für die erste Stufe und dem Einlaufkonus bestehenden Einlaufkanal auf das Spaltsieb der ersten Stufe geschleudert. In dieser Einlaufzone erfolgt bereits eine Vorentwässerung, so daß hier schon ein relativ schubstabiler Feststoffkuchen aufgebaut wird. Auf Grund der Vorschubbewegung der ersten Trommelstufe entsteht in der Einlaufzone ein freier Ringraum, in den neue Suspension geführt und filtriert wird.

Mit jedem Rückhub der ersten Trommel wird der gebildete Feststoffring unter stetiger Entwässerung um ein kleines Stück in Richtung auf das Trommelende der ersten Stufe vorgeschoben. Erreicht der Feststoffkuchen die Stirnkante der ersten Stufe, so bricht beim darauffolgenden Rückhub ein ringförmiger Teil des Feststoffkuchens ab. Dieser lagert sich in der zweiten Stufe vor dem Schubring der ersten Trommelstufe neu an. Durch diesen Umbruchvorgang erfährt der Feststoffkuchen eine Auflockerung seines Gefüges.

Sind beide Zentrifugenstufen mit Feststoffkuchen gefüllt, so wird mit jedem Vorwärtshub der ersten Stufe ein Teil des Feststoffs aus der zweiten Trommelstufe in die Feststoffangrinne (12) abgeworfen. Gleichzeitig wird in der Einlaufzone wieder ein

Ringraum zur Aufnahme der konstant zufließenden Suspension freigelegt. Zwei Räumfinger (13), die an der Trommelstirnseite der zweiten Stufe befestigt sind, tragen den in die Feststoffangrinne abgeworfenen Feststoff tangential in das Feststoffangengehäuse (14) aus.

Die filtrierte Flüssigkeit wird dagegen über die Spaltsieb- und Trommelöffnungen ins Filtratangengehäuse (15) abgeschleudert, welches zwecks getrennter Auffangmöglichkeiten für Mutter- und Waschfiltrat in Kammern unterteilt ist.

4. Analyse zur Optimierung des Feststoffdurchsatzes

Der Film hat die Aufgabe, die komplexen Zusammenhänge der Feststoffkuchenbildung und der Abtrennung der Flüssigkeit aus der Suspension in der Einlaufzone der oszillierenden Trommel der ersten Stufe sowie den Feststoffkuchentransport längs der Spaltsiebe zum offenen Trommelende der zweiten Stufe hin als auch den Kuchenbruch von der Trommel der ersten Stufe in die Trommel der zweiten Stufe ihrem Wesen nach zu erfassen.

„Dem flüchtigen Geschehen wird hierdurch die Flüchtigkeit genommen und damit eine Analyse erst ermöglicht“, wie G. WOLF in [10] schreibt.

Die Analyse der Kuchenbildung trägt zur Klärung unterschiedlicher Ergebnisse zwischen theoretischen Feststoffdurchsatzwerten, die mittels eines mathematischen Modells gewonnen werden, und experimentell gefundenen Werten bei. Dieser Film gibt auch anhand eines sich ausbildenden Suspensionssumpfes in der Schubzone der ersten Stufe Anregung zur Verbesserung der konstruktiven Gestaltung der Einlaufzone. Außerdem wird durch die schlagartige Zugabe von Farbstoff in die Suspension der Umbruch des Kuchens von der ersten Stufe auf die zweite Stufe verdeutlicht. Diese Umschichtung und Auflockerung des Feststoffes bewirkt vorteilhaftere Filtrierbedingungen und somit eine bessere Entwässerung als bei der einstufigen Schubzentrifuge.

Zur Entstehung des Films

1. Aufnahmemethode:

Zum Filmen der Bewegungsabläufe im Inneren der sich drehenden Zentrifugentrommeln wird eine besondere Synchronisationseinrichtung verwendet, die von T. FAUST und O. IMHOF in [1] beschrieben wird.

Das Besondere dieser Synchronisationseinrichtung ist, daß bei jeder Umdrehung der Zentrifugentrommeln (oder bei jeder zweiten Umdrehung) ein Bild aufgenommen wird, und zwar jedes Mal derselbe Ausschnitt der Trommeln.

Außer dieser Synchronisation zwischen dem Antrieb der Filmkamera und der Drehzahl der Trommeln müssen das Öffnen des Verschlusses der Filmkamera sowie das Aufleuchten des Stroboskopblitzes zur Ausleuchtung der Zentrifugentrommeln synchron geschehen.

Durch diese Aufnahmetechnik scheinen die rotierenden Trommeln für den Betrachter still zu stehen. Man kann daher den Vorgängen der Kuchenentstehung und

des Kuchentransportes, hervorgerufen durch die oszillierende Bewegung der Trommel der 1. Stufe, volle Aufmerksamkeit schenken. Bei der Drehzahl $n = 630$ 1/min wird bei jeder Umdrehung ein Bild aufgenommen. Dagegen wird bei der Drehzahl $n = 1250$ 1/min nur bei jeder zweiten Umdrehung ein Bild durch Zwischenschaltung eines Getriebes zwischen Zentrifugen- und Meldegeberwelle festgehalten [1]. Somit entstehen bei niedriger und hoher Drehzahl ungefähr 10 B/s, wodurch die aufgenommenen Motive bei unterschiedlicher Drehzahl direkt miteinander vergleichbar sind.

Die Vorgänge in den Trommeln erscheinen daher bei einer Projektionsfrequenz von 24 B/s um etwa das Zweifache gerafft.

2. Filmtechnische Angaben:

Für die kinematographischen Aufnahmen wird eine Bolex-Kamera H 16 Reflex verwendet. Dabei werden die Zentrifugentrommeln mit einem Lichtblitzstroboskop PR 9107 mit Lichtwerfer PR 9117 der Firma Philips ausgeleuchtet.

Erläuterungen zum Film

Wortlaut des gesprochenen Kommentars¹

1. Diese zweistufige Schubzentrifuge trennt eine Suspension in Flüssigkeit und Feststoff. Die Suspension wird durch einen Schlauch von oben zugeführt und gelangt über das gekrümmte Einlaufrohr in den Einlaufkonus im hinteren Teil des Trommelzentrums.

2. Vom rotierenden Einlaufkonus wird die Suspension auf eine Siebtrommel geschleudert und in dieser und einer zweiten Trommel zentrifugiert. Hierbei gelangt die Flüssigkeit durch die Spaltsieb- und Trommelöffnungen in das Filtratfanggehäuse und fließt in den darunter stehenden Auffangbehälter ab.

3. Um den Austrag von Filtrat und Feststoff zu zeigen, wurden die Abflußleitungen für das Filtrat und die Feststoffaustragsschürze abgeschraubt.

4. In der großen Siebtrommel bewegt sich im hinteren Teil noch eine kleine Siebtrommel, die außer der Rotation noch eine oszillierende Hubbewegung in axialer Richtung durchführt. Dadurch wird der Feststoff, der beim Zentrifugieren zunächst hinten in der kleinen Trommel zurückbleibt, schrittweise in die große Trommel befördert und nach vorn zur Trommelöffnung hin ausgestoßen.

5. Zu sämtlichen Versuchen wird die gleiche Suspension verwendet.

Suspension: AB-Adipinsäure und Wasser

Mittlere Korngröße		140 μm
Gleichmäßigkeitskoeffizient	$n =$	1,3
Feststoffmassenanteil der Suspension $m_{,s}$	$=$	0,42

¹ Die *Kursiv*-Texte entsprechen den Zwischentiteln im Film.

<i>Stroboskopische Aufnahmen</i>	~ 10 B/s
<i>Trommeldurchmesser Stufe I</i>	170 mm
<i>Trommeldurchmesser Stufe II</i>	215 mm
<i>Einlaufkanalbreite</i>	6 mm
<i>Spaltweite der Siebe</i>	250 μ m

Anfahren der Zentrifuge in 2 Versuchen

<i>Trommellänge Stufe I</i>	77,5 mm
<i>Trommellänge Stufe II</i>	89,5 mm
<i>Suspensionsdurchsatz</i>	163 kg/h
<i>Drehzahl</i>	1250 1/min
<i>Schubfrequenz</i>	16 1/min
<i>Vorschublänge</i>	12,5 mm

6. Durch den Stroboskopeffekt stehen die rotierenden Trommeln scheinbar still. Ganz hinten in der kleinen Trommel sammelt sich Feststoff auf dem Spaltsieb an. Der sich aufbauende Feststoffkuchen wird beim Rückwärtshub dieser Trommel durch den in axialer Richtung feststehenden Schubboden vorgeschoben. Die Schichthöhe am Schubboden steigt bei weiterer Füllung der Trommel durch den stärker werdenden Reibwiderstand zwischen Feststoffkuchen und Spaltsieb an.

7. Anfahren der Zentrifuge in einem zweiten Versuch.

8. Sobald die kleine Trommel vollständig mit Feststoff gefüllt ist, beginnt der Kuchenbruch nach vorn in die große Trommel. Vor dem Schubring der oszillierenden kleinen Trommel bildet sich in der großen Trommel ein lockerer Feststoffkuchen. Die Schichthöhe ist wegen der größeren Spaltsiebfläche in der großen Trommel niedriger als in der kleinen Trommel.

Kuchenbildung und Transport

Variation von Suspensionsdurchsatz, Drehzahl, Schubfrequenz und Vorschublänge

Suspensionsdurchsatz 137,5/362,5 kg/h

Schubfrequenz 40 1/min

Farbstoffzugabe

9. Bei niedrigem Suspensionsdurchsatz baut sich der in geringer Menge abgeschiedene Feststoff erst nach mehreren Hubphasen zu einem schubfesten Kuchen auf, dessen Oberfläche die einzelnen Schubringe erkennen läßt.

10. Ein kurzzeitig in den Zulauf gegebener dunkler Farbstoff markiert einen schmalen Feststoffring. Man kann erkennen, daß der Ring wegen des geringen Feststoffdurchsatzes nur langsam weitertransportiert wird.

11. Bei hohem Suspensionsdurchsatz weist der Feststoffkuchen ein ähnlich glattes Oberflächenrelief auf wie bei niedrigem Durchsatz. Mit jedem Hub wird das Aufschieben eines Kuchenringes sichtbar.

12. An dem markierten Kuchenring wird deutlich, daß der Kuchentransport bei hohem Suspensionsdurchsatz schneller als bei niedrigem Durchsatz erfolgt.

Drehzahl 630/1250 1/min
Suspensionsdurchsatz 267/375 kg/h
Farbstoffzugabe

13. Wenn die Drehzahl niedrig ist, zeigt der Feststoffkuchen auf Grund des relativ hohen Feuchtegehalts in der kleinen Trommel ein glattes Oberflächenrelief.
14. Der Suspensionssumpf ist gut zu erkennen. Der Kuchenbruch von der kleinen Trommel zur großen Trommel bzw. von der 1. zur 2. Trommelstufe erfolgt klumpenweise. Die Auflockerung des Kuchens während des Umbruchs wird durch den stark zerklüfteten Aufbau des Filterkuchens in der zweiten Stufe erkennbar.
15. Es wird jetzt wieder Farbstoff zugegeben. Nach dem Umbruch von der 1. in die 2. Trommelstufe wird die Verwerfung des gefärbten Kuchenringes deutlich sichtbar.
16. Bei hoher Drehzahl bildet sich schon in der ersten Stufe ein trockener Feststoffkuchen, der nach dem Umschichten in die zweite Stufe ein weniger stark zerklüftetes Oberflächenrelief als bei niedriger Drehzahl aufweist.
17. Die Kuchenumschichtung von der ersten in die zweite Stufe, deutlich gemacht durch Farbstoffzugabe, erscheint hier wie ein tafelförmiges Abgleiten an einer Böschung. Im Rhythmus der Austragsbewegung fliegen Schwärme von Feststoffpartikeln aus der Trommel. Ein Indiz für die gute mechanische Entwässerung des Feststoffkuchens.

Schubfrequenz 20/40/80 1/min
Suspensionsdurchsatz 219/387/454 kg/h
Drehzahl 1250 1/min
Farbstoffzugabe

18. Ist die Schubfrequenz niedrig, erkennt man, wie mit jedem Hub ein neuer Kuchenring plastisch hervortritt. In der ersten Stufe weist das Kuchenrelief einen sanften wellenförmigen Übergang zwischen den einzelnen Feststoffringen auf. In der zweiten Stufe ist dagegen der Kuchen zerklüftet.
19. Die Farbmarkierung läßt die geringe Vorschubgeschwindigkeit des Kuchens bei der niedrigen Schubfrequenz erkennen.
20. Bei höherer Schubfrequenz wird in beiden Stufen der Kuchen nicht mehr so hoch aufgeschichtet. Auch die Höhenunterschiede zwischen den vom Kuchen gebildeten Kämmen und Tälern nehmen ab. Mit jeder Hubbewegung wird jeweils ein Kuchenring aufgeschoben. Die Höhe des Suspensionssumpfes schwankt sehr stark im Rhythmus der Schubbewegung.
21. Wie die Einfärbung des Feststoffes zeigt, verläuft die Umbruchphase des Feststoffkuchenringes beim Übergang von der ersten zur zweiten Stufe in relativ kurzer Zeit.
22. Bei extrem hoher Schubfrequenz entsteht erst nach mehreren Hüben ein transportfähiger Kuchen mit niedriger Schichthöhe. Eine solche Aufbauphase des Kuchens bis zum Erreichen einer austragsfähigen Schichthöhe ist besonders deutlich

nach dem Abwurf und der erneuten Bildung des Kuchens in der zweiten Stufe zu erkennen.

23. Mit dem eingefärbten Feststoffring wird deutlich hervorgehoben, daß der Kuchentransport in beiden Trommeln sehr rasch erfolgt.

Vorschublänge 6,3/12,5/20 mm
Suspensionsdurchsatz 235/470/470 kg/h
Schubfrequenz 40 1/min
Farbstoffzugabe

24. Wenn die Vorschublänge klein ist, stellt sich eine hohe Schichthöhe des Feststoffkuchens ein, die bis an den Rand des Einlaufkonus reicht und die Sicht in die Einlaufzone versperrt. Der Schubring der oszillierenden Trommel wird vom Feststoff vollständig verdeckt.

25. Beim Übergang von der ersten zur zweiten Stufe rutscht der Kuchen tafelförmig an einer relativ langen Böschung ab.

26. Eine mittlere Vorschublänge hat zur Folge, daß der Kuchen nicht mehr so hoch aufgeschichtet wird. Die Schwankungen der Suspensionssumpfhöhe sind an der im Schubboden eingravierten Skala gut abzulesen.

27. Wenn die Vorschublänge sehr groß ist, wird während des Vorwärtshubes in der Einlaufzone der ersten Trommelstufe eine breite Ringfläche des Spaltsiebes freigelegt. Die Suspensionshöhe fällt daher sehr stark ab. Beim Rückhub stauen sich schlagartig die verbliebene Restflüssigkeit und die konstant hinzuströmende Suspension zu einem großen Suspensionsumpf auf.

Fluten der Zentrifuge in zwei Versuchen

Durchsatz gesteigert bis 578 kg/h
Vorschublänge 12,5 mm

28. Die Suspension durchbricht den bereits gebildeten Feststoffkuchen. Durch die entstehenden Flutkanäle strömt die Suspension in die zweite Stufe. Der mitgeführte Feststoff wird hier über der bereits vorhandenen Kuchenschicht abgelagert.

29. Der zweite Versuch – –
(es folgen nur noch Bilder).

Literatur

- [1] FAUST, T., und O. IMHOF: Eine Synchronisationseinrichtung zum Filmen von Trennvorgängen in Zentrifugen. *Research Film* 9, 3 (1977), 182–191.
- [2] GAESSLER, W. v.: Kontinuierliche Zentrifugierung hochviskoser Schleudergüter. *Chemie-Ing.-Techn.*, 29. Jg., Nr. 1 (1957), 39–42.
- [3] HÜLSEN, H.-H.: Kontinuierliche Zentrifugen zur Trennung fest-flüssig in der chemischen Industrie. *Verfahrenstechnik*, 6. Jg., Nr. 1 (1972), 7–15.
- [4] HÜLSEN, H.-H.: Wirtschaftliches Entwässern in kontinuierlichen Zentrifugen. *Aufbereitungstechnik*, 15. Jg., Nr. 3 (1974), 113–120.
- [5] KANTOROWITSCH, S. B.: *Chemiemaschinen*. Berlin 1970, 187–193.

- [6] PIERCE, D.E.: Continuous multistage pusher-type centrifuge is designed for increased output and efficiency. *Industrial and Engineering Chemistry* 46, 7 (1954), 65 A, 66 A, 68 A.
- [7] SCHNEIDER, F.W.: Schubenzentrifugen – Konstruktiver Aufbau, Anwendung und Leistungsberechnung. *Aufbereitungstechnik*, 8. Jg., Nr. 11 (1967), 630–636.
- [8] SOKOLOW, W. J.: *Moderne Industriezentrifugen*. Berlin 1971, 380–398.
- [9] TRAWINSKI, H.: Systematik der Verfahren und Apparate zur Trennung fest-flüssiger Mischsysteme. *Chemie-Ing.-Techn.*, 30. Jg., Nr. 6 (1958), 393–399.
- [10] WOLF, G.: *Der Wissenschaftliche Film in der Bundesrepublik Deutschland*. Bergisch-Gladbach 1975, 5.
- [11] Multi-stage, push-type centrifuges. *The Industrial Chemist* 30 (1954) 349, 78–79.
- [12] Die Vorteile der mehrstufigen Schubzentrifugen. *Chemische Rundschau*, 11. Jg., Nr. 2 (1958), 31–32.

Filmveröffentlichungen

- [13] IMHOF, O., und C. ALT: Einstufige Schubzentrifuge – Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Film E 2450 des IWF, Göttingen 1978. Publikation von O. IMHOF, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 5, Nr. 7/E 2450 (1979), 9 S.
- [14] IMHOF, O., und C. ALT: Einstufige Schubzentrifuge – Kuchenkalibrierung beim Trennen von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Film E 2449 des IWF, Göttingen 1978. Publikation von O. IMHOF, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 5, Nr. 6/E 2449 (1979), 8 S.
- [15] IMHOF, O., und C. ALT: Einstufige Schubzentrifuge – Gestörte Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Film E 2451 des IWF, Göttingen 1978. Publikation von O. IMHOF, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 5, Nr. 8/E 2451 (1979), 9 S.

Abbildungsnachweis

Abb.: O. IMHOF.