

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN

SERIE 5 · NUMMER 8 · 1979

FILM E 2451

Einstufige Schubzentrifuge
Gestörte Trennung von Feststoff und Flüssigkeit
unter verschiedenen Betriebsbedingungen



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch), 16 mm, schwarzweiß, 75 m, 7 min (24 B/s). Hergestellt 1975, veröffentlicht 1978.

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

Zitierform:

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.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

Dipl.-Ing. O. IMHOF, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik der Universität Stuttgart, Böblinger-Str. 72, D-7000 Stuttgart-1.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion MEDIZIN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

NATURWISSENSCHAFTEN

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 2451

Einstufige Schubzentrifuge – Gestörte Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen

Verfasser der Publikation: OTWIN IMHOF

Mit 1 Abbildung

Inhalt des Films:

Einstufige Schubzentrifuge – Gestörte Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Bei schwankender und den Betriebsbedingungen mangelhaft angepaßter Suspensionszufuhr wird eine gleichmäßige Verteilung des Feststoffkuchens in der Trommel verhindert. Gezeigt werden folgende Besonderheiten bei der Kuchenbildung und dem Kuchentransport: der behinderte Anfahrvorgang, die durch vier Distanzkäfigbolzen hervorgerufenen kanalförmigen Störstellen, das Fluten und das Spucken. Durch eine Synchronisationseinrichtung und stroboskopische Ausleuchtung steht bei diesen Aufnahmen die rotierende Zentrifugentrommel scheinbar still.

Summary of the Film:

Single stage pusher centrifuge – Disturbed Separation of Solid and Liquid under Different Running Conditions. A homogeneous distribution of the solid cake in the barrel will be prevented by an unsteady and poorly adapted supply of suspension to the running conditions. Shown will be the following particularities at the formation and the transport of the cake: the obstructed starting process, the disturbed areas in the form of a channel caused by four bolts of a distance cage, flooding and spitting. By means of a synchronization device and a stroboscopical lighting the rotation barrel of the centrifuge apparently comes to a standstill.

Résumé du Film:

Machine centrifuge à poussée d'un grade – Séparation dérangée du solide et du liquide à des conditions de marche différentes. Une distribution homogène du gâteau solide dans le cylindre est empêchée par une charge de suspension fluctuante et incomplètement adaptée aux conditions de marche. Les particularités suivantes pendant la formation et le transport du gâteau seront montrées: le processus gêné de la mise en marche, les lieux de perturbation en forme d'un canal provoqués par quatre boulons d'une cage de distance, l'affluence et le crachement. A l'aide d'un dispositif de synchronisation et d'un allumage stroboscopique le cylindre de la machine centrifuge s'arrête apparemment à ces prises de vue.

Allgemeine Vorbemerkungen

1. Allgemeines

Dieser Film über die gestörte Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen in der einstufigen Schubzentrifuge ist Teil einer Film-Trilogie von O. IMHOF und C. ALT [8], [9], die sich mit Problemen der mechanischen Flüssigkeitsabtrennung in der Schubzentrifuge befaßt.

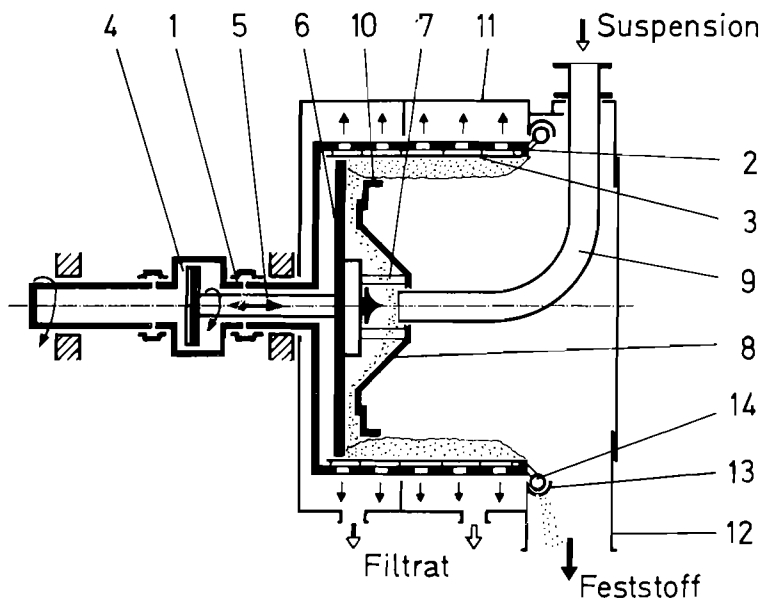


Abb. Prinzipschema einer einstufigen Schubzentrifuge

1: Hohlwelle; 2: Gelochte Trommel; 3: Spaltsieb; 4: Hydraulischer Antrieb für die Schubbewegung; 5: Vollwelle; 6: Schubboden; 7: Bolzenverteiler; 8: Einlaufkonus; 9: Einlaufrohr; 10: Kalibrierring; 11: Flüssigkeitsfanggehäuse; 12: Feststofffanggehäuse; 13: Feststofffangrinne; 14: Räumfinger

Die Betrachtung der Vorgänge im Inneren der Zentrifugentrommel während des Betriebs erfordert ein „stehendes Bild“. Dies wird möglich, wenn das Trommelinnere mit dem Lichtwerfer eines Stroboskopes, der genau nach jeder Trommelumdrehung einen Lichtblitz abgibt, beleuchtet wird. Das scheinbar „stehende Bild“ der rotierenden Trommel 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 einstufigen Schubzentrifuge

Die im Film gezeigte einstufige Schubzentrifuge gehört zu den kontinuierlich arbeitenden Filtrationszentrifugen. Über diesen Zentrifugentyp berichten TRAWINSKI [7], HÜLSEN [2], [3], SOKOLOV [5] und KANTOROWITSCH [4].

Der prinzipielle Aufbau einer einstufigen Schubzentrifuge geht aus der Abb. hervor. Auf der fliegend gelagerten Hohlwelle (1) sitzt die zylindrische Trommel (2) mit einer Vielzahl großer Bohrungen, auf deren Innenmantel ein Spaltsieb (3) aus achsparallelen Profildrähten als Filterfläche aufliegt. In der Hohlwelle bewegt sich unter der Wirkung eines mechanischen oder hydraulischen Antriebs (4) die Vollwelle (5) in axialer Richtung hin und her, an deren Ende der Schubboden (6) befestigt ist. Im Betrieb rotiert dieser Schubboden mit der gleichen Drehzahl wie die Trommel. An der Vorderseite des Schubbodens ist der Bolzenverteiler (7) befestigt und auf diesem der Einlaufkonus (8), in den das feststehende Einlaufrohr (9) hineinragt. Der äußere Rand des Einlaufkonus kann noch mit einem Kalibrierring (10) versehen werden. Umgeben wird die Trommel von dem Flüssigkeitsfanggehäuse (11) und dem Feststofffanggehäuse (12).

3. Arbeitsweise der einstufigen Schubzentrifuge

Die Arbeitsweise einer einstufigen Schubzentrifuge zeigt auch die Abb. Die Suspension strömt durch das feststehende Einlaufrohr in den rotierenden Einlaufkonus und wird in diesem gleichmäßig verteilt und beschleunigt. Diese vorbeschleunigte Suspension wird aus dem Einlaufkonus durch den Einlaufkanal auf das Spaltsieb der Zentrifugentrommel abgeschleudert. Bereits in der Einlaufzone der Siebtrommel wird die Suspension weitgehend entwässert, so daß sich schon hier ein schubfähiger Feststoffkuchen bildet. Durch die Hubbewegung des Schubbodens entsteht beim Rückwärtshub in der Schubzone der Trommel ein freier Ringraum, in den frische Suspension einläuft und auch sofort filtriert wird. Dabei streift der Kalibrierring die überstehende Kuchenschicht ab, die in den Raum zwischen Schubboden und bereits austragbaren Feststoffkuchen fällt. Die entstehenden Kuchenringe werden beim Vorwärtslauf des Schubbodens auf dem Spaltsieb unter stetiger Verringerung ihres Flüssigkeitsgehaltes zur Trommelöffnung hin geschoben, bis sie am vorderen Trommelende nach außen in die Feststofffangrinne (13) abgeworfen werden. Aus dieser wird der Feststoffkuchen mittels zweier Räumfinger (14), die an der Trommelstirnseite befestigt sind, tangential ins Feststofffanggehäuse ausgetragen. Die Flüssigkeit fließt durch die Kuchenschicht, das Spaltsieb und die Öffnungen des Trommelmantels in das Flüssigkeitsfanggehäuse, das in mehrere Kammern unterteilt ist, um eventuell Mutter- und Waschflüssigkeit getrennt abführen zu können.

4. Analyse zur Optimierung des Feststoffdurchsatzes

Der Film hat die Aufgabe, die komplexen Zusammenhänge der Feststoffkuchenbildung und der Abtrennung der Flüssigkeit aus der Suspension im Hubbereich des Schubbodens sowie den Feststoffkuchentransport längs des Spaltsiebes zum offenen Trommelende hin ihrem Wesen nach zu erfassen.

„Dem flüchtigen Geschehen wird hierdurch die Flüchtigkeit genommen und damit eine Analyse erst ermöglicht“, wie G. WOLF in [6] schreibt.

Die Aufnahmen ein und desselben Trennvorgangs in der Schubzentrifuge können immer wieder erneut, möglicherweise unter ganz verschiedenen Fragestellungen, vorgeführt und die Einzelbilder analysiert und diskutiert werden. Die Analyse der Kuchenbildung trägt zur Klärung unterschiedlicher Ergebnisse zwischen theoretischen Feststoffdurchsatzwerten, die mittels eines mathematischen Modelles gewonnen werden, und experimentell gefundenen Werten bei. Außerdem gibt dieser Film anhand eines sich ausbildenden Suspensionssumpfes in der Schubzone Anregung zur Verbesserung der konstruktiven Gestaltung des Schubbodens.

Zur Entstehung des Films

1. Aufnahmemethode:

Zum Filmen der Bewegungsabläufe im Innern der sich drehenden Zentrifugentrommel 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 Zentrifugentrommel (oder bei jeder zweiten Umdrehung) ein Bild aufgenommen wird, und zwar jedes Mal derselbe Trommelausschnitt.

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

Durch diese Aufnahmetechnik scheint die rotierende Trommel für den Betrachter still zu stehen. Man kann daher den Vorgängen der Kuchenentstehung und des Kuchentransportes, hervorgerufen durch die oszillierende Bewegung des Schubbodens, 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 Bilder pro Sekunde, wodurch die aufgenommenen Motive bei unterschiedlicher Drehzahl direkt miteinander vergleichbar sind.

Die Vorgänge in der Trommel erscheinen daher bei einer Projektionsfrequenz von 24 Bildern pro Sekunde um etwa das Zweifache gerafft.

2. Filmtechnische Angaben:

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

Erläuterungen zum Film

Wortlaut des gesprochenen Kommentars¹

1. Beim Trennen einer Suspension in Flüssigkeit und Feststoff, strebt man eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Kuchens in der Trommel an. Bei schwankender und den Betriebsbedingungen mangelhaft angepaßter Suspensionszufuhr wird die gleichmäßige Verteilung des Feststoffkuchens in der Trommel verhindert. Dies führt an der laufenden Zentrifuge zur Unwucht und Vibration und zu einem unerwünscht hohen Restfeuchtigkeitsgehalt des Feststoffkuchens.

2. Zur Demonstration der gestörten Flüssigkeitsabtrennung wird in den folgenden Versuchen die gleiche Suspension verwendet.

Suspension: AB-Adipinsäure und Wasser

Mittlere Korngröße 140 µm; Gleichmäßigkeit $n = 1,3$

$$\frac{\text{Feststoffgewicht}}{\text{Suspensionsgewicht}} = \frac{0,42}{1}$$

Stroboskopische Aufnahmen ~ 10 B/s

Trommeldurchmesser 215 mm

Normales Anfahren der Zentrifuge

Vorschublänge 25 mm; Durchsatz 140–376 kg/h; Einlaufkanalbreite 20 mm; Drehzahl 1250 min⁻¹; Trommellänge 85 mm; Schubfrequenz 40 min⁻¹

3. Durch den Stroboskopeffekt steht die Trommel scheinbar still. Hinter dem anwachsenden Kuchenring bildet sich während der Wende des Schubbodens im hinteren Umkehrpunkt ein freier Ringraum, in den die Suspension hineinfließt und filtriert wird.

4. Eine kleine Einlaufkanalbreite im Verhältnis zur Vorschublänge begünstigt den normalen Anfahrvorgang.

Behindertes Anfahren

Vorschublänge 10 mm; Durchsatz 140 kg/h

5. Ist die Einlaufkanalbreite gegenüber der Vorschublänge groß, wird das Anfahren behindert. Die Suspension fließt dann teilweise nicht hinter den Kuchenring, sondern nach vorn zur Trommelöffnung ab, wobei der Feststoffkuchen ausgespült wird.

Kuchenbildung durch vier Distanzkäfigbolzen gestört

Trommellänge 125/160 mm; Durchsatz 436/312 kg/h; Vorschublänge 12,5 mm; Einlaufkanalbreite 4 mm

6. Auf der Oberfläche des Feststoffkuchens ist eine kanalförmige Störstelle zu erkennen.

7. Bei geringerem Durchsatz und längerer Trommel verursachen die vier Distanzkäfigbolzen ein eckiges Oberflächenprofil.

8. Hier ist eine Ecke besonders gut zu erkennen.

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

Suspensionsdurchsatz zu groß

„Fluten“ (1. Beispiel)

Durchsatz 320 kg/h; Schubfrequenz 20 min^{-1} ; Trommellänge 60 mm; Drehzahl 630 min^{-1}

9. Im ersten Beispiel durchbricht die Suspension den Feststoffkuchen und bildet einen Abflußkanal zur Trommelöffnung.

„Fluten“ (2. Beispiel)

Durchsatz 464 kg/h; Schubfrequenz $31,5 \text{ min}^{-1}$; Vorschublänge 25 mm; Trommellänge 85 mm; Drehzahl 1250 min^{-1}

10. Im zweiten Beispiel kündigt sich das Fluten durch Überschwappen der Suspension an. Der sich bildende Flutkanal wandert entgegen dem Drehsinn der Trommel.

„Fluten“ (3. Beispiel)

Durchsatz 490 kg/h; Einlaufkanalbreite 20 mm

11. Auch im dritten Beispiel durchbricht die Suspension den schon gebildeten Feststoffkuchen und fließt zur Trommelöffnung ab.

Suspensionsdurchsatz beim Kalibrieren zu groß

„Spucken“

Durchsatz ansteigend 366–490 kg/h; Kalibrierhöhe 10 mm; Trommellänge 125 mm; Schubfrequenz 40 min^{-1} ; Vorschublänge 12,5 mm; Einlaufkanalbreite 4 mm

12. Die Suspension staut sich im Einlaufkonus und wird zum Teil während der Wende des Schubbodens im vorderen Umkehrpunkt zwischen Einlaufkonus und Einlaufrohr ausgespuckt.

Der dabei ausgetragene Feststoffkuchen hat einen unerwünscht hohen Feuchtigkeitsgehalt.

Literatur

- [1] FAUST, T., und O. IMHOF: Eine Synchronisationseinrichtung zum Filmen von Trennvorgängen in Zentrifugen. *Research Film* 9, 3 (1977), 182–191.
- [2] HÜLSEN, H.-H.: Kontinuierliche Zentrifugen zur Trennung fest-flüssig in der Chemischen Industrie. *Verfahrenstechnik*, 6. Jg., Nr. 1 (1972), 7–15.
- [3] HÜLSEN, H.-H.: Wirtschaftliches Entwässern in kontinuierlichen Zentrifugen. *Aufbereitungstechnik*, 15. Jg., Nr. 3 (1974), 113–120.
- [4] KANTOROWITSCH, S. B.: *Chemiemaschinen*. Berlin 1970, 187–193.
- [5] SOLOKOW, W. J.: *Moderne Industriezentrifugen*. Berlin 1971, 380–398.
- [6] WOLF, G.: *Der wissenschaftliche Film in der Bundesrepublik Deutschland*. Bergisch-Gladbach 1975, 5.
- [7] TRAWINSKI, H.: Systematik der Verfahren und Apparate zur Trennung fest-flüssiger Mischsysteme. *Chemie – Ing. – Techn.*, 30. Jg., Nr. 6 (1958), 393–399.

Filmveröffentlichungen

- [8] 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.
- [9] 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.

Abbildungsnachweis

Abb.: O. IMHOF.