

EC **ENCYCLOPAEDIA
CINEMATOGRAPHICA**

FILM E 2450

**Einstufige Schubzentrifuge
Trennung von Feststoff und Flüssigkeit
unter verschiedenen Betriebsbedingungen**

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM • GÖTTINGEN

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN

SERIE 5 · NUMMER 7 · 1979

FILM E 2450

**Einstufige Schubzentrifuge
Trennung von Feststoff und Flüssigkeit
unter verschiedenen Betriebsbedingungen**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm. deutsch), 16 mm, schwarzweiß, 94 m, 8¹/₂ 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 – 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.

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 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 2450

Einstufige Schubzentrifuge – Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen

Verfasser der Publikation: OTWIN IMHOF

Mit 1 Abbildung

Inhalt des Films:

Einstufige Schubzentrifuge – Trennung von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Bei der mechanischen Flüssigkeitsabtrennung in der einstufigen Schubzentrifuge werden der Anfahrvorgang, die Feststoffkuchenbildung und der Feststoffkuchen-transport unter Variation der Trommellänge, Drehzahl, Schubfrequenz und Vorschublänge gezeigt. Durch eine Synchronisationseinrichtung und stroboskopische Ausleuchtung steht bei diesen Aufnahmen die rotierende Zentrifugentrommel scheinbar still.

Summary of the Film:

Single stage pusher centrifuge – Separation of Solid and Liquid under Different Running Conditions. During the mechanical separation of a liquid in a single stage pusher centrifuge the starting process, the formation and the transport of a solid cake will be shown with the variations of the length of the barrel, the number of revolutions, the frequency of the pusher and the length of the conveyance. By means of a synchronization device and a stroboscopic lighting the rotating barrel of the centrifuge apparently comes to a standstill.

Résumé du Film:

Machine centrifuge à poussée d'un grade – 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 longueur du cylindre, 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 d'un grade pendant la séparation mécanique d'un liquide. 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 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.

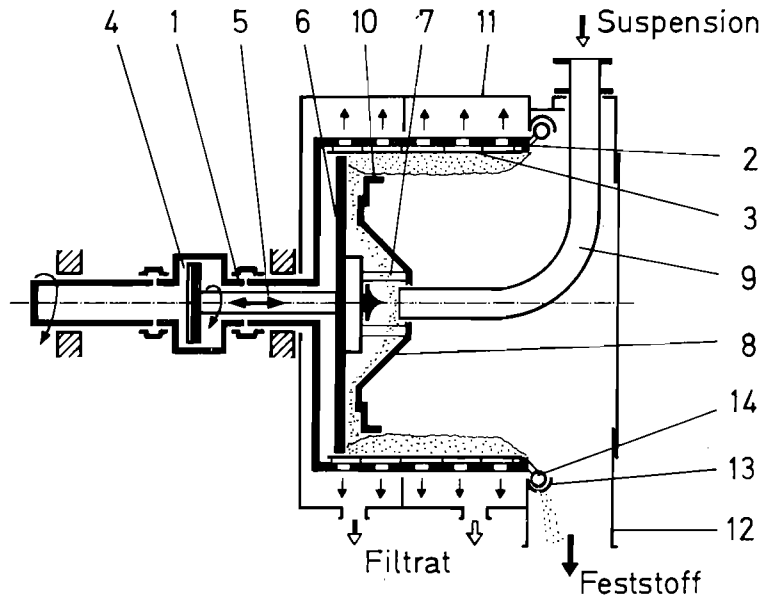


Abb. Prinzipschema einer einstufigen Schubzentrifuge

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], SOKOLOW [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 Feststoffangrinne (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. Diese einstufige Schubzentrifuge trennt eine Suspension in Flüssigkeit und Feststoff. Die Suspension wird durch ein Rohr von oben zugeführt und gelangt über das gekrümmte Einlaufrohr in den im Zentrum der Trommel rotierenden Einlaufkonus. Von dort wird sie auf den rotierenden Trommelmantel geschleudert und zentrifugiert, wobei die Flüssigkeit durch ein Spaltsieb und die Öffnungen in der Trommel in das Filtratfanggehäuse gelangt und aus diesem Gehäuse auf der linken Seite abfließt.
2. Um die Abflußmenge zu zeigen, wurden die Leitungen zum Abführen des Filtrats abgeschraubt.
3. Der auf dem Sieb zurückbleibende Feststoffkuchen wird schubweise aus dem Feststofffanggehäuse ausgestoßen, indem der oszillierende Schubboden bei jeder Vorwärtsbewegung einen Teil des Kuchens aus der Trommel herauschiebt.
4. Zu sämtlichen Versuchen wird 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

Anfahren der Zentrifuge in 2 Versuchen

Trommellänge 60/125 mm; Suspensionsdurchsatz 144/172 kg/h; Drehzahl 630 min⁻¹; Schubfrequenz 40 min⁻¹; Vorschublänge 12,5 mm; Einlaufkanalbreite 4 mm

5. Durch den Stroboskopeffekt steht die rotierende Trommel scheinbar still. Im hinteren Teil sammelt sich Feststoffkuchen auf dem Spaltsieb an. Durch die Bewegung des Schubbodens wird der Kuchen vorgeschoben. Die Schichthöhe am Schubboden steigt dabei an.
6. Bei einer längeren Trommel bildet sich der Kuchen zunächst in gleicher Weise.
7. Vor dem Schubboden entsteht jetzt ein Kuchen mit höherer Aufschichtung.

Kuchenbildung und Transport

Variation von Trommellänge, Drehzahl, Schubfrequenz, Vorschublänge

Trommellänge 60/125/160 mm; Durchsatz 204/258/384 kg/h

8. Eine kurze Trommel läßt nur einen Feststoffkuchen von geringer Höhe entstehen. Die schwankende Höhe des Suspensionssumpfes in der Einlaufzone wird an der Skala auf dem Schubboden besonders deutlich.

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

9. Bei einer längeren Trommel bildet sich eine höhere Kuchenschicht. Nach jeweils vier bis fünf Hüben wird der Kuchen aufgeschichtet, wodurch die schuppenartige Oberfläche entsteht.

10. Wenn die Trommel sehr lang ist, entstehen ein entsprechend hoher Kuchen und Schubringe. Die Kuchenschicht ist so hoch, daß sich der Einlaufkonus im Suspensionssumpf bewegt.

Drehzahl 630/1250 min⁻¹; Durchsatz 163/164 kg/h; Trommellänge 60 mm; Schubfrequenz 20 min⁻¹

11. Bei niedriger Drehzahl bildet sich ein lockerer, feuchter Feststoffkuchen.

12. Beim Austrag aus der Trommel bricht er klumpenweise ab und fällt in die Räumshale.

13. Eine hohe Drehzahl ergibt einen festen, trockenen Kuchen. Beim Austrag des Kuchens bildet sich ein Böschungswinkel.

Schubfrequenz 16/31,5/63 min⁻¹; Durchsatz 165/237/344 kg/h; Trommellänge 85 mm; Drehzahl 1250 min⁻¹

14. Ist die Schubfrequenz niedrig, bildet sich ein relativ hoher Kuchen. Sein Oberflächenrelief ist sehr ausgeprägt.

15. Mit höherer Schubfrequenz nimmt die Kuchenhöhe ab. Das Oberflächenrelief ist ausgeglichen.

16. Bei jedem Schub bildet sich ein Kuchenring. Die Schwankungen der Suspensionssumpfhöhe im Rhythmus der Schubbewegungen sind besonders stark.

17. Bei der hohen Schubfrequenz ist die Kuchenhöhe noch kleiner. Mit jeweils vier bis fünf Hüben entsteht ein Kuchenring mit höherer Aufschichtung.

Vorschublänge 6,3/12,5/25 mm; Durchsatz 312/376/345 kg/h; Einlaufkanalbreite 20 mm; Schubfrequenz 31,5 min⁻¹

18. Wegen der großen Einlaufkanalbreite ist jetzt der Suspensionsdurchsatz erheblich größer. Bei kleiner Vorschublänge wird deshalb der Kuchen so hoch, daß der Suspensionssumpf nicht mehr zu sehen ist und der Einlaufkonus die Spitzen des Kuchenreliefs kalibriert.

19. Bei einer größeren Vorschublänge und der großen Einlaufkanalbreite wie zuvor wird der Suspensionssumpf jetzt noch größer. Während des Rückwärtshubs ist ein Kuchenriff in der Einlaufzone sichtbar. Beim Wenden des Schubbodens im hinteren Umkehrpunkt strömt die neu hinzukommende Suspension zum Teil in den noch nicht ganz abgeflossenen Suspensionssumpf.

20. Wenn die Vorschublänge besonders groß ist, wird beim Rückwärtslauf des Schubbodens eine große Fläche des Spaltsiebes freigelegt. Die Höhe des Suspensionsspiegels sinkt dabei auf Null ab. Beim Vorwärtshub stauen sich dann fast schlagartig die nicht abfiltrierte Flüssigkeit und die noch zulaufende Suspension zu einem großen Suspensionssumpf auf.

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 – 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.