

ISSN 0073-8433

# PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION  
**TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN**  
**NATURWISSENSCHAFTEN**

SERIE 5 · NUMMER 6 · 1979

FILM E 2449

**Einstufige Schubzentrifuge**  
**Kuchenkalibrierung beim Trennen von Feststoff**  
**und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebs-**  
**bedingungen**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

*Angaben zum Film:*

Tonfilm (Komm., deutsch), 16 mm, schwarzweiß, 48 m, 4 1/2 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; Kamera: O. IMHOF; Schnitt: H. ADOLF und J. WEISS (IWF).

*Zitierform:*

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.

*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 2449

## **Einstufige Schubzentrifuge – Kuchenkalibrierung beim Trennen von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen**

Verfasser der Publikation: OTWIN IMHOF

Mit 1 Abbildung

### *Inhalt des Films:*

**Einstufige Schubzentrifuge – Kuchenkalibrierung beim Trennen von Feststoff und Flüssigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen.** Die Kalibrierung des Feststoffkuchens in der einstufigen Schubzentrifuge wird beim Anfahren sowie unter Variation des Suspensionsdurchsatzes, der Schubfrequenz und der Drehzahl gezeigt. Durch eine Synchronisationseinrichtung und stroboskopische Ausleuchtung steht bei diesen Aufnahmen die rotierende Zentrifugentrommel scheinbar still.

### *Summary of the Film:*

**Single stage pusher centrifuge–Cake Calibration at the Separation of Solid and Liquid under Different Running Conditions.** The calibration of a solid cake will be shown in a single stage pusher centrifuge at starting and under variation of the mass flow of the suspension, the frequency of the pusher and the number of revolutions. By means of a synchronization device and a stroboscopical lighting the rotating barrel of the centrifuge apparently comes to a standstill.

### *Résumé du Film:*

**Machine centrifuge à poussée d'un grade – Calibrage du gâteau pendant la séparation du solide et du liquide à des conditions de marche différentes.** Le calibrage du gâteau solide dans une machine centrifuge à poussée d'un grade sera démontré pendant la mise en marche et sous variation de la suspension passée, de la fréquence de la poussée et du nombre de tours. 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 Kuchenkalibrierung beim Trennen 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.

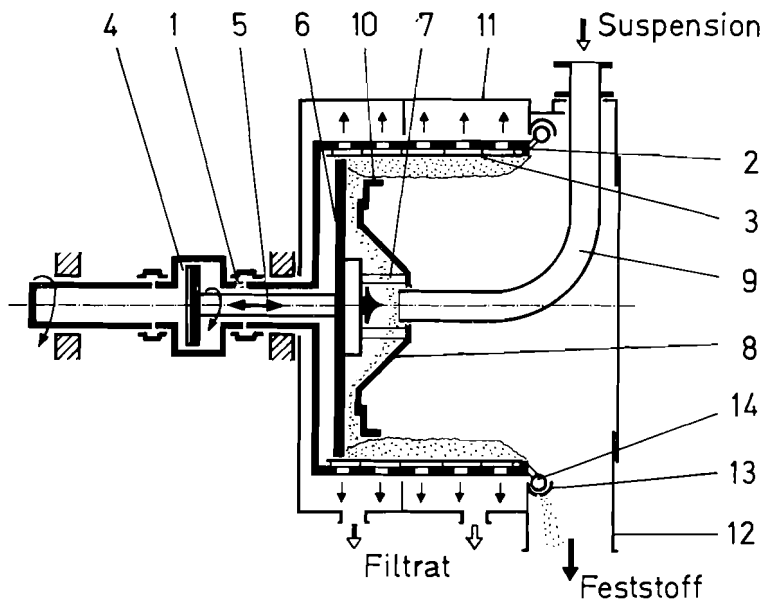


Abb. Prinzipschema einer einstufigen Schubzentrifuge

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 Feststoffangehäuse (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 Feststoffangehäuse 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 Modells gewonnen werden, und experimentell gefundenen Werten bei.

## 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  $n = 630 \cdot 1/\text{min}$  wird bei jeder Umdrehung ein Bild aufgenommen. Dagegen wird bei der Drehzahl  $n = 1250 \cdot 1/\text{min}$  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 Kommentars<sup>1</sup>

1. Beim Trennen einer Suspension in Flüssigkeit und Feststoff möchte man einen möglichst trockenen Feststoffkuchen in der Zentrifugentrommel zurückbehalten. Um bei einer hohen Drehzahl der Trommel Unwucht und Vibration zu vermeiden, wird eine gleichmäßige Kuchenverteilung in der Trommel angestrebt. Ein Kalibrier-ring am rotierenden Einlaufkonus im Zentrum der Trommel soll dies bewirken.

2. Zu sämtlichen Versuchen wird die gleiche Suspension verwendet.

*Suspension: AB-Adipinsäure und Wasser*

*Mittlere Korngröße 140  $\mu\text{m}$ ; Gleichmäßigkeit  $n = 1,3$*

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

*Stroboskopische Aufnahmen  $\sim 10 \text{ B/s}$*

*Trommeldurchmesser 215 mm; Kalibrierhöhe 10 mm*

*Anfahren der Zentrifuge*

*Drehzahl 630  $\text{min}^{-1}$ ; Schubfrequenz 40  $\text{min}^{-1}$ ; Suspensionsdurchsatz 122  $\text{kg/h}$ ;  
Vorschublänge 12,5 mm; Trommellänge 125 mm; Einlaufkanalbreite 4 mm*

3. Durch den Stroboskopeffekt steht die Trommel scheinbar still.

4. Am Einlaufkonus ist der Kalibrierring befestigt. Beim Füllen der Trommel glättet er die Oberfläche des Feststoffkuchens.

*Kalibrierung des Kuchens*

*Variation von Suspensionsdurchsatz, Schubfrequenz, Drehzahl*

*Durchsatz 122/320  $\text{kg/h}$*

5. Bei kleinem Durchsatz wird der Feststoffkuchen gleichmäßig kalibriert. Er hat über die gesamte Trommellänge etwa die gleiche Schichthöhe.

6. Wird der Suspensionsdurchsatz erhöht, steigt die Schichthöhe des Filterkuchens zur Trommelöffnung hin an. Die Suspension quillt unter dem Kalibrierring hervor.

*Schubfrequenz stufenweise geändert: 20/40/63  $\text{min}^{-1}$ ;*

*Durchsatz ansteigend von 172 bis 388  $\text{kg/h}$ ; Drehzahl 1250  $\text{min}^{-1}$*

7. Mit einer Steigerung der Schubfrequenz läßt sich auch der Suspensionsdurchsatz vergrößern. Die Struktur des kalibrierten Feststoffkuchens wird dadurch aber kaum verändert.

*Drehzahl 630/1250  $\text{min}^{-1}$ ; Durchsatz 246/260  $\text{kg/h}$ ; Schubfrequenz 40  $\text{min}^{-1}$*

---

<sup>1</sup> Die *Kursiv*-Texte entsprechen den Zwischentiteln im Film.

8. Bei niedriger Drehzahl wächst trotz Kalibrierung die Schichthöhe des Feststoffkuchens zur Trommelöffnung geringfügig an. Der Kuchen bricht am Rand der Trommel klumpenweise ab.

9. Bei hoher Drehzahl wird der Feststoffkuchen nach Verlassen der Kalibrierzone zu einer großen Schichthöhe aufgeschoben. Er ist relativ trocken, bildet keine Klumpen beim Austragen, sondern rutscht in einem Böschungswinkel an der Trommelöffnung ab.

### 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 – 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.
- [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.