

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

*Wissenschaftlicher Film C 699/1955*

Aus dem Institut für Aufbereitung an der Technischen Universität Berlin

(Prof. Dr.-Ing. habil. W. GRÜNDER)

## **Beladungsvorgänge bei der Flotation**

Von

Prof. Dr.-Ing. habil. W. GRÜNDER

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1959

Der Film wurde aus Forschungsaufnahmen zur Veröffentlichung  
der Ergebnisse zusammengestellt  
Länge der Kopie (16-mm-Stummfilm, schwarz-weiß): 129 m  
Vorfuhrdauer: 12 Min. — Vorfuhrgeschwindigkeit: 24 B/s

Die Herstellung des Films erfolgte mit Unterstützung der  
Deutschen Forschungsgemeinschaft in den Jahren 1954/55 durch  
das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen  
(Direktor: Dr.-Ing. G. WOLF)  
Sachbearbeitung: Dr. G. BEKOW  
Aufnahme: K. NOWICK

## **Beladungsvorgänge bei der Flotation**

Von Prof. Dr.-Ing. habil. W. GRÜNDER

Ausgehend von früheren Arbeiten wird in Zeitdehneraufnahmen die Flotation von Bleiglanzteilchen in einer Versuchszelle gezeigt. Die Aufnahmen demonstrieren den Einfluß von Pine-Öl und Aethylxanthat auf die Luftblasen und die Beladung, ferner das Verhalten von Quarzteilchen und die Trennung eines Gemisches Bleiglanz-Quarz. Einige Versuche an fixierten Luftblasen machen das Anheften und Sammeln der Bleiglanzteilchen an der Blasenhaut besonders deutlich.

### **I. Allgemeine Vorbemerkungen**

Die ersten Versuche (1938/39), mit Hilfe des Films den Beladungsvorgang bei der Flotation sichtbar zu machen, um ihn eingehender studieren zu können, brachten noch nicht die zur Auswertung gewünschten Unterlagen, da die Vergrößerung zu gering und die gewählte Bildfrequenz nicht ausreichend war. In der Begleitveröffentlichung zu diesem Film [2]<sup>1)</sup> wird darauf hingewiesen, daß „zur Erfassung des Beladungsvorganges durch Laufbilder eine höhere Bildfrequenz gewählt und eine geeignete Apparatur, besonders aber eine zweckentsprechend gebaute Zelle entwickelt werden muß“.

Die bei diesen ersten Aufnahmen benutzte kleine Zelle wurde dann später (1942/44) von RAM [6] [7] weiterentwickelt und für Forschungsfilmaufnahmen<sup>2)</sup> verwendet, mit deren Hilfe er Belüftungs- und Beladungsvorgänge untersucht hat. RAM wählte damals eine kleine Zelle die aus einem schmalen, U-förmigen Metallrahmen bestand, in welchen zwei Glasscheiben eingepaßt waren (Innenabstand etwa 1 cm). Diese Küvette wurde unten durch einen auswechselbaren Boden abgeschlossen.

<sup>1)</sup> Siehe Literaturverzeichnis am Ende des Textes.

<sup>2)</sup> Die Filmaufnahmen wurden im Aufbereitungslaboratorium der damaligen Technischen Hochschule Berlin in Zusammenarbeit mit der Reichsanstalt für Film und Bild, Berlin, durchgeführt und inzwischen veröffentlicht [7], während die Dissertation, in der RAM die Ergebnisse niedergelegt hat [6], leider unveröffentlicht geblieben ist.

Als luftverteilende Mittel konnten wahlweise keramische Filter, Gummi-blanketts oder Kapillaren bzw. Doppelkapillaren verschiedener Art eingesetzt werden. Zur Regelung der Druckluft und Feineinstellung wurde ein Reduzierventil und ein Druckluftausgleichsbehälter zwischengeschaltet. Geringe Drucke wurden am Wassermanometer, höhere am Quecksilbermanometer abgelesen. Als Lichtquelle wurde eine 40-Amp-Bogenlampe mit Hohlspiegel benutzt und für die Filmaufnahmen eine Zeiss-Ikon-Normalfilmzeitlupe gewählt. Das Anrührgefäß für die Mineralteilchen mit Flotationsmitteln war durch eine kurze Schlauchleitung mit der Zelle verbunden, wobei die Erzteilchen als „Wolke“ stoßweise seitlich nach Öffnen des Quetschhahnes eingeschleust wurden.

RAM faßte die Ergebnisse seiner Versuche folgendermaßen zusammen:

1. Eine gute Durchlüftung der Zelle hat eine Beschleunigung des Flotationsprozesses zur Folge. Maßgebend für die Durchsatzleistung einer Zelle ist nicht ihr Volumen, sondern das Effektivvolumen, d.h. die Größe der in der Volumeneinheit verfügbaren Blasenoberfläche.

2. Das Verhalten von Luftblasen in Flüssigkeiten hängt entscheidend von der Natur der Flüssigkeit ab. Bei Berührung zweier Luftblasen tritt in reinen Flüssigkeiten im allgemeinen bevorzugt eine Vereinigung ein, dagegen findet in Lösungen bestimmter Konzentrationen, besonders aber bei Anwesenheit oberflächenaktiver Stoffe, im allgemeinen kein Zusammenlaufen statt<sup>1)</sup>.

3. Die „Direkt-Kontakt-Hypothese“ von GAUDIN [1], die besagt, daß eine Beladung überall dort erfolgen kann, wo Luftblasen und schwimmfähige Mineralteilchen im Zellenraum zusammentreffen, konnte durch die Filmaufnahmen eindeutig bestätigt werden.

Im Hinblick auf die große Bedeutung der Belüftungs- und Beladungsvorgänge wurde 1951 im Fachausschuß für Erzaufbereitung der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute ein Unterausschuß „Luftblase und Flotationsvorgang“ unter Leitung von PH. SIEDLER eingesetzt. Dieser Unterausschuß hatte die Aufgabe, „nicht nur den Vorgang des Anheftens der Erzpartikel an die Luftblase in seinen Ursachen zu klären, sondern auch aus den dabei gewonnenen neuen Erkenntnissen Vorschläge für die technisch zweckmäßige Ausgestaltung einer Flotationszelle sowie für die beste Luft-Zuführung und -Verteilung zu machen“. 1952 hat SIEDLER [8] ausführlich die theoretischen Zusammenhänge erläutert und an Hand des Weltschrifttums wichtige Hinweise für eine erfolgreiche Forschungsarbeit auf diesem Gebiet gegeben. Kurze Zeit später berichtete SIEDLER [9] über die Ergebnisse des Forschungsfilms „Flotation in action“<sup>2)</sup>, den die Amerikaner SPEDDEN und HANNAN [12] aufgenommen und ausgewertet hatten. In diesem Forschungsfilm wird in Zeitdehneraufnahmen die Anlagerung

---

<sup>1)</sup> Vgl. auch die neueren Untersuchungen und aufschlußreichen Auswertungen von SIEMES [11], GÜNTHER [4] und KAUFFMANN [5].

<sup>2)</sup> Eine Kopie dieses Films ist im Leiharchiv des Instituts für den wissenschaftlichen Film, Göttingen, vorhanden (Verz.-Nr. W 106).

von Bleiglanzteilchen an Luftblasen sichtbar. Man erkennt deutlich, daß sich das Bleiglanzteilchen bei Berührung der Luftblase an diese anheftet, daß es an der Blasenhaut abrutscht und schließlich seine Tiefstpunktlage einnimmt. SIEDLER [10] faßte das Ergebnis dieses Filmstreifens folgendermaßen zusammen:

1. Mineralpartikel heften sich an bewegte Blasen bei Berührung.

2. Feine Partikel werden durch die um die Blase auftretenden Strömungen zwar stärker abgelenkt als grobe; die Anheftung der bei der Flotation üblichen Korngrößen wird dadurch aber nicht verhindert.

3. Die Luftblasen geraten beim Austritt aus der Kapillare in Schwingungen mit einer Frequenz von 1000/s. Die Erzpartikel werden dabei von den aus der Blase heraustretenden Protuberanzen abgestoßen, von den zurückweichenden Beulen angezogen. Es ist anzunehmen, daß solche Oszillationen auch unter dem Einfluß äußerer Kräfte (Reibung) in den Zellen der Rührwerksmaschinen auftreten.

Nach einem eingehenden Studium dieses Forschungsfilms schlägt SIEDLER vor, den Beladungsvorgang bei noch höheren Frequenzen filmisch festzuhalten, und verweist auf die Möglichkeiten, die die Funkenkinematographie mittels schnell oszillierender Entladungen bietet<sup>1)</sup>.

### Zur Herstellung des Films

Nach den Untersuchungen von RAM stand bereits fest, daß es grundsätzlich möglich ist, die Vorgänge bei der Flotation durch Zeitdehneraufnahmen der Beobachtung zugänglich zu machen. Für eine gute Sichtbarkeit sowohl des Verhaltens der Luftblasen als auch des eigentlichen Beladungsvorganges war es jedoch notwendig, die Aufnahmefrequenz, die bei RAM 1000 B/s betragen hatte, zu steigern, um diese Vorgänge in genügend starker Zeitdehnung erkennen zu können. Ferner erschien es wünschenswert, einen größeren Abbildungsmaßstab zu wählen, der es erlaubt, das Anheften des einzelnen Teilchens an die Luftblase genau zu erkennen. Da aber bei größerer Abbildung auch die relative Geschwindigkeit des im Bild wiedergegebenen Bewegungsablaufs entsprechend höher ist — ein sich bewegendes Objekt durchläuft das Bildfeld in um so kürzerer Zeit, je kleiner der Bildausschnitt ist — erfordert dies eine weitere Erhöhung der Aufnahmefrequenz.

Einen wesentlichen Fortschritt in dieser Richtung stellten die Aufnahmen von SPEDDEN und HANNAN dar. Bei diesen betrug die höchste angewendete Aufnahmefrequenz 3000 B/s. Es gelang, das Anheften einzelner Bleiglanzteilchen an aufsteigende Luftblasen in besonders großem Abbildungsmaßstab mit dieser Aufnahmefrequenz im Film festzuhalten. Für die Analyse des Beladungsvorganges in der Einzelbildauswertung ist die genannte Frequenz sicher ausreichend, während für

<sup>1)</sup> Nach dem bekanntesten, von CRANZ und SCHARDIN im Institut für Technische Physik an der Technischen Hochschule Berlin entwickelten Aufnahmeverfahren können Bildfrequenzen bis zu  $10^7$  B/s erreicht werden.

die Beobachtung des Bewegungsablaufes in der Laufbildvorführung eine noch stärkere Zeitdehnung günstiger wäre. Etwas nachteilig wirkt sich in dem Film von SPEDDEN und HANNAN die bei den Aufnahmen angewendete Beleuchtung aus, die offenbar in gerichtetem Gegenlicht bestand. Dadurch erscheinen die Luftblasen infolge ihrer Linsenwirkung im Bild undurchsichtig (schwarz mit einem hellen Punkt in der Mitte), so daß das Anheften von Bleiglanzteilchen nur dann beobachtet werden kann, wenn es an der in der Bildebene liegenden Kontur der Luftblase geschieht.

Dem gleichzeitigen Bestreben nach einer möglichst hohen Aufnahme- frequenz und einem möglichst großen Abbildungsmaßstab stellen sich naturgemäß in steigendem Maße aufnahmetechnische Schwierigkeiten entgegen, je mehr man diesen beiden Forderungen gerecht zu werden versucht. Je kleiner das Bildfeld ist, desto geringer ist die Schärfentiefe und desto schwieriger wird es, den Vorgang der Beladung innerhalb dieses kleinen Bildfeldes im Schärfenbereich zu erfassen. Mit steigender Aufnahme- frequenz sinkt die ausnutzbare Aufnahmedauer der Zeitdehnerkamera auf Bruchteile einer Sekunde. Für die extrem kurzen Belichtungszeiten der Einzelbilder in der Zeitdehneraufnahme ist eine äußerst intensive Beleuchtung des Objektfeldes erforderlich, die hier zugleich die Aufgabe hat, die Luftblasen, d.h. photographisch recht ungünstige Objekte, und deren Gestaltveränderungen deutlich erkennbar zu machen. Von diesen Schwierigkeiten abgesehen durfte jedoch auf Grund der früheren Arbeiten erwartet werden, daß eine Weiterentwicklung der bisherigen Aufnahmetechnik zum Ziel führt und daß somit auf die Anwendung funkenkinematographischer Verfahren verzichtet werden kann. Die Hochfrequenzkinematographie mittels Funkenstrecken hat bekanntlich den Nachteil, daß sie keinen vorführfähigen Film, sondern nur eine geringe Anzahl von meist nebeneinander liegenden Phasenbildern liefert, so daß sie zwar eine Einzelbildauswertung, dagegen nicht eine Beobachtung des Bewegungsablaufes im Laufbild ermöglicht. Es ist also erheblich günstiger, wenn die anzuwendende Aufnahme- frequenz noch im Bereich der mechanischen Zeitdehner-Kameras liegt, mit denen man normale, zur Vorführung geeignete Filmaufnahmen erhält.

Für die vorliegenden Versuche wurde eine Zelle benutzt, die der von RAM verwendeten sehr ähnlich war. Sie bestand wiederum aus einer Küvette mit je einer Glasplatte als Vorder- und Rückwand, deren Abstand jedoch etwas größer gewählt wurde (40 mm), um Störungen der Vorgänge durch Wandinflüsse auszuschalten. Die Blasen- zufuhr geschah durch eine Glaskapillare (0,7 mm lichte Weite) in der Mitte des Zellenbodens. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Blasenablösung war das Ende der Kapillare kegelförmig angeschliffen. Um Störungen durch den Ablösungsvorgang möglichst gering zu halten, erfolgte die Beobachtung der aufsteigenden Luftblasen in einem Bereich, der etwa 50 mm oberhalb vom Ende der Kapillare lag. Die Mineralteilchen — Bleiglanz

und Quarz. eng siebklassiert — wurden den jeweiligen Versuchsbedingungen entsprechend mit schäumenden und sammelnden Reagenzien vorbehandelt und im Moment der Aufnahme von oben durch ein Glasröhrchen in die Zelle gebracht, so daß sie den aufsteigenden Luftblasen entgegen sedimentieren konnten und dabei gegebenenfalls auf die fixierte Luftblase auftrafen. Dabei wurde es nach Möglichkeit so eingerichtet, daß die Mineralteilchen in loser Verteilung innerhalb des eingestellten Bildfeldes mit noch unbeladenen Luftblasen zusammenstießen. Mit Rücksicht auf die speziellen Versuchsbedingungen erschien es richtiger, die Menge der zuzufügenden Reagenzien — Pine-Öl und Aethylxanthat — nicht nach der jeweils benötigten, nur sehr geringen Mineralmenge, sondern nach der Menge der benötigten Flüssigkeit zu bemessen; diese wurde dann in gleicher Zusammensetzung sowohl zur Vorbehandlung des Minerals als auch zur Füllung der Versuchszelle verwendet. Durch systematische Vorversuche wurde ermittelt, daß von beiden Substanzen je 50 mg pro Liter Wasser ausreichend sind, um die volle Wirkung zu erzielen.

Als Lichtquelle diente für die Versuche an aufsteigenden Luftblasen eine Mikrobogenlampe mit Kondensator, mit der die Zelle von der Gegenseite beleuchtet wurde. Da sich streng gerichtetes Gegenlicht als nachteilig erwiesen hatte, wurde eine schwache Opalscheibe dazwischengeschaltet. Auf diese Weise wurde erreicht, daß die Luftblasen durchsichtig erscheinen. Bei den fixierten Blasen konnte eine Auflichtbeleuchtung angewendet werden, die eine bessere räumliche Vorstellung der Vorgänge vermittelt. Für die Zeitdehneraufnahmen wurde eine 16-mm-Fastax-Kamera der Firma Wollensak, Rochester, verwendet. Die Aufnahmen erfolgten im Abbildungsmaßstab 1 : 1.5 bis 1 : 0.8 (bezogen auf das Schmalfilmbild), entsprechend einer Bildfeldbreite zwischen 15 und 8 mm.

## II. Erläuterungen zum Film

### *Flotation von Bleiglanz<sup>1)</sup>*

*Korngröße 0,1 mm, Durchmesser der Luftblasen etwa 2,5 mm*

In einer einleitenden Übersichtsaufnahme wird zunächst die Versuchszelle gezeigt. Kurze Zeit, nachdem der Strom der aufsteigenden Luftblasen eingesetzt hat, erfolgt die Zugabe der Bleiglanzteilchen, die von oben als feiner Schleier herunterrieseln. Dieser Versuch wurde mit normaler Frequenz (24 B/s) aufgenommen, um dem Betrachter einen Eindruck vom natürlichen Ablauf der Vorgänge zu geben. Von einer Beladung der Luftblasen ist hierbei noch nichts zu erkennen.

---

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

## *Mit und ohne Pine-Öl*

Die nun folgenden Aufnahmen zeigen die Vorgänge im einzelnen unter verschiedenen Bedingungen in Zeitdehnung. Zunächst werden Bleiglanzteilchen um 0.1 mm in Wasser mit Blasen von etwa 2.5 mm Durchmesser zusammengebracht. Bei diesen verhältnismäßig großen Blasen ist die typische quallenartige Eigenbewegung deutlich sichtbar. Eine Beladung der Blasen findet beim Zusammentreffen mit Bleiglanzteilchen hier offensichtlich nicht statt. Erst nach Zugabe eines Schäumers (Pine-Öl) werden die Blasen kleiner, rundlicher, elastischer, wie die nächste Aufnahme deutlich erkennen läßt<sup>1)</sup>. Aber auch jetzt erfolgt noch keine Beladung der Luftblasen, obwohl diese häufig mit Partikeln zusammenstoßen. — Aufnahme Frequenz 3000 B/s, entsprechend einer 125fachen Zeitdehnung<sup>2)</sup>.

### *Mit Aethylxanthat*

#### *Ohne und mit Pine-Öl*

Bei der zweiten Versuchsreihe wurde als sammelndes Reagenz für Bleiglanzteilchen Aethylxanthat zugegeben. Zunächst wurde aber der Schäumer noch weggelassen. Das Ergebnis zeigt die nun folgende Aufnahme. Es findet sogleich eine starke Beladung der Luftblasen statt. Auch die lebhaften, quallenartigen Gestaltveränderungen, die hier wiederum auftreten, hindern die Bleiglanzteilchen nicht daran, sich anzuheften.

Für die nächsten Aufnahmen, die nach Ab- und Wiederaufblenden des Bildes beginnen, wurde zusätzlich Pine-Öl als schäumendes Reagenz verwendet. Es zeigt sich die bereits bekannte Wirkung. Die Blasen sind etwas kleiner und vor allem stabiler. Sobald aber ein Bleiglanzteilchen auf eine Luftblase trifft, deformiert sich diese, um nach kurzer Zeit ihre ursprüngliche Form wieder anzunehmen. Dabei läuft vom Berührungspunkt aus eine Deformationswelle rasch über die Blasenoberfläche. Bei der Einzelbildauswertung hat man den Eindruck, daß die von der flüssigen Phase umgebene Luftblase (gasförmige Phase) in Anwesenheit oberflächenaktiver Stoffe an der Grenzfläche wie eine elastische, deformierbare Haut wirkt (vgl. die aus dem Film entnommene Einzelbildreihe, Abb. 1). — Aufnahme Frequenz 6000 B/s, d. h. 250fache Zeitdehnung.

### *Fixierte Luftblase*

#### *Durchmesser etwa 4 mm*

Der Eindruck der elastischen Haut der Gasblase wird bei der nächsten Versuchsreihe besonders deutlich. Hier wurde eine große Blase (Durchmesser etwa 4 mm) an einer Kapillare fixiert. Bleiglanzteilchen, die mit

<sup>1)</sup> Vgl. auch die „Luftblasenkennlinien“ nach GRÜNDER [3].

<sup>2)</sup> Bezogen auf die normale Vorführgeschwindigkeit von 24 B/s.



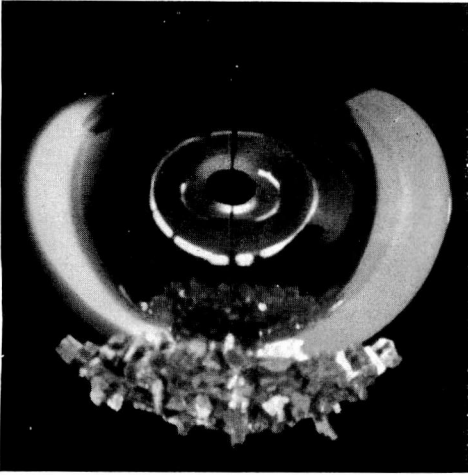


Abb. 2. Haftende Bleiglanzteilchen  
an einer fixierten Luftblase  
Durchmesser der Blase etwa 4 mm

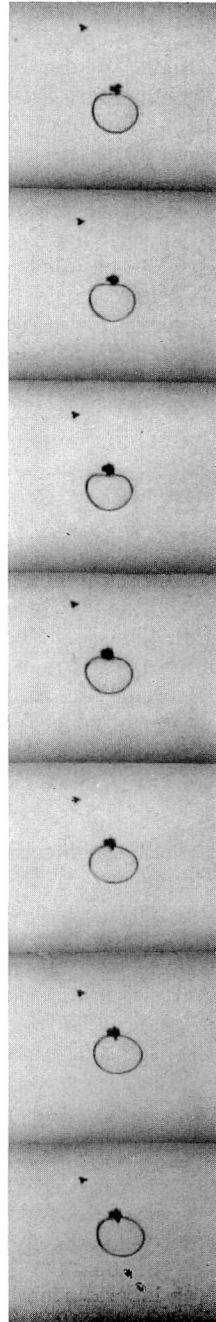


Abb. 1. Deformation einer Luftblase beim Zusammen-  
treffen mit einem Bleiglanzteilchen  
Einzelbildreihe aus dem Film; zeitlicher Bildabstand etwa  $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

Aethylxanthat und Pine-Öl vorbehandelt sind, treffen von rechts oben kommend auf die Blase. Es ist gut sichtbar, wie die Teilchen sich an die Außenhaut der Blase anheften, auf der Haut entlangrutschen, hin- und herschaukeln, bis sie dann am tiefsten Punkt der Blase schließlich zur Ruhe kommen (Abb. 2). Diese Vorgänge sind noch besser zu erkennen, wenn nur einige wenige Bleiglanzteilchen die Blase berühren. Alle Teilchen befinden sich in der flüssigen Phase und durchstoßen nicht die Blasenhaut. Beim Filmablauf ist besonders auf das Verhalten eines prismatischen Teilchens zu achten, das nur mit einer kleinen Fläche an der Blasenhaut haftet und beim Abrutschen frei wird. — Wie fest die Teilchen an der Blase sitzen, wird dadurch ersichtlich, daß auch die starken Bewegungen der Blase beim Auftreffen der Teilchen diese nicht wieder abzustoßen vermögen. Um dies noch deutlicher zu machen, wurde beim letzten Versuch die Blase vorher in heftige Schwingungen versetzt. Trotz der starken Vibration bleiben die Teilchen fest haften. — Aufnahmefrequenz 2000 B/s, d. h. 80fache Zeitdehnung.

### Quarz

#### *Korngröße 0,2 mm — Mit Aethylxanthat und Pine-Öl*

Quarzteilchen mit einer Korngröße um 0,2 mm, die mit Aethylxanthat und Pine-Öl vorbehandelt sind, werden — wie zu erwarten — von der Luftblase nicht beeinflusst. Sie treffen zwar in der Zelle häufig mit Luftblasen zusammen, bleiben jedoch mit ihrer hydrophilen Oberfläche nicht haften. Eine Aufnahme, die dieses Verhalten deutlich erkennen läßt, wurde hier der Vollständigkeit halber eingefügt. — Aufnahmefrequenz 3000 B/s, d. h. 125fache Zeitdehnung.

#### *Gemisch Bleiglanz — Quarz*

Schließlich wird ein mit Aethylxanthat und Pine-Öl vorbehandeltes Gemisch von Bleiglanz- und Quarzteilchen den aufsteigenden Luftblasen entgegengeschickt. Die Trennung ist gut erkennbar. Die größeren, hellgrau erscheinenden Quarzteilchen werden von den Luftblasen nicht fixiert, wohl aber die kleineren, dunkleren Bleiglanzteilchen, die beim Auftreffen die Luftblasen deformieren, an der Blasenhaut abrutschen und dann luftballonartig nach oben in die Schaumphase getragen werden. — Aufnahmefrequenz 3000 B/s, d. h. 125fache Zeitdehnung.

### Literatur

- [1] GAUDIN, A. M., Flotation. New York und London 1932.
- [2] GRÜNDER, W., Umlaufzelle für Flotationsversuche. Wiss. Film C 304 des Inst. f. d. Wiss. Film, Göttingen. Berlin 1939.
- [3] GRÜNDER, W., Aufbereitungskunde. Bd. I: Allgemeine Aufbereitung, S. 466—468; Belgrad 1951. Bd. II: Arbeitsmethoden im Aufbereitungslaboratorium, S. 341—348; Hübener-Verlag, Wilhelmshaven und Goslar 1957.

- [4] GÜNTHER, K., Die Bildung von Blasenschwärmen an Düsen in Flüssigkeiten bei hohen Gasdurchsätzen. Dipl.-Arbeit Berlin 1955.
- [5] KAUFFMANN, J. F., Größe von Gasblasen an nach oben gerichteten, kreisförmigen Düsen. Dipl.-Arbeit Berlin 1955. Siehe auch: W. GRÜNDER, W. SIEMES und J. F. KAUFFMANN, Die Messung der Belüftung von Flotationszellen. Erzmetall 9 (1956), S. 559.
- [6] RAM, D., Über Belüftungs- und Beladungsvorgänge bei der Flotation. Diss. Berlin 1944. (Unveröffentlicht; das einzige Exemplar ist im Besitz des Inst. f. Aufbereitung d. Techn. Univ. Berlin).
- [7] RAM, D., Versuche zur Belüftung und Beladung bei der Flotation. Wiss. Film C 729 des Inst. f. d. Wiss. Film, Göttingen 1957.
- [8] SIEDLER, PH., Luftblase und Flotationsvorgang. Erzmetall 5 (1952), S. 49—54.
- [9] SIEDLER, PH., Über Belüftungs- und Beladungsvorgänge bei der Flotation. Erzmetall 5 (1952), S. 383.
- [10] SIEDLER, PH., Kinematographische Studien des Flotationsvorganges. Erzmetall 7 (1954), S. 40.
- [11] SIEMES, W., Gasblasen in Flüssigkeiten. I. Teil: Entstehung von Gasblasen an nach oben gerichteten, kreisförmigen Düsen. II. Teil: Der Aufstieg von Gasblasen in Flüssigkeiten. Chemie-Ingenieur-Technik 26 (1954), S. 479—496 u. 614—630.
- [12] SPEDDEN, H. R., u. W. S. HANNAN, Attachment of Mineral Particles to Air Bubbles in Flotation. American Inst. of Mining and Metallurgical Engineers. Techn. Publ. Nr. 2354, Class B, Mining Technology, März 1948.

*(Eingegangen am 4.3.1959)*