

# Der Einfluss des Schaumssystems auf die Selektivität des Flotationsprozesses bei der Zinnsteinflotation

*Serafim G. Savvidis<sup>1</sup>, Kostas I. Vatalis<sup>1</sup>, Evangelos Kargiotis<sup>1</sup>,  
Georgios Charalambidis<sup>1</sup> und Dimitrios Zissopoulos<sup>2</sup>*

## **Der Einfluss des Schaumssystems auf die Selektivität des Flotationsprozesses bei der Zinnsteinflotation**

*The study presented here is to determine the effect of the froth system on the selectivity of the cassiterite flotation with the sulfosuccinamate Aerosol A 22. This observation was done in order to find out in what way the collecting and frothing properties of the reagent system influence the selection of the mineral particles in the froth product.*

*Simple examination regarding the surface and interfacial tension measurements as well as regarding contact angle and froth formation measurements have been made to specify the mode of action of different froth regulators in an aqueous solution using the sulfosuccinamate Aerosol 22 as collector.*

*The outcome was verified by flotation tests with Bolivian natural cassiterite ores. It was established that the froth regulating reagents of the silicone group an extra quantity of 0.5% – 1% in relation to the frothing reagents is enough to improve the selectivity of the cassiterite flotation.*

**Key words:** *selectiv flotation, cassiterite, surface tension, contact angle, sulfosuccinamates, silicone frothers.*

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen dieser Arbeit sind systematische Untersuchungen zum Einfluss des Schaumssystems auf die Selektivität des Flotationsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Zinnsteinflotation mit dem Sulfosuccinamat A 22 und den Entschäumern Baysilone AC 3099 und 7800 durchgeführt worden.

Die Versuchsergebnisse machen deutlich, dass durch Modifikation des gebildeten Dreiphasenschaums bei der Zinnsteinflotation mit A 22 sich die Selektivität des Prozesses erhöht, zumal auf den Einsatz von drückenden Reagenzien verzichtet wurde und eine hydrophilisierende Wirkung des Entschäumers auf die silikatische Gangart ausgeschlossen werden kann.

Da bei richtiger Dosierung des Entschäumers eine wesentliche Steigerung der Konzentratqualität bei nur verhältnismässig geringem Rückgang des Ausbringens erzielt werden konnte und der Reagenzverbrauch sehr niedrig war, ergibt sich grundsätzlich die Möglichkeit, durch Modifikation des Schaumssystems den Flotationsprozess für bestimmte Stoffsysteme in metallurgischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu verbessern.

## **Einführung**

Die Flotation hat als Sortierverfahren für fein- und feinstkörnige mineralische Rohstoffe in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen und wird auch in die Zukunft eine entscheidende Rolle bei der technischen und wirtschaftlichen Nutzung von Rohstoffvorkommen spielen. Ihr Anwendungsbereich hat sich ständig erweitert; so können heute neben sulfidischen Erzen und Kohlen auch zahlreiche oxidische und salzartige Mineralvorkommen durch Flotation sortiert werden. Darüber hinaus hat die Flotation auch Eingang in die Aufbereitung von Sekundärrohstoffen, Altpapier, Kunststoffen und in die Wasseraufbereitung gefunden (Schubert, 1978).

Da man annehmen darf, dass für jedes Stoffsystem spezifisch wirkend Flotationsreagenzien gefunden und zur Verfügung gestellt werden können, sind die Anwendungsmöglichkeiten grundsätzlich kaum beschränkt. Im besonderen Masse gilt dies für fein verwachsene Rohstoffe mit geringen Wertstoffgehalten, wie z.B. Kassiteriterze, die nur geringe Konzentratpreise erzielen. Eine verbreitete Anwendung finden daher preiswerte technische Produkte wie Amine, Tallöle, Ölsäuren, oder Succinamate als Sammler in der Betriebsflotation. Abgesehen davon, dass diese Chemikalien nicht besonders selektiv wirken, besitzen sie oft die nachteilige Eigenschaft, stabile, voluminöse Schäume zu bilden (Fuerstenau, 1962; Harris, 1982).

Zahlreiche Forschungsarbeiten (Wottgen, 1974; Savvidis, 1996) zur Gestaltung der Reagenzsysteme, besonders für die Flotation oxidischer Mineralien, befassten sich vornehmlich mit den Adsorptionsmechanismen der Reagenzien an den Wertstoff- bzw. Gangmineralien sowie mit der Wirkung von gelösten Ionen in der

<sup>1</sup> *Serafim G. Savvidis, Kostas I. Vatalis, Evangelos Kargiotis, Georgios, Charalambidis* Department of Mining Engineering, Technological Education Institut, 50100 Kozani, Greece

<sup>2</sup> *Dimitrios Zissopoulos:* Department of Petroleum Tecnology, Technological Education Institut, 65404 Kavala, Greece  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 17.10.2000)

Flotationstrübe. Der Einfluss der Schaumeigenschaften auf das Trennergebnis und die Prozessführung der Flotation finden dagegen nur in wenigen Arbeiten eine ausreichende Berücksichtigung.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind daher systematische Untersuchungen zum Einfluss des Schaumsystems auf die Selektivität des Flotationsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Zinnsteinflotation mit dem Sulfosuccinamat Aerosol 22 durchgeführt worden. Dabei wurde für einige ausgewählte typische Schaumregulatoren deren Einfluss auf die Schaumbildung und die Schaumstabilität von Aerosol-Lösungen im Hinblick auf die Selektion der Mineralpartikel im Schaumprodukt untersucht. Das Ziel der Arbeit bestand darin, die Selektivität der Flotation von Zinnerzen und anderen schwer flotierbaren mineralischen Rohstoffen durch die Modifikation der schaubildenden Eigenschaften des Sammlers zu erhöhen.

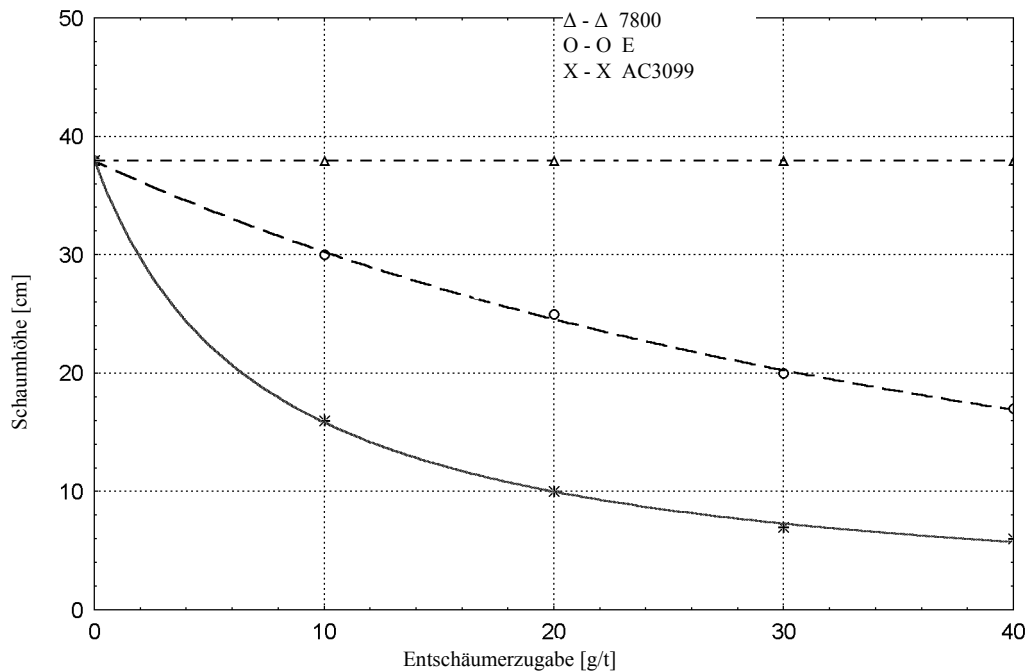


Abb.1. Schaumhöhe in Abhängigkeit von der Zugabe unterschiedlicher Entschäumer in einer wässrigen A-22-Lösung ( $2.25 \times 10^{-3}$  mol/l), pH 2.5

## Verwendete Reagenzien

### a) Sammler

Als Sammler für die Flotationsversuche mit Zinnerz wurde ein Sammler-Schäumer aus der Substanzklasse der Sulfo-carbonsäuren verwendet.

Bei der Sulfo-carbonsäure handelt es sich um Tetranatrium-N-(1,2 dicarboxyläthyl) -N-octadecyl-sulfosuccinamat, das von der Firma Cyanamid unter dem Markennamen Aerosol 22 vertrieben wird. Die Eignung von A 22 als wirksamer Zinnsteinsammler wurde von zahlreichen Forschern nachgewiesen (Arbider, 1969; Salas et al., 1977).

Aerosol 22 wird als wässrige Lösung mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 35% geliefert und besitzt folgende charakteristische Eigenschaften.

Molgewicht	653 g	Dichte	1,12 g/cm <sup>2</sup>
Flächenbedarf/Mol	41 A2	Ionogenität	anionisch
Kritische Mizellbildungskonzentration	10-3 mol/l	pH	7-8

Das Reaktionsverhalten des anionaktiven Tensids A 22 in einer wässrigen Lösung wird durch die polaren Carboxylat- und Sulfonatgruppen sowie die unpolare alifatische Kohlenwasserstoffkette bestimmt. Die Sulfonatgruppe dissoziiert bei einem pH-Wert grösser 1.5 und die drei Carboxylatgruppen erst bei einem pH-Wert über 3.5. Da die Zinnsteinflotation meist in stark saurer Trübe erfolgt, adsorbieren die Aerosolmoleküle an

Kassiterit vermutlich über die Sulfonatgruppe, die als starke Säure nicht vollständig protoniert sein dürfte. Die Aktivität der Carboxylatgruppen ist dagegen durch Protonierung stark vermindert (Kues, 1984).

Aerosol 22 zeigt schon in geringen Konzentrationen ein starkes Schaumbildungsvermögen, wobei mit zunehmender Konzentration vor allem die Schaumbeständigkeit zunimmt.

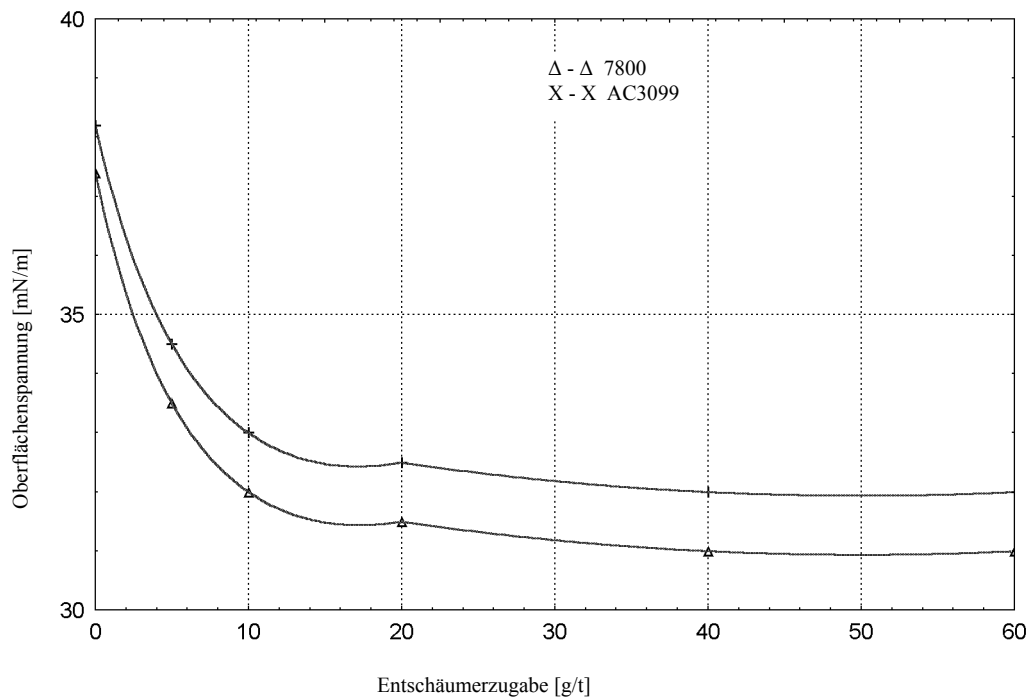


Abb.2. Oberflächenspannung einer wässrigen A-22-Lösung ( $7.5 \times 10^{-5}$  mol/l) in Abhängigkeit von der Entschäumerzugabe bei pH 2.5 (293 K)

## b) Schaumregulatoren

Bei der Auswahl der Schaumregulatoren wurde darauf geachtet, dass sie in Wasser gut dispergierbar sind und in einem breiten pH-Bereich eingesetzt werden können. Desweiteren sollten sie schon in geringen Konzentrationen wirksam sein, um die zusätzlichen Reagenzkosten in Grenzen zu halten. Da bekanntlich insbesondere Stoffe auf Siliconbasis als Schaumregulatoren untersucht und technisch erprobt sind, wurden zwei Reagenzien dieses Stofftyps ausgewählt, die wie folgt bezeichnet und charakterisiert werden.

Der Baysilone-Entschäumer AC 3099 ist eine wässrige Emulsion eines Methylpolysiloxanes mit einer nicht ionogenen Emulgatorkombination. Die Emulsion hat einen Silicon-Wirkstoffanteil von ca. 30% bei einer Dichte von  $1.01 \text{ g/cm}^3$  und ist besonders in tensidhaltigen Lösungen hoch aktiv.

Der Baysilone-Entschäumer E ist eine 40% ige wässrige Emulsion eines modifizierten Dimethylpolysiloxanes unter Einsatz nichtionogener Hilfsmittel. Aufgrund des hohen Siliconanteils besitzt die Emulsion eine hohe Viskosität ( $500\text{-}1000 \text{ mPa s}$  bei  $200\text{C}$ ). Bei Verdünnungskonzentrationen von 1–10% können jedoch noch ausreichend stabile Lösungen hergestellt werden.

Daneben wurde ein typischer Entschäumer auf Kohlenwasserstoffbasis herangezogen.

Der Entschäumer 7800 besteht aus höheren Kohlenwasserstoffen und deren Sulfonsäure-Derivaten. Die schwach gelbliche bei Raumtemperatur leicht trübe Flüssigkeit hat eine Dichte von  $0.87 \text{ g/cm}^3$ . Das Reagenz ist teilweise wasserdampflich und mit Wasser leicht emulgierbar. Der Entschäumer 7800 kann sowohl unverdünnt als auch in wässriger Verdünnung eingesetzt werden.

Die aufgeführten Entschäumertypen werden alle als chemisch indifferent bezeichnet und sollen weder Reaktionen mit der zu entschäumenden Flüssigkeit eingehen noch das Gefäß- oder Apparatematerial angreifen (N. N., 1980).

Die Untersuchungen wurden nach der Ringabreissmethode mit einem Fischer Surface Tensiometer Modell 21 vorgenommen.

Dabei sollte festgestellt werden, ob die schaumregulierenden Reagenzien geringere Oberflächenspannungen als das Tensidreagenz aufweisen und sich auf die Oberfläche der Tensidflüssigkeit spreiten. Wie den ergebnissen der Tab. 1 zu entnehmen ist, weisen alle Substanzen eine geringere

Oberflächenspannung als die Aerosol 22-Lösungen auf. Der Eindringungskoeffizient E und der Spreitungskoeffizient S sind positiv errechnet. Demzufolge besitzen diese Substanzen zumindest die Voraussetzungen, das Schaumbildungsvermögen von A 22-Lösungen zu vermindern.

### Schaumbildungsmessungen im Zweiphasensystem

Die Messung des Schaumbildungsvermögens, welches in gewissem Mass auch die Stabilität des gebildeten Schaums kennzeichnet, wurde in einer pneumatischen Flotationszelle unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt. Die aus Plexiglas gefertigte Zelle mit einer quadratischen Grundfläche (25 cm<sup>2</sup>) hatte ein Volumen von 1500 cm<sup>3</sup>.

Jeweils 50 ml der Reagenzlösung wurden in einem Becherglas eine Minute konditioniert und der pH-Wert eingestellt. Danach wurde die Lösung in die Messapparatur eingefüllt und für die Dauer von 30 s mit Luft (ca. 94 l/h) begast. Das gebildete Schaumvolumen wurde an einer Skala abgelesen, die an der Zellenwand angebracht war. In der Abbildung 1 sind die gemessenen Schaumhöhen in Abhängigkeit von der Entschäumerzugabe dargestellt.

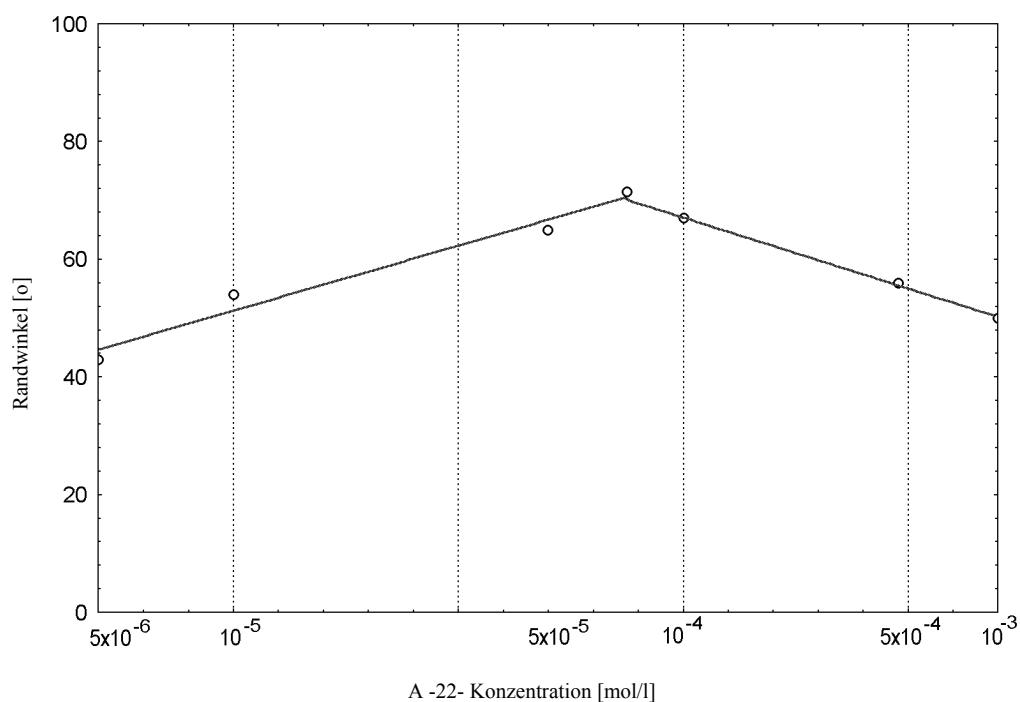


Abb.3. Randwinkel an Zinnstein in Abhängigkeit von der A-22-Konzentration bei pH 2.5

### Veränderung der Oberflächenspannung einer Aerosol-22-Lösung durch Entschäumerzusätze

Um das sehr unterschiedliche Verhalten der beiden Entschäumerarten besser zu verstehen, wurde die Oberflächenspannung einer Aerosol 22-Lösung in Abhängigkeit von Zusätzen der Entschäumer AC 3099 und 7800 gemessen. Obwohl beide Entschäumer positive E- und S-Werte gegenüber Aerosol 22 aufweisen, konnte eine Verminderung der Schaumhöhe nur beim Einsatz des Entschäumers AC 3099 festgestellt werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass beide Entschäumer die Oberflächenspannung der Tensidlösung in etwa gleichem Mass weiter herabsetzen, insgesamt jedoch zeigte das Reagenz 7800 eine etwas stärkere Wirkung. Die Kurvenverläufe sind allerdings sehr ähnlich, wobei nach einer deutlichen Verminderung der Spannungswerte um etwa 4 bis 5 mN/m bis zu einer Konzentration von 10 mg/l die Sättigungswerte erreicht wurden. Die beobachtete Verminderung der Oberflächenspannung der wässrigen Aerosol 22-Lösung durch das Einwirken der Entschäumer ist vermutlich in erster Linie abhängig von der Konzentration molekular gelöster Entschäumermoleküle, die offenbar bei Zugaben von 10 mg/l ihren Sättigungswert erreicht. Die gelösten Moleküle bilden Mischfilme mit den adsorbierten Aerosol-Molekülen; dies führt zu einem erhöhten Oberflächendruck und damit zu einer Senkung der Oberflächenspannung. Diese Mischfilmbildung ist offenbar beim Reagenz 7800 aufgrund der besseren Löslichkeit sowie der grösseren chemischen und strukturellen

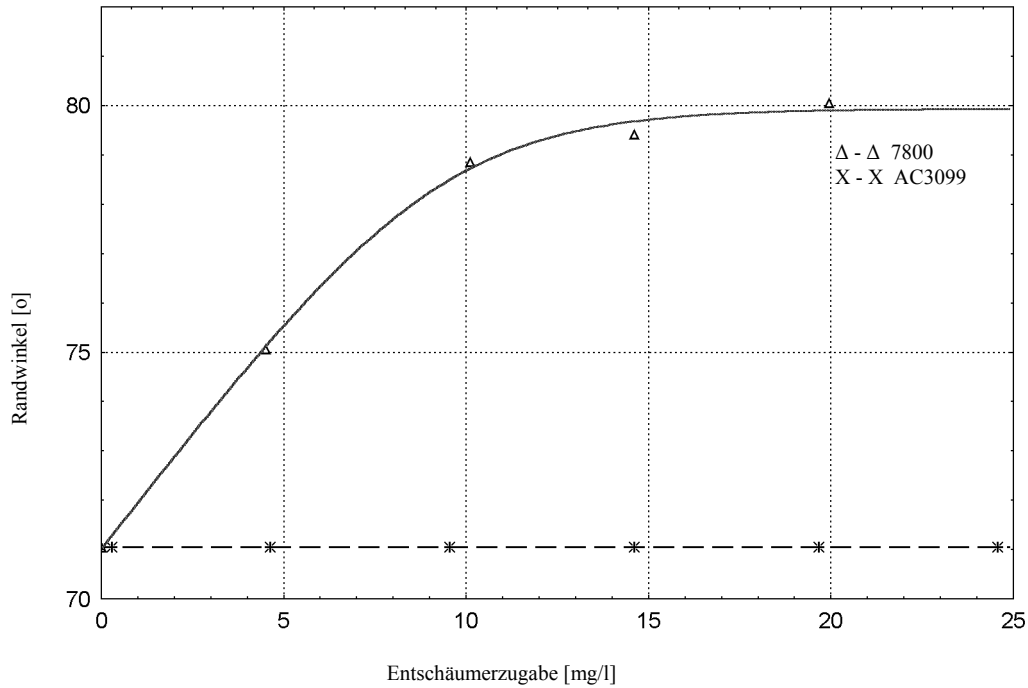


Abb. 4: Einfluss der Entschäumerzugabe auf den Randwinkel an Zinnstein einer wässrigen Aerosol -22- Lösung ( $7.5 \times 10^{-5}$  mol/l) bei pH 2.5

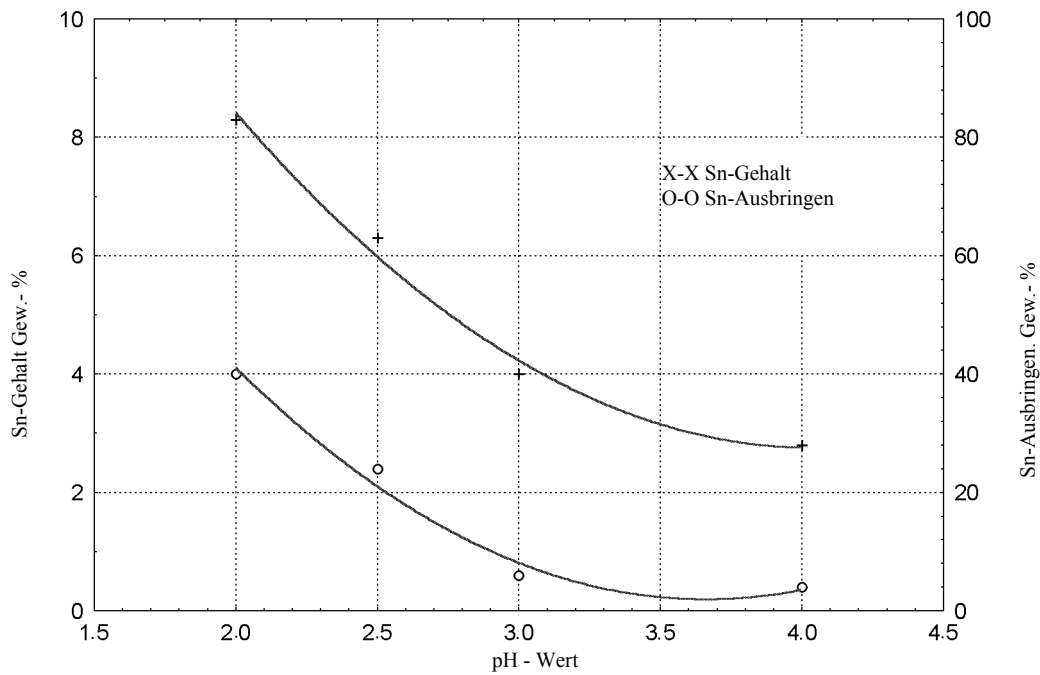


Abb.5. Sn-Gehalt und Sn-Ausbringen in Abhängigkeit von pH-Wert bei einer Aerosol -22- Zugabe von 80 g/t

Verwandschaft zum A 22 stärker ausgeprägt. Je nach Art und Polarität der funktionellen Gruppen und der Struktur der Kohlenwasserstoffgruppen können sich sogar Bedingungen für stöchiometrische Komplexe ergeben. Dies kann zur Bildung von Strukturen mit Zickzack gelagerten Oberflächenkomplexen führen, welche die Schaumstabilität fördern.

## Randwinkelmessungen an Zinnsteinoberflächen

Durch Randwinkelmessungen an einem natürlichen Zinnsteinkristall sollte festgestellt werden, ob sich die Hydrophobierung des Erzes durch die Zugabe von Entschäumern in der Sammlerlösung verändert. Eine gute Flotierbarkeit der Mineralien ist für Randwinkel von 650 und darüber zu erwarten. Die Untersuchungen wurden nach der Blasenhaftmethode durchgeführt.

Zunächst wurde in einer ersten Versuchsreihe bei pH 2.5 der Einfluss der Sammlerkonzentration auf die Ausbildung des Randwinkels untersucht. Der ermittelte Höchstwert des Randwinkels von 71.50 stellte sich bei einer Sammlerzugabe von  $7.5 \cdot 10^{-5}$  mol/l ein. Die Ergebnisse zeigen, dass ein gewisser Sammlerbedeckungsgrad der Mineraloberfläche erforderlich ist, um eine ausreichende Hydrophobierung zu erreichen. Die Ergebnisse werden in der Abbildungen 3 dargestellt.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde der Einfluss der Konzentration der beiden Entschäumerreagenzien 7800 und AC 3099 in einer wässrigen Aerosol 22-Lösung auf die größe des Randwinkels untersucht. Die Versuchsergebnisse sind der Abbildung 4 zu entnehmen.

Die Ergebnisse zeigen, dass im untersuchten Konzentrationsbereich von 5–25 mg/l durch den Entschäumer AC 3099 keine Veränderung des Randwinkels eintrat. Durch die Zugabe des Entschäumers 7800 hingegen erhöhte sich der Randwinkel kontinuierlich von 71.50 auf 800 bei einer Reagenzkonzentration von 25 mg/l. Demnach werden vermutlich die Oberflächenkomplexe der adsorbierten Aerosol 22-Moleküle durch Zugabe des Reagenzes 7800 verändert., wodurch sich der Hydrophobierungs-zustand der Zinnsteinoberfläche verstärkt und der Randwinkel vergrößert wird. Das Reagenzverhalten des Entschäumers AC 3099 in der wässrigen A 22-Lösung kann durch die Struktur der Siliconmoleküle erklärt werden, die aufgrund fehlender Adsorptionszentren nicht mit der Zinnsteinoberfläche reagieren.

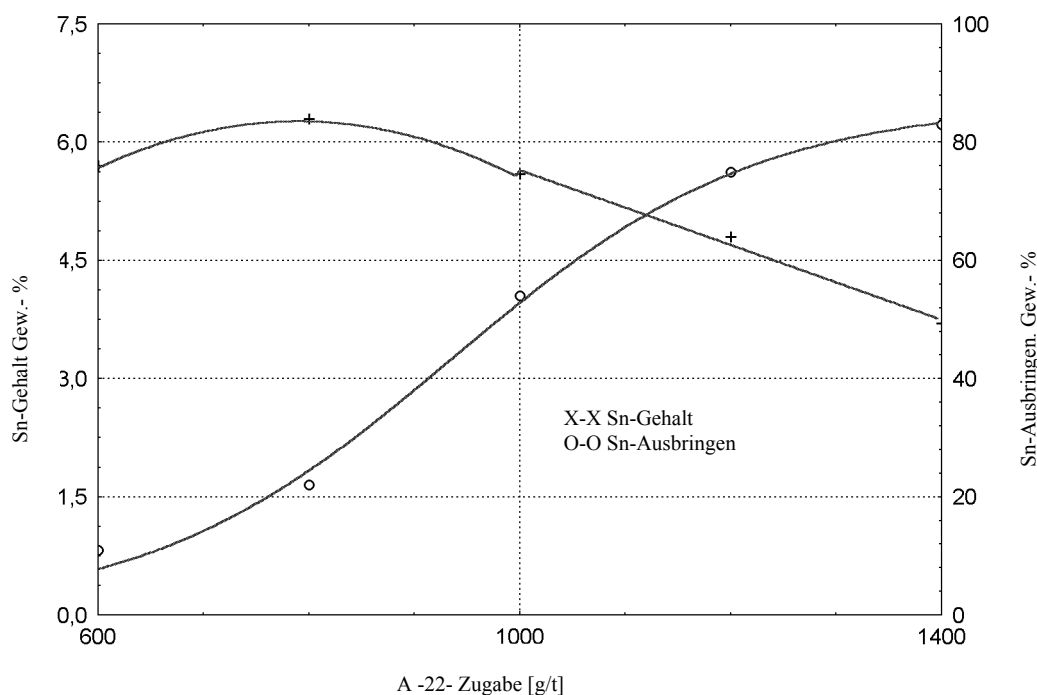


Abb.6. Sn-Gehalt und Sn-Ausbringen in Abhängigkeit vom der Aerosol -22- Zugabe bei einem pH Wert 2.5

## Flotationsversuche

Für die Flotationsuntersuchungen wurde die Aufgabe der Zinnsteinvorflotation der Anlage Huanuni (Bolivien) ausgewählt. Die Versuche wurden alle in einer 1.4 l -Rührwerkszelle mit dem Scheibenrührer-Dispergator-System der Firma Krupp-Polysius durchgeführt. Die Rührerdrehzahl von 1100 U/min entsprechend einer Rotorumfangsgeschwindigkeit von ca. 4 m/s und die zugeführte Luftmenge  $20 \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \text{ min}$  waren für alle Versuche konstant. Die Einstellung des pH-Wertes erfolgte durch Zugabe verdünnter Schwefelsäure bzw. Natronlauge. Der Feststoffgehalt der Trübe betrug ca. 160 g/l. In der folgenden Tabelle 2 sind die Daten der gestaffelten Sammler- und Entschäumerzugaben sowie die Konditionier- und Flotationszeiten aufgeführt.

Der Zinngehalt der einzelnen Flotationsprodukte wurde mittels RFA bestimmt. Auf die Zugabe von Reagenzien zum Drücken der überwiegend silikatischen Gangart wurde verzichtet, um die Wirkungsweise der eingesetzten Entschäumer auf das Flotationsverhalten des Kassiterits frei von weiteren Einflussgrößen beurteilen zu können.

### Untersuchungen zum Einfluss des pH-Wertes und der Sammlerkonzentration

Die Zinnsteinflotation mit dem Sulfosuccinamat A 22 liefert nach Angaben von der Literatur (Arbiter, 1969; Zamprana et al., 1974; Salas et al., 1977) und den Erfahrungen aus der Betriebspraxis im stark sauren Bereich bei pH 2 die besten Ergebnisse. Die Angaben zum Sammlerbedarf variieren zwischen ca. 400 und 1000 g/t Roherz. Die in Abbildung 5 dargestellten Ergebnisse beschreiben den Einfluss des pH-Wertes auf das Ausbringen und den Konzentratgehalt.

Die Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Sammlerkonzentration wurden bei pH 2.5 durchgeführt. Die Sammlerzugabe wurde zwischen 600 und 1400 g/t Aufgabe variiert. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe können der Abbildung 6 entnommen werden.

Es zeigte sich, dass das Zinnausbringen mit steigender Sammlerzugabe stark zunahm, während gleichzeitig der Zinngehalt von 6.4 Gew.% bei 800 g/t auf 3.6 Gew.% bei 1400 g/t abnahm. Erst wenn ein ausreichendes Sammlerangebot von mehr als 1000 g/t für die Adsorption zur Verfügung stand, konnte das Zinnausbringen auf über 50 Gew.- % gesteigert werden. Für die Ausprüfung der Entschäumerreagenzien wurde eine Sammlerkonzentration von 1200 g/t gewählt, bei der etwa ein optimales Gesamtergebnis zu erwarten war.

### Flotationsversuche mit dem Schaumregulator 7800

Die Versuchsreihe zum Einfluss des Entschäumers 7800 auf den Flotationsprozess wurde entsprechend der beschriebenen Flotationsvorschrift durchgeführt. Die Dosierung wurde gleich der gestaffelten Sammlerzugabe in Schritten von 50%, 30% und 20% vorgenommen. Die Versuchsergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt.

Während der Durchführung dieser Versuche konnte keine deutliche Veränderung der gebildeten Schaummengen beobachtet werden, so dass hier eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Zweiphasenschaummessungen vorliegt. Die Flotationsergebnisse zeigen ferner, dass der Entschäumer 7800 sogar eine Verminderung der Selektivität bewirkte. Der Zinngehalt ging von 3.9 Gew.-% auf 3 Gew.-% bei einer Entschäumerzugabe von 75g/t zurück. Andererseits stieg das Ausbringen von 84.5 Gew.- % auf über 92 Gew.- % an. Dieses entspricht den Ergebnissen der Randwinkelmessung, wonach durch den Schaumregulator 7800 eine stärkere Hydrophobierung der Mineraloberfläche nachgewiesen werden konnte.

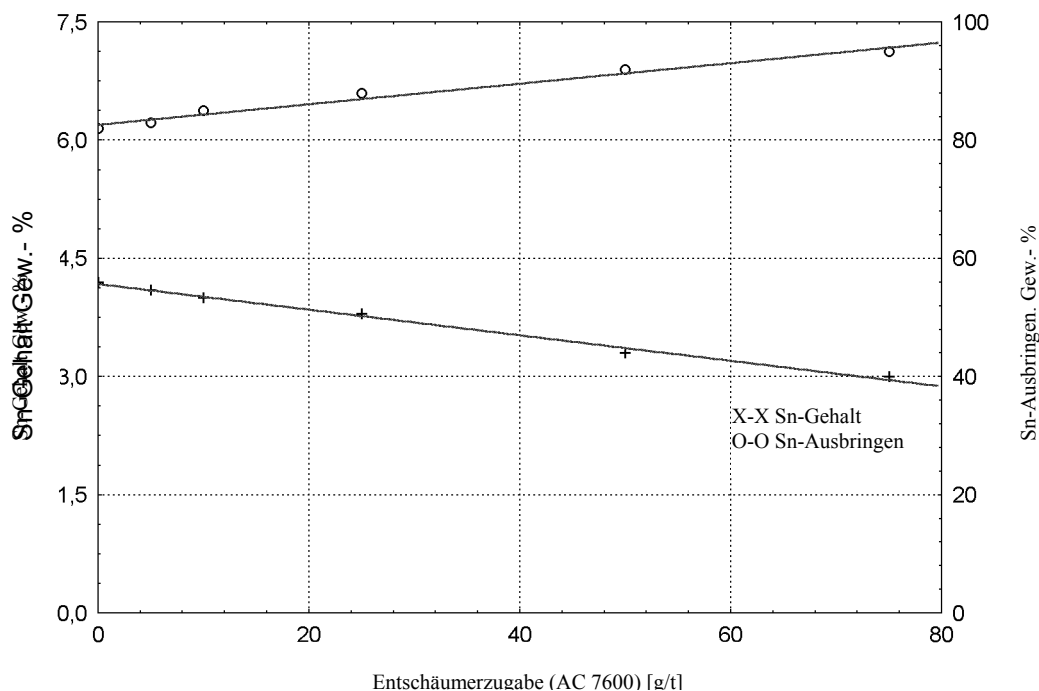


Abb.7. Sn-Gehalt und Sn-Ausbringen in Abhängigkeit vom der Entschäumer-zugabe (7600) bei pH 2 und einer Aerosol-22- Zugabe 1200 g/t

## Flotationsversuche mit dem Schaumregulator AC 3099

Die allgemeinen Versuchsbedingungen waren die gleichen wie bei den zuvor beschriebenen Versuchen mit dem Entschäumer 7800. Zusätzlich wurden auch Versuche bei pH 2.5 durchgeführt. Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen zur Schaumbeeinflussung durch AC 3099 wurde das Reagenz in einer geringen Dosierung zugeführt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt.

In beiden Fällen zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Entschäumers auf den Flotationsprozess. Bei pH 2.5 erhöhte sich der Zinngehalt des Konzentrats von 4.6 Gew.-% auf ca. 7 Gew.-% bei einer Entschäumerzugabe von 20 g/t und bei pH 2 von 3,9 Gew.-% auf 6.5 Gew.-% Sn für eine Zugabe von nur 10 g/t. Demgegenüber verminderte sich das Zinnausbringen bei den jeweils höchsten Entschäumerzugabemengen von 20 bzw. 10 g/t auf 25 Gew.-% bei pH 2.5 und etwa 40 Gew.-% bei pH 2.

Die Selektivität der Zinnsteinflotation lässt sich zwar infolge höherer Konzentratqualitäten verbessern, wobei die hohen Ausbringungsverluste den Gesamterfolg in Frage stellen.

Die Versuchsergebnisse bestätigen jedoch die hohe Wirksamkeit des Siliconentschäumers schon im Bereich geringer Zugabemengen von 1-5 g/t. Darüber hinaus konnte während der Versuche beobachtet werden, dass die Menge des gebildeten Dreiphasenschaums, besonders beim Abzug des ersten Konzentrats, zum Teil nicht zufriedenstellend war, was auf eine zu hohe Entschäumerdosierung hindeutet. In der vorgegebenen Flotationszeit von 1.5 min konnte daher keine ausreichende Menge Zinnstein ausflotiert werden. Dadurch erklären sich die hohen Ausbringungsverluste.

## Beurteilung der Versuchsergebnisse

Die durchgeführten Versuchsergebnisse machen deutlich, dass durch Modifikation des gebildeten Dreiphasenschaums bei der Zinnsteinflotation mit dem Sulfosuccinamat Aerosol 22 sich die Selektivität des Sortierprozesses erhöht, zumal auf den Einsatz von drückenden Reagenzien verzichtet wurde und eine hydrophobierende Wirkung des Entschäumers auf die überwiegend silikatische Gangart ausgeschlossen werden kann.

Da bei richtiger Dosierung des Entschäumers eine wesentliche Steigerung der Konzentratqualität von 4 Gew.-% auf mehr als 7 Gew.-% Sn bei nur verhältnismässig geringem Rückgang des Ausbringens erzielt werden konnte und der Reagenzverbrauch sehr niedrig war, ergibt sich grundsätzlich die Möglichkeit, durch Modifikation des Schaumsystems den Flotationsprozess für bestimmte Stoffsysteme in metallurgischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu verbessern. Die Untersuchungen zeigen aber auch, dass für jedes Flotationssystem die richtige Wahl und Dosierung des Entschäumers nur auf empirische Wege durch systematische Untersuchungen getroffen werden kann.

## Literatur

- ARBITER, N.: Beneficiation of ores bei froth flotation using sulfosuccinamates. U.S.-Patent 3469693, 1969.
- FUERSTENAU, D.W.: Froth Flotation. 50th Anniversary Volume, The American Institut of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York, 1962.
- HARRIS, P. J.: Frothing phenomena and Frothers in Principles of Flotation. South African Institut of Mining and Metallurgy, Johannesburg, 1982.
- KUES, J.: Untersuchungen des Adsorptionsverhaltens organischer Säuren an Columbit und Zinnstein und deren Eignung zur Flotation dieser Minerale aus einem feinverwachsenem Ta-Sn-Armerz. Diss. TU Clausthal, 1984.
- N.N.: Produktinformation Baysilone-Entschäumer V.P. AC 3099, Bayer AG. 1980.
- SAVVIDIS, G. S.: Highly selective collectors for cassiterite flotation. Mineralia Slov., 28, 1996, pp.141–144.
- SALAS, C., ARDAYA, J. & NAVARRO, E.: Nuevo Colector Selectivo Para La Flotation De Casiterita. Preprints Simposio International del Estano, La Paz, 1977.
- SCHUBERT, H.: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe. Band II, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1978.
- WOTTGEN, E.: Untersuchungen von Reagenzregimen für die Kassiterit-flotation. Freiburger Forschungshefte, A 544, 1974, pp.99–109.
- ZAMPANA, G. Z., GUTIERREZ, G. B. & VARGAS, R. R.: Recovery of Minus Ten Micron Cassiterite by Liquid - Liquid Extraction. Int. Journ. of Min. Processing 1, 1974, pp.335–345.