

287. Selektivität in der Flotation

VON A. Guyer jr., K. Köhlmoos und A. Guyer

(8. X. 59)

Die reichhaltige Literatur der letzten Jahre über die Flotation enthält eine Grosszahl von Veröffentlichungen, die sich mit der Trennung vieler Stoffgemische sowie mit der Wirksamkeit der verschiedensten Schwimmmittel im besonderen befassen. Die Befunde sind meist in einem grossen Zahlenmaterial wiedergegeben, ohne dass daraus Gesetzmässigkeiten abgeleitet werden könnten.

Es wurde nun versucht, die Flotierbarkeit von Stoffgemischen durch ein Selektivitätsmass zu charakterisieren. Für die Untersuchungen der Selektivität kommen die beiden Phasen Schaum und Trübe bzw. das Konzentrat und der Abgang in Betracht. Wenn in einem Flotationssystem Selektivität vorliegt, so muss die Zusammensetzung des ausgeschwommenen Konzentrats in einem bestimmten Zusammenhang stehen mit dem in der Trübe verbliebenen Abgang.

Es wurde nach einem solchen Zusammenhang gesucht und für Salzpaare sowie die Kombination einiger Mineralgemische unter Verwendung verschiedener Schwimmmittel die Zusammensetzung des Schaumes und der Trübe bestimmt¹⁾. Es zeigte sich, dass, wenn die Konzentration des leichter flotierenden Stoffes im Schaum gegenüber derjenigen in der Trübe graphisch aufgetragen wird, Kurven erhalten werden, die eine Charakterisierungsgrösse für die Selektivität darstellen und demzufolge als Selektivitätskurven bezeichnet werden sollen. Ihr äusseres Aussehen ist den bekannten Gleichgewichtskurven in der Destillation ähnlich; jedoch besteht prinzipiell der Unterschied, dass hier eine dritte Phase vorliegt. Es wird nicht die Zusammensetzung des Schaumes gegenüber derjenigen der Trübe aufgetragen, sondern die Zusammensetzung der Feststoffe im Schaum gegenüber derjenigen in der Trübe.

Eine Darstellungsweise, die nicht die Selektivität, aber den Verlauf des eigentlichen Flotationsvorganges beschreibt, kann in den sogenannten Austragskurven gesehen werden. Diese lassen sich dann, wie noch gezeigt wird, aus den Selektivitätskurven berechnen.

Für alle Flotationsversuche fand eine Flotationszelle (Laboratory Flotation Cell, DENVER EQUIPMENT Co.) mit einem Fassungsvermögen von 250 ml Anwendung. Diese ist in einen Rührraum von quadratischem Querschnitt und einen Spitzkasten-ähnlichen Beruhigungsraum unterteilt, in welchem der Schaum störungsfrei die Oberfläche erreichen kann. Die Korngrössen der verwendeten Mineralien und Salze wurden für die Untersuchungen zwischen 0,06 und 0,15 bzw. 0,2 und 0,4 mm gewählt und die Trübedichte allgemein auf 1:4 festgelegt.

Für die Bestimmung der Selektivitätskurven wurden die jeweiligen Aufschlämmungen ca. 1 Min. gerührt und anschliessend sofort der Schaum und die Trübe auf ihre Zusammensetzung untersucht. Durch die Anwendung verschiedener Ausgangskonzentrationen war es möglich, die nötige Anzahl Versuchswerte für die Aufstellung der Selektivitätskurven zu erhalten; für jede Bestimmung wurde somit eine neue Ausgangsmischung verwendet.

Für die Bestimmung der Austragskurven wurden die Versuche in der gleichen Apparatur durchgeführt. Der prinzipielle Unterschied gegenüber den Selektivitätsbestimmungen liegt darin,

¹⁾ K. KÖHLMOOS, Dissertation ETH, Zürich 1959.

dass hier ein ganzer Flotationsversuch durchgeführt wird, wobei natürlicherweise nicht mehr Schaum und Trübe, sondern nur laufend der Schaum auf seine Zusammensetzung zu untersuchen ist. Es wird dabei die Konzentration in Funktion der total ausgetragenen Menge erhalten, wobei infolge der Ausführung in kleinem Maßstab gewisse Fehler in der totalen Materialbilanz nicht zu vermeiden sind.

Als erstes Salzsystem wurde das Gemisch Natriumchlorid-Kaliumchlorid verwendet. Fig. 1 zeigt die Selektivitätskurve dieses Systems, bei welchem «Armac C» als Schäumer-Sammler Anwendung fand. Bemerkenswert ist hier die scharfe Krümmung der Kurve im Bereich von 10–20% KCl in der Trübe. Es darf in diesem Fall von einer sehr hohen Selektivität gesprochen werden. Im Gegensatz dazu steht die

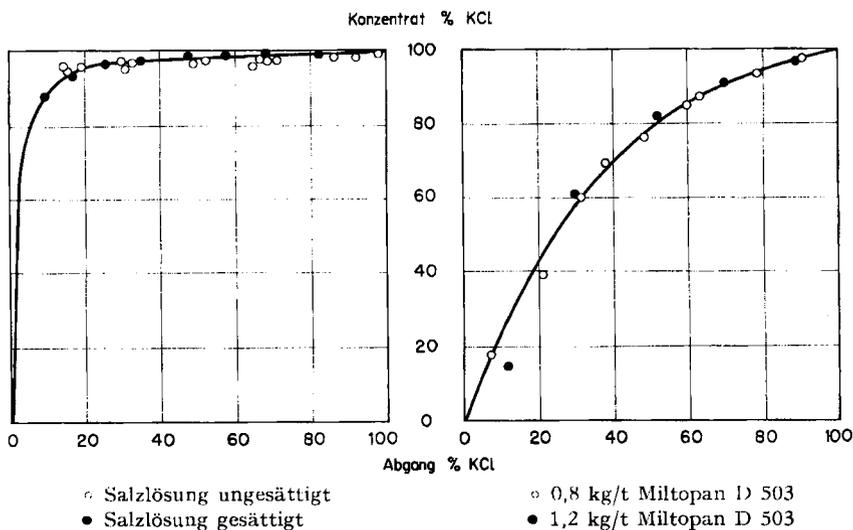


Fig. 1. Selektivitätskurve für Kaliumchlorid-Natriumchlorid mit Armac C (0,8 kg/t)

Fig. 2. Selektivitätskurve für Kaliumchlorid-Natriumchlorid mit Miltopan D 503

Kurve in Fig. 2, welche die Selektivitätskurve für das System Natriumchlorid-Kaliumchlorid darstellt, erhalten unter Verwendung von «Miltopan D 503», einem Fettalkoholsulfonat. Die Kurve ist ganz bedeutend flacher und zeigt eine viel geringere Bevorzugung von Kaliumchlorid für die Flotation.

Bereits aus der Gegenüberstellung dieser beiden Kurven kann ersehen werden, dass die verwendete Darstellungsweise es auch ermöglicht, die Wirksamkeit der verschiedenen Schwimmtel klar festzulegen: je stärker die Selektivitätskurven gekrümmt sind, um so grössere Selektivität wohnt den Systemen inne. Verständlicherweise geben die Kurven keine Anhaltspunkte, weder über die Menge des flotierten Materials, noch über die Flotationsgeschwindigkeit; sie beziehen sich rein auf die Zusammensetzung. Diejenige eines Konzentrates, als differentielle Grösse betrachtet, ist von derjenigen des Abganges abhängig. Hierbei muss man die Abwesenheit von Drückern, welche die Selektivität einseitig gestalten, voraussetzen. Die Anfangsbedingungen, d. h. die Ausgangszusammensetzungen der Trübe, wurden für jeden Versuch geändert.

Um festzustellen, inwiefern die Selektivität im Verlauf eines Flotationsversuches, wobei sich die Trübedichte verschiebt, erhalten bleibt, sollen im folgenden theoretisch

sche und experimentelle Austragskurven miteinander verglichen werden. Von den verschiedenen Arten von Austragskurven soll hier nur die Rückstandskurve, welche die Abhängigkeit der Zusammensetzung des Abganges von der Abgangsmenge darstellt, betrachtet werden.

Es wurden nun mit dem System Natriumchlorid-Kaliumchlorid unter Variierung der Ausgangskonzentration über den ganzen Bereich Versuche mit «Armac C» als Flotationsmittel ausgeführt. Dabei wurden die in Fig. 3 dargestellten Resultate erhalten. In letzterer sind ferner auch die Ergebnisse, welche Parallelversuche mit

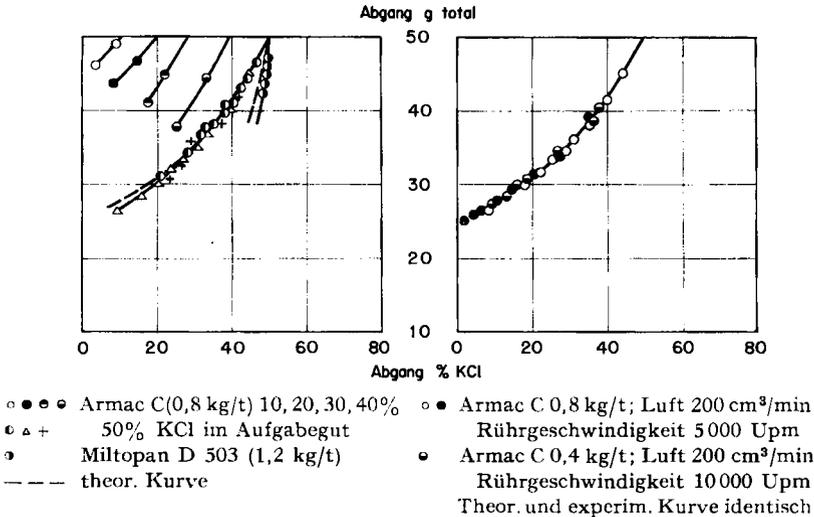


Fig. 3. Austragskurven für Kaliumchlorid-Natriumchlorid mit Armac C und Miltopan D 503

Fig. 4. Austragsversuche mit Kaliumchlorid-Natriumchlorid

«Miltopan D 503» lieferten, enthalten. Man erkennt hier die viel geringere Selektivität dieses letzteren Schwimmittels.

Die verhältnismässig gute Übereinstimmung zwischen experimentellen und berechneten Werten wird besonders bei den Versuchen mit «Armac C» offensichtlich. Für «Miltopan D 503» kann von einer noch annehmbaren Übereinstimmung gesprochen werden, wenn berücksichtigt wird, dass die Schaummengen, die erhalten werden, sehr klein sind, so dass sich Manipulations- und Messungenauigkeiten stark auswirken können.

Um den Einfluss verschiedener Variablen auf die Selektivität bzw. Austragskurven festzustellen, wurden weiter die Rührgeschwindigkeit geändert, die Mengen des zugegebenen Schaummittels variiert sowie in die Flotationszelle Luft eingeblasen. Das Einblasen von Luft steigerte den Gesamtaustrag merklich; die Selektivität von Kaliumchlorid gegenüber Natriumchlorid wurde jedoch nicht verändert. Ein ähnliches Bild ergab sich, wenn die Rührgeschwindigkeit von 10000 auf 5000 U/min herabgesetzt oder die Menge Schäumer-Sammler auf die Hälfte reduziert wurde. In Fig. 4 sind die aus den Selektivitätskurven berechneten Austragskurven den in praktischen Versuchen erhaltenen Werten gegenübergestellt.

Um weiter den Einfluss des Anions auf die Selektivität zu ermitteln, wurden Versuche mit dem System Natriumnitrat-Natriumchlorid durchgeführt und dabei für dieses System ein Schäumer-Sammler «Mirapon F 30» als günstig befunden. Aus der Selektivitätskurve in Fig. 5 ist ersichtlich, dass Natriumnitrat besser als Natriumchlorid schwimmt. Die Selektivität ist aber nicht so eindeutig wie für das System Natriumchlorid-Kaliumchlorid unter Verwendung von «Armac C».

Von den verschiedenen Austragskurven, deren Bestimmung unter den gleichen physikalischen Bedingungen durchgeführt wurde, sei in Fig. 6 ein Beispiel wiedergegeben. Es kann in diesem Fall die überaus gute Übereinstimmung zwischen berechneten und praktischen Versuchswerten festgestellt werden.

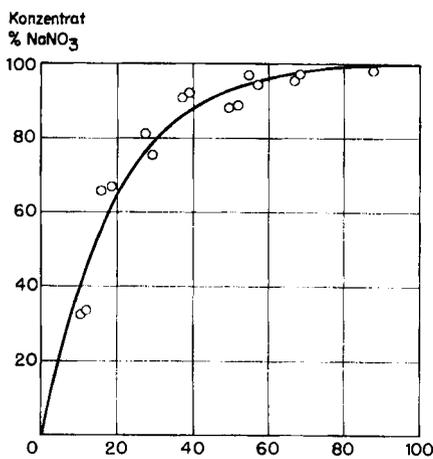


Fig. 5. Selektivitätskurve für Natriumnitrat-Natriumchlorid mit Mirapon F 30 (2,5 kg/t)

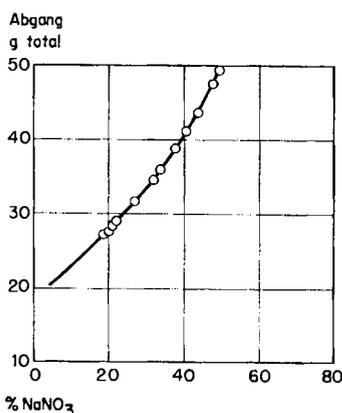


Fig. 6. Austragskurven für Natriumnitrat-Natriumchlorid mit Mirapon F 30 (2,5 kg/t) Theoretische und experimentelle Kurve sind identisch

Für die Selektivitätsuntersuchungen mit Erzen wurde u. a. das Erzpaar Bleiglanz-Zinkblende gewählt, da sich sowohl Bleiglanz wie Zinkblende unter bereits bekannten Bedingungen leicht flotieren lassen. Die Erze sind zudem in ziemlich guter Reinheit erhältlich, so dass auch für die Analyse, die mehrheitlich polarographisch durchgeführt wurde, keine allzu grossen Schwierigkeiten bestanden.

Bleiglanz enthält recht wenig Gangart, Zinkblende dagegen bedeutend mehr. Nur etwa 70% des Erzes konnten als Sphalerit bestimmt werden, neben welchem noch 13,7% Pyrit, 6,3% Quarz und 10% übriger Gangart enthalten waren. Die bei der Erzflotation üblichen Drücker, wie z. B. Kalkmilch und Cyanide, wurden nicht verwendet; auch wurde im Gegensatz zum industriellen Verfahren in neutraler Lösung gearbeitet. Die Korngrösse wurde zwischen 0,06 und 0,15 mm gehalten.

Fig. 7 gibt die Selektivitätskurve für das System Bleiglanz-Zinkblende wieder. Es ist hier ersichtlich, dass die Genauigkeit etwas geringer ist, doch kann der Verlauf der Selektivitätskurve dennoch gut bestimmt werden. Die dargestellte Kurve wurde unter Verwendung von Äthylxanthogenat aufgenommen. Aber auch Isopropyl- und Butylxanthogenat ergaben die gleiche Selektivitätskurve. Die entsprechenden Austragskurven sind in Fig. 8 wiedergegeben.

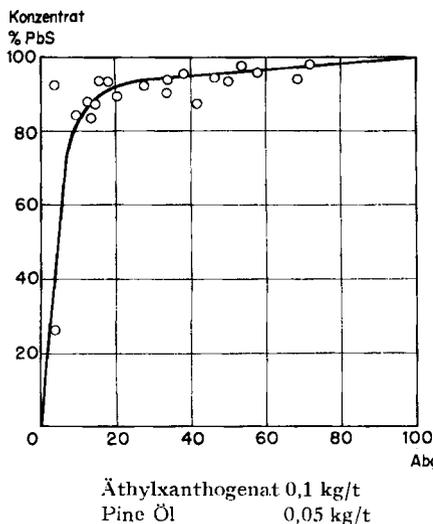


Fig. 7. Selektivitätskurve für Bleiglanz-Zinkblende

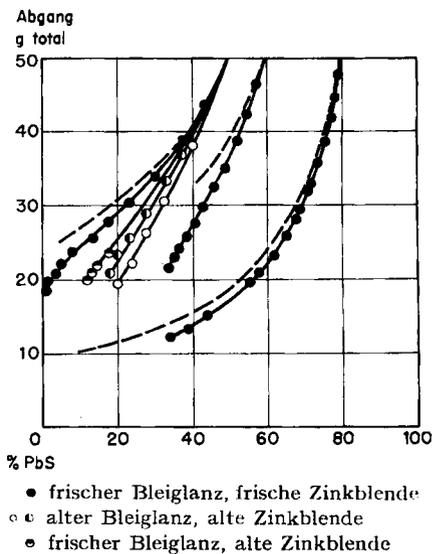


Fig. 8. Austragskurve für Bleiglanz-Zinkblende

Die hier festzustellenden Abweichungen der experimentellen und praktischen Werte, wenn auch nicht sehr gross, waren Veranlassung, zu versuchen, die Ursache dieser Differenzen zu ergründen. Es führte dies u. a. zur Feststellung, dass die verwendeten Erze einer sehr raschen Alterung unterworfen sind, welche sich bei der Flotation stark auswirken kann. Mineraliengemisch gleicher Zusammensetzung, jedoch verschiedenen Alters, zeigten bei der Flotation die ebenfalls in Fig. 8 eingezeichneten Austragskurven. Diese durch Alterung hervorgerufenen Effekte gehen über die Abweichungen hinaus, die bei Vergleichen zwischen berechneten und praktischen Austragskurven erhalten wurden.

Untersuchungen über die apparativen Einflüsse auf die Lage der Selektivitäts- bzw. Austragskurve sind zur Zeit noch im Gange.

Zusammenfassung

Es wurden für die Stoffpaare Natriumchlorid-Kaliumchlorid, Natriumnitrat-Natriumchlorid als Chemikalien und Bleiglanz-Zinkblende als Mineralgemisch Selektivitätskurven im Sinne von «Gleichgewichtskurven» aufgestellt, die erkennen lassen, in welchem Mass ein Stoffteil unter gegebenen Bedingungen bei der Flotation bevorzugt wird. Es zeigte sich dabei, dass ein Zusammenhang zwischen ausgeschwommenem Konzentrat und zurückbleibendem Abgang besteht, den wir mit Selektivität der Flotation bezeichnen können und der durch die sog. «Selektivitätskurve» ausgedrückt wird.

Aus den Selektivitätskurven können die Austragskurven, wie sie allgemein bei Flotationsuntersuchungen Anwendung finden, mit annehmbarer Genauigkeit berechnet werden.

Technisch-chemisches Laboratorium
der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich