

folgende bei der Probeserie gewonnenen Ergebnisse

1. Die beiden Kläranlagen führen der Bauna den Großteil der im Wasser gelösten Stoffe zu.
2. Die Kläranlage des VW-Werkes belastet die Bauna besonders durch Einleitung von Ammonium-, Chlorid- und Sulfat-Ionen. Auch die ermittelten Eisen(II)- und Mangan(II)- sowie Cyanid- und Sulfid-Ionen werden dort zugeführt.
3. Die Kläranlage des Abwasserverbandes Baunatal erhöht in besonderem Maße die Konzentration der eutrophiefördernden Stoffe (Phosphat, Ammonium, Nitrat).
4. Abgesehen von den hohen Ammonium- und Phosphatgehalten und unter Berücksichtigung der in industrialisierten Gebieten bereits übli-

chen Belastungen, ist der Gewässerzustand der Bauna nicht ungünstig.

Literatur

- [1] K. Höll, Wasser — Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Bakteriologie, Biologie. 5. Aufl., Berlin 1970
- [2] W. Jansen, Schulversuche zur Wasseruntersuchung. PRAXIS (Chemie) 24, 61, 90, 162 (1975)
- [3] W. Leithe, Umweltschutz aus der Sicht der Chemie. Stuttgart, 1975
- [4] H. Liebmann, Der Wassergüteatlas. Methodik und Anwendung. München-Wien 1969
- [5] *** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. Herausgegeben von der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker. 3. Aufl., Weinheim 1972
- [6] *** Entwurf, Ausbau der Bauna im Bereich der Kläranlage (1971). Ing.-Büro Hans Oppermann, KS, Weißenburgstr. 10

Trennung von Kalium- und Natriumsalzen durch Flotation

Von R. Spangenberg, L. Stäudel und H. Wöhrmann in Kassel

1. Einleitung

Trennungen von Stoffgemischen gehören zum Alltag der Chemie; sie stehen am Anfang des Chemieunterrichts zur Erläuterung von Begriffen wie Emulsion, Dispersion, Gemenge usw. [1], sie sind Merkmal und Ziel der Chemischen Analytik — besonders der Naßchemie [2] — und finden schließlich ihren Ausdruck in hochspezialisierten Apparaturen der modernen Chemie, in Gaschromatographen, Massenspektrometern u. a. m. [3]. Mehr noch als die Chemische Forschung oder die Schulchemie werden Angewandte Chemie und Chemische Technologie von Stofftrennungen geprägt [4]. Viele labormäßig erprobte Verfahren für Stoffsynthesen bleiben dennoch in der Praxis ohne Bedeutung, weil eine wirtschaftlich befriedigende Abtrennung der Produkte nur schwer durchführbar oder zu aufwendig ist. Chemie als „Herstellung für den Menschen geeigneter Stoffe“ [5] wurde überhaupt erst möglich, als es gelang, entsprechende Methoden der Stofftrennung zu praktizieren. Für den in der

Industrie tätigen Chemiker ergibt sich auch heute häufig folgende charakteristische Fragestellung: Wie kann man den gewünschten Stoff oder Wirkstoff am einfachsten, möglichst quantitativ und mit dem kleinstmöglichen apparativen Aufwand und Energieaufwand aus einem bestimmten Gemisch abtrennen?

2. Prinzipien und Probleme der Stofftrennung

Stofftrennungen nutzen die unterschiedlichen Eigenschaften der in einem Gemisch oder Gemenge vorhandenen Substanzen aus. Dabei werden vorzugsweise physikalische Stoffqualitäten herangezogen wie:

- unterschiedliche Aggregatzustände bei Raumtemperatur:
 - Fest-Flüssig-Trennung durch Dekantieren, Filtrieren, Sedimentieren, Zentrifugieren usw.
 - Abdestillieren der flüssigen Phase (bei deutlich getrennten Phasen)

- unterschiedliche Siede- oder Schmelzpunkte:
 - fraktionierte Destillation, fraktionierte Kristallisation, fraktionierte Kondensation (bei Mischphasen)
- unterschiedliche Löslichkeit in einem dritten Stoff:
 - partielles Lösen, fraktionierte Kristallisation, besonders: chromatographische Verfahren
- andere physikalische Eigenschaften:
 - optisches Auslesen, Elektrostaubfiltration, Flotation, Adsorption, Magnetscheidung.

Liegt jedoch ein Stoffgemisch vor, dessen Komponenten in sehr vielen physikalischen Eigenschaften ähnlich sind, so kommen hauptsächlich chemische Trennmethode zur Anwendung wie Fällung, Komplexierung usw. (besonders auch bei Entfernung von Verunreinigungen).

Grundsätzlich lassen sich für ein gegebenes Gemisch meist mehrere Verfahren auffinden, die alle zum gewünschten Trenneffekt führen. Ein wesentliches Kriterium ist jedoch, inwieweit dabei eine Änderung des Aggregatzustandes herbeigeführt oder durchlaufen wird und ob der Stoff selbst chemisch verändert wird (z. B. durch Fällung mittels eines geeigneten Gegenions). In diesen Fällen ist in der Regel ein besonderer Energieaufwand nötig, der das gewünschte Produkt in der Praxis erheblich verteuert. Die Energie muß im ersten Fall — z. B. bei einer Destillation oder der fraktionierten Kristallisation — als thermische Energie zugeführt werden und kann anschließend bei der Freisetzung nur noch im beschränkten Umfang wieder genutzt werden (z. B. über Wärmetauscher). Bei der Änderung der Stoffzusammensetzung durch Umsetzung von Hilfsstoffen (z. B. Zementation von Kupfer aus einer Lösung mittels Eisenschrott) muß die notwendige Energie bereits in die Hilfsstoffe „investiert“ oder bei den folgenden Verfahren der Weiterverarbeitung aufgebracht werden (im obigen Beispiel der Kupfergewinnung bei der Elektroraffination). Deshalb werden in der chemischen Verfahrenstechnik bevorzugt solche Trennmethode angewandt, bei denen

- a) der Aufwand an Hilfsstoffen klein ist (der Preis der Hilfsstoffe ist u. U. erst sekundär von Bedeutung, wenn z. B. ein kostenintensives Verfahren folgen muß, um eine schädliche Umweltbelastung zu vermeiden),

- b) keine Änderungen des Aggregatzustandes der beteiligten Stoffe auftreten.

Die Flotation stellt in Annäherung ein solches Verfahren dar. Über ihren Einsatz bei der Kalisalzgewinnung soll weiter unten gesprochen werden.

3. Entwicklung und Anwendung der Flotationstechnik

Der Name des Flotationsverfahrens leitet sich ab von „flottage“ = das auf dem Wasser Schwimmende“ [6]. Die deutsche Bezeichnung ist „Schaumschwimmverfahren“ oder „Schaumaufbereitung“. Die Ursprünge der Flotation finden sich bereits in Patentschriften aus dem 19. Jahrhundert (W. Haynes 1860) [7]. Verbreitete Anwendung erreichte das Verfahren aber erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts, als die leicht zugänglichen Erzlagerstätten mit hohem Metallgehalt schon weitgehend ausgebeutet waren und auch niederprozentige Erze und sogar alte Abrauhalden für die Metallgewinnung interessant wurden. Daher hat die Flotation als Trennungs- und Anreicherungsverfahren besonders in der Erzaufbereitung eine längere Tradition. Bekannt ist besonders die Anwendung bei der Bleigewinnung, außerdem bei der Aufbereitung von Molybdän-, Kupfer-, Zink-, Gold- und Uranerzen. Auch bei der Trennung der Kohle vom Abraum kommt die Flotation zum Einsatz. Durch die Entwicklung immer höher-spezialisierter Flotationszusätze wurde das Verfahren aber auch für viele andere Stoffe anwendbar. So wird seit den 30er Jahren in den USA mit Erfolg die Anreicherung von Kalisalzen durchgeführt, in der Bundesrepublik seit 1950.

Der technische Ablauf der Flotation ist relativ unabhängig von den zu trennenden Substanzen: Das Feststoffgemisch wird zerkleinert, bis eine geeignete Korngröße erreicht ist (< 1 mm, abhängig von der Größe der Kristallite der Bestandteile). Das Pulver wird in Wasser, bei löslichen Substanzen in gesättigte Mutterlauge eingetragen. Der Aufschwemmung (Flotationstrübe) wird das Flotationsmittel in geringen Mengen zugesetzt und ein kräftiger Luftstrom durchgeleitet. Der sich bildende Schaum enthält vorzugsweise die abzutrennende Substanz. Er wird abgezogen und weiter verarbeitet. Das Prinzip der Flotation beruht auf der Ausnutzung der unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften der Stoffe. Die Benetzbarkeit durch Wasser ist

deutlich materialspezifisch: Die meisten Schwermetalle, ihre Sulfide und Oxide, wie auch Kohle sind wasserabstoßend; Wassertropfen perlen von ihnen ab wie von einer gut gewachsenen Autokarosserie. Andererseits werden viele technisch nicht erwünschte Begleitstoffe sehr gut von Wasser benetzt, z. B. viele Silicate und andere sauerstoffhaltige Salze und Mineralien. Die Benetzung durch hydrophobe Kohlenwasserstoffe erfolgt meist in umgekehrtem Sinne. Daher arbeiteten die ersten Flotationsverfahren mit Zusätzen von Ölen. Die Erzteilchen können sich an die gebildeten kleinen Tröpfchen anlagern und schwimmen mit den Kohlenwasserstoffen auf. Das Einblasen von Luft unterstützt diesen Vorgang des Aufschwimmens, besonders dann, wenn durch Schaumbildung eine zeitlich stabile Abtrennung der Inhaltsstoffe von den Begleitstoffen erreicht werden kann. Eine entsprechende Wirkung wurde früher durch Aufkochen der Erztrübe oder durch Säurezusatz erreicht (dabei bildet sich aus den oft carbonathaltigen Ballaststoffen CO_2 , das dann aufsteigt).

Heute werden die Flotationsmittel so gewählt, daß sie die Oberfläche der anzureichernden Substanz mit einer sehr dünnen (u. U. auch monomolekularen) Schicht umhüllen und gleichzeitig aufgrund ihrer hydrophoben Eigenschaften eine Benetzung durch das Wasser verhindern. Diese Komponente des Flotationsmittels, als Sammler bezeichnet, wird durch einen schaumbildenden Stoff (Schäumer) ergänzt. Mit der durchgeleiteten Luft werden viele kleine Bläschen gebildet, an deren Oberfläche die hydrophobierten Substanzteilchen adsorbiert sind. Durch den damit erzeugten Auftrieb lassen sich auch Stoffe mit erheblich höherem spezifischen Gewicht von der leichteren Gangart trennen (z. B. Bleisulfid). Eine zusätzliche Beeinflussung der Oberflächeneigenschaften kann im Einzelfall durch die Zugabe weiterer Hilfsstoffe erfolgen, die an der Oberfläche chemische Veränderungen bewirken (selektive Flotation, vgl. [6] und [7]).

Die Sammler, die in der Regel aus einer funktionellen Gruppe und einem hydrophoben Rest bestehen, wirken teilweise substratspezifisch. Selektiv ist die Wirkung der Substanzen, die mit der funktionellen Gruppe besonders gut wechselwirken können.

Für die Wechselwirkung zwischen dem zu flotierenden Stoff und den Sammlermolekülen werden verschiedene Kräfte verantwortlich gemacht. So

kann von den Metallatomen in der Oberfläche und einem anionischen Flotationsmittel unter bestimmten Voraussetzungen ein Komplex gebildet werden. Es können aber auch andere Bindungen, z. B. Schwefel-Schwefel-Verknüpfungen im Falle von Xanthaten und sulfidischen Mineralien, entstehen. Auch ist in Betracht zu ziehen, daß in manchen Fällen einfach ähnliche Eigenschaften wie Hydrophobie zur Anlagerung führen.

Wichtige Sammlersubstanzen sind:

- Ethylxanthat und Xanthate mit längeren Alkylresten
- aromatische und aliphatische Dithiophosphorsäureester
- sulfonierte aliphatische Alkohole (C_8 – C_{12})
- aliphatische Amine und substituierte Ammoniumsalze.

Eine Beschreibung einzelner Stoffe und Stoffklassen, die als Sammler Verwendung finden, sowie Angaben über die Wirkungsweise ist in [8] gegeben.

4. Die Flotation als technisches Verfahren in der Kaliumsalzgewinnung

Kalisalze finden in erster Linie in mineralischen Düngern Anwendung. Ihre Bedeutung ist vor dem Hintergrund der sich immer noch verschärfenden Probleme der Welternährung leicht auszumachen. So ist es auch kein Zufall, daß die Weltkaliproduktion stetig steigt und allein der Produktionsanteil der Bundesrepublik von 1950 (0,9 Mio t K_2O) bis 1973 (2,6 Mio t K_2O) sich nahezu verdreifacht hat. Aufgrund ihrer Entstehungsgeschichte kommen die wirtschaftlich und agrarisch bedeutsamen Kalimineralien — das sind hauptsächlich Sylvinit (KCl), Carnallit ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) und Kainit ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) — stets zusammen mit größeren Mengen anderer Salze vor, besonders mit Steinsalz, Magnesium- und Calciumsulfaten oder -chloriden. Die Abtrennung und Anreicherung des Kaliantils von 5–20% (K_2O) stellt neben der bergmännischen Förderung und der Lagerung des Salzabbaues das Hauptproblem dar.

Das herkömmliche Heißlöseverfahren wird heute noch bei Sylviniten angewandt. Dabei wird das unterschiedliche Löseverhalten der Natrium- und Kaliumsalze bei verschiedenen Temperaturen aus-

genutzt. Eine bei Zimmertemperatur gesättigte Lösung von NaCl und KCl löst in der Hitze aus dem Rohsalz noch erhebliche Mengen Sylvin, kaum aber Steinsalz. Bei der nach dem Filtrieren (NaCl) vorgenommenen Vakuumkristallisation des KCl wird zwar die vorher aufgewandte thermische Energie wieder frei, kann aber nicht mehr voll in den Prozeß zurückgeführt werden. Außerdem fallen hier erhebliche Mengen an Endlaugen an, die nur schwierig umweltfreundlich beseitigt werden können.

Flotation und elektrostatisches Sortieren haben den Heißlöseprozeß heute bereits weitgehend verdrängt. Beim elektrostatischen Verfahren wird das gemahlene Rohsalz zunächst unter kontrollierten klimatischen und chemischen Bedingungen „konditioniert“, beim Einbringen in die Sortierkammer entstehen dann durch Reibungseffekte unterschiedliche elektrische Aufladungen an den Oberflächen der Kristallite (Steinsalz oder Kieserit: +, Sylvin: -), wodurch diese im anschließenden Hochspannungsfeld (100 000 V) wegen der unterschiedlichen Ablenkung beim Fall voneinander getrennt werden können. Allerdings ist dieses — sonst sehr elegante — Verfahren empfindlich gegenüber kleinen Veränderungen, sowohl der Salzzusammensetzung als auch der klimatischen Bedingungen. Daher kommt dem Flotationsverfahren eine besondere Bedeutung bei der Kalianreicherung zu.

Die Kalisalz-Flotation arbeitet nach dem weiter oben beschriebenen Prinzip, jedoch mit gesättigter Mutterlauge des Rohsalzes. Die hier eingesetzten Flotationsmittel umhüllen die KCl-Kristalle und verstärken so deren hydrophobe Oberflächeneigenschaften. Der mechanisch abgestreifte Schaum wird abgepreßt, das Kaliumchlorid getrocknet und nach Bedarf granuliert oder weiterverarbeitet. Der ungelöste Rückstand des Rohsalzes enthält praktisch alle Begleitsalze. Er wird von Mutterlauge durch Filtrieren und Zentrifugieren befreit, diese als Traglauge nach Klärung (u. U. Zusatz von Klärmitteln) in den Kreislauf zurückgeführt. Der technische Verlauf ist anhand der ersten Abbildung leicht nachzuvollziehen.

5. Die Kalisalz-Flotation im Chemieunterricht

Ohne nochmals auf die Bedeutung aller Einzelaspekte des Themas einzugehen, soll hier beson-

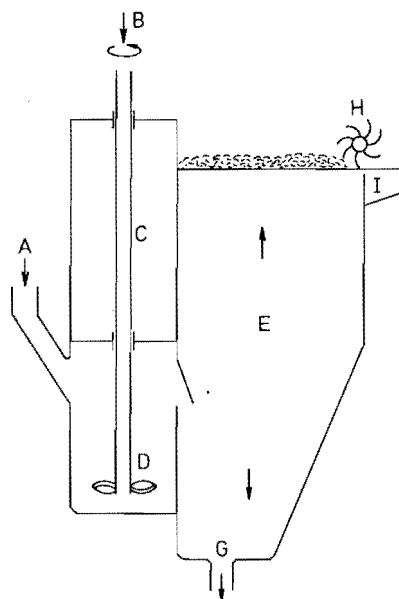


Abb. 1. Moderne Flotationszelle

- A Zugabe des Rohsalzes
- B Preßluftzufuhr
- C Hohlwelle mit Rührer
- D Durchmischungs- und Belüftungsraum
- E Spitzkasten
- F mit KCl beladener Schaum
- G Rückstandsablauf (NaCl)
- H Mechanischer Abstreifer
- I Salzkonzentrat (KCl)

ders auf die Mehrspektivität des behandelten Gegenstandes hingewiesen werden. Neben chemischen, physikalischen und technologischen Momenten lassen sich leicht auch Verbindungen zu Bereichen der Wirtschaft, der Agrikultur, des Umweltschutzes und der Energiepolitik herstellen [9]. Von gleicher Bedeutung ist aber die Tatsache, daß das Thema auch experimentell im Unterricht behandelt werden kann. Als zentraler Versuch kommt die im folgenden beschriebene Laborflotation in Frage. Die Vorversuche zur Oberflächenuntersuchung und die später anschließende analytische Bestimmung der Trennwirkung des Verfahrens stellen Anknüpfungsmöglichkeiten an andere wichtige Themen des Chemieunterrichts dar. Die jeweilige Konkretisierung hängt jedoch von den Bedingungen im Einzelfall ab, wie Jahrgangsstufe, Arbeitsmöglichkeiten, zeitlicher Rahmen usw. Daher werden hier nur Versuchsanleitungen wiedergegeben.

5.1. Vorversuche: Oberflächeneigenschaften von Stoffen

Auf die möglichst plane (geschliffene) Oberfläche von je einem Stück Graphit, Bleisulfid, Quarz, NaCl wird mit der Pipette ein Tropfen Wasser gebracht. Auf den beiden letzten Substanzen zerfließt der Tropfen, bei Graphit und PbS findet keine merkliche Benetzung der Oberfläche statt.

In gleicher Weise wird die Benetzbarkeit eines NaCl-Kristalls und eines KCl-Kristalls durch eine gesättigte Alkalichlorid-Mutterlauge untersucht. (Die Mutterlauge wird durch Anlösen einer Mischung von 50 Gewichtsteilen NaCl und der gleichen Menge KCl in Wasser hergestellt. Plane Kristallflächen lassen sich leicht erhalten, wenn man zum Schleifen eine raue Glasscheibe verwendet.)

Ergebnis: Der Tropfen verläuft auf NaCl deutlich leichter als auf KCl.

Der letzte Versuch wird wiederholt, nachdem man die Kristalle kurz in Mutterlauge, die Flotationsmittel enthält, getaucht hat (siehe unten).

5.2. Hauptversuch: Laborflotation

5.2.1. Aufbau der Zelle

Als Flotationszelle verwendet man zweckmäßigerweise ein 1000-ml-Becherglas (hohe Form), das man in ein 3000-ml-Becherglas oder eine weite Glasschale hineinstellt. In das innere Glas taucht ein Glasrohr mit grober Siebplatte, durch das die Luft zugeführt wird. Ersatzweise kann auch ein einfaches unten verengtes Glasrohr benutzt werden. Ist keine Preßluft verfügbar, kann man sich mit einem Campingblasebalg behelfen. Die Zelle steht

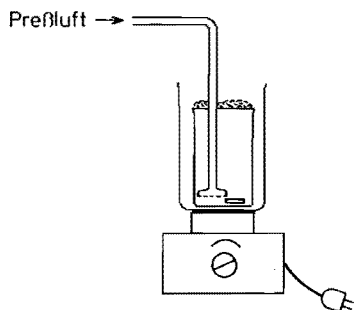


Abb. 2. Versuchsaufbau zur Laborflotation

als ganzes auf einem Magnetrührwerk, ein Teflon-Rührer sorgt für die Durchmischung. Erweist sich das Rührwerk als zu schwach, kann auch ein KPG-Rührer verwendet werden. Wichtig ist, daß beim Rühren gleichzeitig der größte Teil der Salztrübe in Bewegung gehalten wird, die Flüssigkeitsoberfläche aber relativ glatt bleibt.

5.2.2. Ansetzen des Flotationsmittels:

a) Sammler:

2 g der Aminmischung (Flotigam® T oder TD, Fa. HOECHST, Frankfurt¹⁾) werden in 200 ml heißem Wasser unter Zugabe von 0,8 ml konz. HCl gelöst.

Vorsicht: Die saure Lösung (pH 3—4) wirkt haut-ätzend und ist stark giftig. Amine sind carcinogen!

b) Schäumer:

Man verwendet Flotol, ein Kiefernöl mit hohem Terpenalkoholgehalt (Fa. HOECHST) oder spezielle Polyglykole bzw. deren Ether.

Dosierung:

Auf 1 Liter Mutterlauge benötigt man

a) 1,77 ml Sammler

b) 0,02 ml Schäumer.

5.2.3. Versuchsdurchführung

Die Zelle (Abb. 2) wird mit 1 Liter Mutterlauge, 440 g Rohsalz (KCl/NaCl=1:1) und den angegebenen Mengen Flotationsmittel beschickt. Der Rührer wird angestellt und Luft durchgeblasen.

Der sich bildende Schaum läuft bei der Modellzelle über den Rand des inneren Becherglases und sammelt sich im äußeren Auffanggefäß. Er wird später mit einem Gummiwischer aufgenommen und zwischen Filterpapier abgepreßt, dann im Trockenschrank bei 100—120 °C getrocknet.

Will man eine weitgehende Trennung des Rohsalzes erreichen, so gibt man entsprechend der Schaumbildung weitere Mutterlauge in die Flotationszelle ein, solange, bis keine Schaumbildung mehr auftritt. Qualitative Aussagen erhält man aber bereits dadurch, daß man den ersten gebil-

¹⁾ Flotigam T® (Talgfettamin) besteht aus einem Gemisch primärer Amine mit vorwiegend 18 C-Atomen im Alkylrest. Diese Substanz ist, ebenso wie Flotol® von der Fa. HOECHST AG, Frankfurt, in kleinen Mengen für Unterrichtszwecke erhältlich. Eine Produktübersicht alternativer Flotationshilfsstoffe für die Kalichloridanreicherung findet sich in [10].

deten Schaum mit dem Gummiwischer abstreift und untersucht.

Hinweis:

Eindrucksvoller läßt sich der Versuch dann gestalten, wenn man tatsächlich mit Rohsalz arbeitet. Dieses ist u. U. von einem Salzbergwerk zu erhalten. Wegen des natürlich auftretenden Anteils von nicht-salzartigen Ballaststoffen ist dann jedoch eine Vorklärung notwendig. Auf 1 Liter kaltgesättigte Mutterlauge verwendet man dann: 2 ml 0,75%ige Guarmehl-Lösung, 2 ml 2%ige Depramin-Lösung und 3 ml 2%ige Maisstärke-Lösung, der 8 Vol% NaOH-Lösung ($c = 1 \text{ mol/l}$) zugesetzt wurden (Fa. STOCKHAUSEN, Krefeld). Damit wird die Mischung von Mutterlauge und Salz 2 Minuten angemischt und dann weiter wie oben beschrieben behandelt.

5.3. Bestimmung der Trennwirkung

Die analytische Bestimmung von K^+ neben Na^+ ist einigermaßen schwierig. Geht man jedoch davon aus, daß im vorliegenden Versuch nur reines NaCl neben reinem KCl vorliegt, so kann man durch Ermittlung des Chloridwertes und Vergleich mit dem Gesamtgewicht der untersuchten Probe auf das Verhältnis der Alkalimetallionen schließen. Die Chloridbestimmung wird am einfachsten potentiometrisch vorgenommen.

Material:

Chlorid-Einstabmeßelektrode (SCHOTT, Mainz), mV-Meter, Magnetrührer, Bürette mit AgNO_3 -Lösung ($c = 0,1 \text{ mol/l}$), Silberdraht.

Ersatzweise kann auch eine gravimetrische Chlorid-Bestimmung erfolgen, die aber mit einem höheren Zeitaufwand verbunden ist. Trägt man die theoretischen Chloridwerte von NaCl/KCl-Mischungen (in Gew.-% des Gesamtgewichts) in ein Diagramm ein, so erhält man folgendes Bild (Abb. 3).

Beim Auftragen von Gew.-% ergibt sich eine Gerade, die die 100%-Werte von NaCl und KCl verbindet. Damit ist eine Interpolation für alle Zwischenwerte möglich.

5.4. Ergebnis

Mit der gewählten Anordnung läßt sich eine Anreicherung eines 50:50-Gemisches von NaCl und KCl auf 98% KCl (Gew.-%) erreichen. Ausgehend von einem 10%igen Feststoffgemisch, wird immer noch 96%iges KCl erhalten.

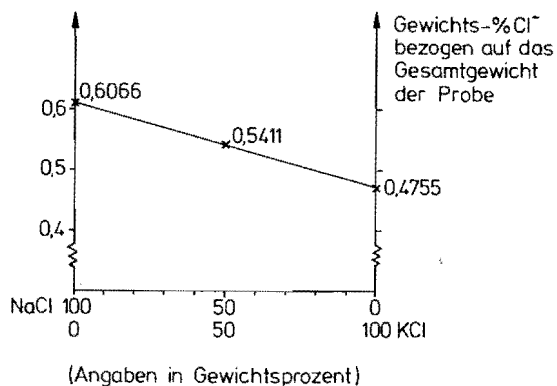


Abb. 3. Graph zur Bestimmung des KCl-Gehaltes

6. Zusammenfassung

Stofftrennungen sind in allen Bereichen der Chemie von wesentlicher Bedeutung. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Flotationsverfahren. Am Beispiel der Trennung von Natrium- und Kaliumchlorid wird das Verfahren selbst wie auch seine technische Bedeutung erläutert. Im experimentellen Teil werden Versuche zur „Laborflotation“ vorgestellt, die aufgrund ihrer Anschaulichkeit und leichten Durchführbarkeit sowie der überzeugenden Ergebnisse für den Einsatz im Chemieunterricht besonders geeignet sind.

Literatur

- [1] Vgl. Hessische Rahmenrichtlinien Chemie 1976, S. 6 ff.
- [2] Vgl. z. B. G. Jander, E. Blasius, Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie. Stuttgart 1970⁹, Kapitel 3 u. 4 (S. 97 ff.)
- [3] Vgl. H. R. Christen, Einführung in die Chemie. Frankfurt 1974⁸, S. 402 ff.
- [4] K. Winnacker, L. Küchler, Chemische Technologie. München 1973
- [5] Projektgruppe Integriertes Naturwissenschaftliches Curriculum (PINC), Naturwissenschaftlicher Unterricht und gesellschaftliche Arbeit, betrifft: Erziehung 9, Heft 376, S. 30
- [6] E. Uhlein, Römpps Chemisches Wörterbuch. Stuttgart 1969, S. 1689
- [7] O. Neunhoeffer, Grundlagen der Schwimmaufbereitung. Dresden 1948, S. 11
- [8] HOECHST AG, Lieferprogramm Flotationsreagenzien Hoechst, Frankfurt 1976
- [9] Ausführliche Darstellung in: R. Spangenberg, Die Behandlung der Düngemittel im Chemieunterricht der Sekundarstufe 1. Wissenschaftliche Hausarbeit, Kassel 1978
- [10] HOECHST AG, Flotigam-Marken, Frankfurt, o. J.

Den Firmen KALI UND SALZ-WINTERSHALL AG und HOECHST AG danken wir für ihre Beratung und Unterstützung.

PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTEN

Hervorgegangen aus den von OStDir. A. Friedrich im Jahre 1952 gegründeten Zeitschriften PRAXIS DER PHYSIK/CHEMIE / PHOTOGRAPHIE und PRAXIS DER BIOLOGIE und der von Dr. G. Leimbach im Jahre 1921 gegründeten PRASCHU

Herausgegeben unter Mitwirkung von Prof. Dr. F. Bukatsch; Prof. Dr. W. Gerlach und Prof. Dr. E. Saur; Prof. Dr. W. Schmidt

Heft 9

15. September 1979

28. Jahrgang

PHYSIK (ISSN 0342-8729)

<i>Rühenbeck, Christian</i> , StR. Dr.: Zur Physik des Auges in der Schule	225
<i>Beutel, Thomas</i> , StR./ <i>Löhken, Rudolf</i> , OStR. Dr.: Reflexion von Schallimpulsen	231
<i>Kahra, Johannes</i> , StD. Dr.: Auswertung des Doppler-Effekts durch Bestimmung der Schwingungsfrequenz Δf	233
<i>Gefßner, Walter</i> , StD. Dr.: Relativistische Temperatur und Dopplereffekt	235
<i>Brodemeyer, Heinrich</i> , OStR.: Die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität von Metallen	239
<i>Junger, Hans</i> , StR.: Mittlere freie Weglänge in einem idealen Gas	241
<i>Löffler, Gerhard</i> , Dozent Dr.: Bemerkungen zur Temperaturmessung mittels reversibler Kreisprozesse	243
<i>Bierhalter, Günter</i> : Eine mechanische Analogie zum Carnotschen Kreisprozeß	245
<i>Buth, Manfred</i> , Prof. Dr.: Impulssatz und Feder-schwingung	250

CHEMIE (ISSN 0342-8745)

<i>Apel, J., Bollingerfehr, A., Focke, P. J., Kepper, J., Kohlhaase, L., Riemenschneider, H., Schade, B., Siemon, U., Singer, J., Stieren, M., Weber, U., Weiß, E. und Wohlleber, K.</i> : Über die Gewässer-verschmutzung der Bauna und ihre Ursachen	225
<i>Spangenberg, R., Stäudel, L. und Wöhrmann, Holger</i> , Prof. Dr.: Trennung von Kalium- und Natriumsalzen durch Flotation	238
<i>Weber, Walter</i> , StDir.: Reaktionskinetik und Reaktionsmechanismus	244
ZEITSCHRIFTENRUNDSCHAU	249
BÜCHER	251

BIOLOGIE (ISSN 0341-8510)

<i>Gerosa, Klaus</i> : Es geht uns alle an — Umwelt-politik als Verbandsaufgabe	225
<i>Geiß, Rosemarie</i> , OStR.: Veränderungen des Bio-top's Röthelbach und Röthelbachweiher innerhalb von 8 Jahren	227
<i>Hirschfeld, Detlev</i> , StR.: Klausur für einen Lei-stungs- oder Grundkurs: Onto- und Phylogenese	235
<i>Storrer, Jürgen</i> , Ak. Rat, Dr.: Der Pulfrich Effekt: Demonstration und neutrale Deutung dieser opti-schen Täuschung	241
<i>Witte, Jürgen</i> , StD.: Die Bestimmung des Sauer-stoffgehaltes in tieferen Wasserschichten	245
IPN-NOTIZEN	248
BERICHTE	249
BÜCHER	250

Zugleich Verbandszeitschrift des österreichischen Vereins zur Förde-rung des Physikalischen und Chemischen Unterrichts, Wien.

Schriftleitung Physik: StDir. *Walter Süßbeck*, Schulstraße 35, 4590 Cloppenburg; Schriftleitung Biologie: StDir. *Klaus Dylla*, Rauschenbergstr. 17, 6400 Fulda; Schriftleitung Chemie: Prof. Dr. *Wolfgang Glöckner*, Anton-Meindl-Str. 1, 8000 München 60; Schrift-leitung Technik und Schulphysik: StDir. *Fritz Voit*, Gabelsberger Str. 22, 8070 Ingolstadt.

Alle Beiträge werden nur unter der Voraussetzung angenommen, daß sie keiner anderen Zeitschrift zur Veröffentlichung angeboten worden sind. Unverlangt zur Rezension eingehende Bücher werden nicht zurückgesandt. Alle Rechte vorbehalten. VERLAG: Aulis Ver-lag Deubner & Co KG, Antwerpener Straße 6—12, 5000 Köln 1. Ruf 51 80 51; Postscheckkonto Köln 1770 82-504 (BLZ 370 100 50); Bankverbindungen: Handels- und Privatbank AG, Köln, Kto. Nr. 10 734 (BLZ 370 102 22) und Sparkasse der Stadt Köln, Kto. Nr. 93 012 961 (BLZ 370 501 98). ERSCHEINUNGSWEISE UND BE-ZUGSBEDINGUNGEN: Die Zeitschrift erscheint monatlich in den Teilen Physik, Chemie und Biologie. Der Bezugspreis für jeden Teil beträgt im Abonnement monatlich DM 4,50 zuzüglich Versand-spesen, Einzelnummer DM 6,—. Studierende im Abonnement mo-natlich DM 3,70 zuzüglich Versandspesen bei direktem Bezug vom Verlag. Die Abonnementsgebühren sind jährlich im voraus fällig nach Erhalt der Rechnung. Eine Kündigung kann alle 12 Monate, jeweils spätestens 8 Wochen vor Ablauf des Jahres-Abonnements, erfolgen. ANZEIGENVERWALTUNG: Verlag. Für Anzeigen gilt z. Z. Anzeigenpreisliste Nr. 16 vom 1. 1. 1977. HERSTELLUNG: K. Triltsch, Graphischer Betrieb, 8700 Würzburg.

Beilagenhinweis: Der Gesamtauflage liegt ein Prospekt der WIND-ROSE, HAMBURG, bei. Eine Teilaufgabe enthält einen Prospekt des Verlags GUSTAV FISCHER, STUTTGART, sowie drei Pro-spekte des AULIS VERLAGS DEUBNER & CO KG, KÖLN.