

13 Tenside

13.8 Durchblick Zusammenfassung und Übung

Zu den Aufgaben

A1

- a) Kein Tensid. Die polare Gruppe ist zu klein.
- b) Kein Tensid. Das unpolare Ende des Anions ist zu kurz.
- c) Kein Tensid. Die polare Gruppe ist zu klein.
- d) Kein Tensid. Der Alkylrest ist zu lang.
- e) Tensid. Lipophiler Teil: mittellange Alkylkette (13-C-Atome); hydrophiler Teil: mehrere kurze Ethergruppen; Tensidklasse: Fettalkoholethoxylate

A2 Kugelmicelle in Wasser: Kreis aus Streichhölzern, bei dem die einzelnen Hölzchen zum Mittelpunkt des Kreises ausgerichtet sind, die Köpfcchen nach außen (s. Schülerbuch, Kap. 13.2, B1).

Seifenblase: Doppelter Kreis aus Streichhölzern, bei dem die einzelnen Köpfcchen im Inneren der Doppelschicht liegen. (s. Schülerbuch, Kap. 13.7, B1).

A3 Im Inneren einer Flüssigkeit ist jedes Teilchen von allen Seiten von Nachbarpartikeln der gleichen Art umgeben. Die Anziehungskräfte zu den Nachbarpartikeln wirken von allen Richtungen und heben sich daher gegenseitig auf. Bei den Teilchen an der Oberfläche fehlen nach außen Nachbarpartikeln der gleichen Art. Deshalb wirkt auf diese Teilchen eine Kraft, die ins Innere der Flüssigkeit gerichtet ist. Diese Kraft wirkt einer Oberflächenvergrößerung entgegen. Die Kugel ist der geometrische Körper, der bei gegebenem Volumen die kleinste Oberfläche besitzt. Flüssigkeitstropfen nehmen daher eine Kugelform an, sofern keine weiteren Kräfte wirken, die die Kugel verformen. In der Schwerelosigkeit wirken von außen auf die Flüssigkeit kaum andere Kräfte, insbesondere keine Schwerkraft.

A4 Durch Zugabe von Tensiden lagern sich die Tensidmoleküle mit ihrem polaren Ende an die feinen Partikel aus Metalloxiden und Metallsulfiden; diese werden dadurch hydrophob. Sie lagern sich an den Luftbläschen an und schwimmen als Schaum auf. Die größeren Partikel der Gangart (Begleitgestein) werden vom Wasser benetzt und sinken ab.

Zusatzinformationen zu A4

Die Flotation beruht auf der unterschiedlichen Grenzflächenspannung von Feststoffen gegenüber Wasser und Luft, d. h. auf der unterschiedlichen Benetzung von in Wasser suspendierten Teilchen. Es hat sich gezeigt, dass viele Metalloxide und -sulfide, Schwermetalle und Kohle von hydrophoben Stoffen wie z. B. aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen gut benetzt werden, während die Gangart (das erzfreie, aus Quarz, Silicaten sowie anderen anorganischen Salzen bestehende Gestein) leicht von Wasser und anderen hydrophilen Stoffen benetzt wird. Die Trennung erfolgt dadurch, dass vom Wasser benetzte Partikel absinken, während nicht benetzte Partikel mit einem Korndurchmesser unter 1 mm sich beim Einblasen von Luft in die Suspension des zerkleinerten Erzes an den Luftblasen anlagern und an die Oberfläche wandern.

Durch den Zusatz von *Flotationsmitteln* wird der Trenneffekt verstärkt. Zu diesen Mitteln gehören vor allem grenzflächenaktive Stoffe, besonders anionische Tenside (z. B. Alkylsulfonate, Alkylsulfate, FAS, FES, SES und Seifen, Kap. 13.5) sowie Phosphorsäure-, Phosphonsäure- bzw. Fettsäureester. Speziell zur Schaumbildung und Schaumstabilisierung werden Phenole, Kresole, Alkohole, Ketone, Holzteeröle, die viele dieser Substanzen enthalten, sowie Polyglykole und deren Ether eingesetzt.

Zurzeit werden weltweit jährlich mehr als 3 Milliarden Tonnen Erz und Kalisalze durch Flotation gewonnen.

Flotation im Kupferbergbau. Der Kupfergehalt der bergmännisch gewonnenen und für die Verhüttung bestimmten kupferhaltigen Erze ist meist sehr gering ($0,4\% \leq w \leq 2\%$). Durch Flotation lässt sich das kupferarme Gestein in Kupfererzkonzentrate überführen, die einen Massenanteil von 20–30% Kupfer haben.

Das fein gemahlene Ausgangsmaterial wird mit viel Wasser und etwas schwerem Buchenholzteeöl angerührt, wobei sich das vom Öl benetzte Kupfererz im Oberflächenschaum ansammelt, während das von Wasser benetzbare Gestein („Gangart“) zu Boden sinkt. Das Öl wird im nächsten Arbeitsgang abgepresst und das Konzentrat anschließend verhüttet.

Das Holzteeöl fällt bei der Aufbereitung von meist aus Buchenholz gewonnenem Rohholzzessig an. Zur Flotation wird das schwere Öl verwendet, das durch Destillation des Rohöls (Fraktion bis 270 °C) erhalten wird.

Flotation im Kalibergbau. Die Anreicherung von Kaliumchlorid erfolgt u.a. durch Flotation. Dadurch werden kaliärmere Rohsalze zu hochangereicherten Kalisalzen, die dann für die Düngung genutzt werden.

Ausgangsmaterial zur Gewinnung von reinem Kaliumchlorid ist meist der Carnallit ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ oder $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$), der in der Regel hauptsächlich mit größeren Mengen Steinsalz (NaCl), Anhydrit (CaSO_4) und Kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) verunreinigt ist.

Im Verfahren wird fein gemahlenes Kalirohsalz (Korngröße zwischen 0,5 und 1 mm) zu einer mit Natrium- und Kaliumchlorid gesättigten wässrigen Tensidlösung gegeben und mit Luft durchspült. Dabei sammelt sich wegen unterschiedlicher Salzbenetzbarkeiten an der Oberfläche der Lösung Kaliumchlorid ($w = 96\%$) an. Als Tenside werden Fettalkoholsulfate (FAS mit 8 bis 12 C-Atomen) eingesetzt.

Flotation beim Papierrecycling. Auch bei der Wiederverwertung von bedrucktem Altpapier werden im De-inking-Verfahren (von engl. ink, Tinte) die Tinten- und Druckfarbenpartikel durch Schaum aus einer wässrigen Tensidlösung ausgetragen.

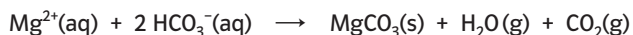
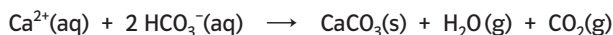
Modellversuch zur Flotation (Versuchsanleitung für die Schülerinnen und Schüler)

Füllen Sie tensidhaltiges Wasser in eine Waschflasche (250 ml) mit Fritteneinsatz und geben Sie etwas Braunsteinpulver (Mangan(IV)-oxid) dazu. Schließen Sie die Waschflasche und schütteln Sie gut. **a)** Lassen Sie das Gemisch einige Zeit stehen. **b)** Leiten Sie danach Luft durch das Gemisch.

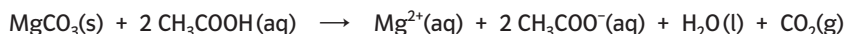
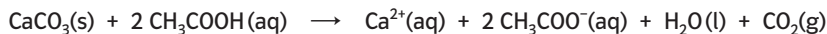
A5 Die Oberflächenspannung tensidhaltigen Wassers ist viel geringer als diejenige von Leitungswasser. Deshalb ist auch die „Benetzungsfähigkeit“ sehr viel größer. Dieser Effekt ist erwünscht, wenn man mit Wasser einen Brand löschen möchte, d.h. einen brennenden Stoff „nass“ machen möchte.

Tensidhaltige Löschsäume (z. B. Schaumteppich auf Flughäfen) ersticken Feuer durch die Unterbindung der Sauerstoffzufuhr und machen allgemein die o.g. Benetzung möglich. Spezielle Tenside bewirken, dass Wasserschäum auf brennendem Benzin schwimmt.

A6 Hartes Leitungswasser hat einen hohen Anteil an Calcium- und Magnesiumionen. Diese bilden beim Eindampfen mit Hydrogencarbonationen Magnesium- und Calciumcarbonat:

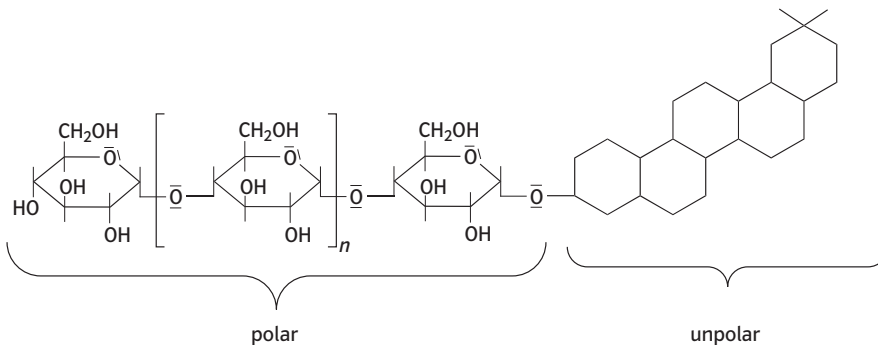


Diese Carbonate sind in Wasser sehr schwer löslich. Sie reagieren aber mit Essigsäure unter Bildung von Acetatlösungen und Kohlenstoffdioxid (Aufschäumen):



A7 In geschmolzener Stearinsäure sind die Moleküle beweglich, sodass sie sich auf dem warmen Wasser mit ihrem polaren Molekülteil ($-\text{COOH}$) fast wie Emulgatormoleküle (vgl. Seifenanionen) anordnen können. Auf der luftzugewandten Seite erfolgt die Anordnung so, dass der unpolare Molekülteil (langer Alkylrest) sich im Wesentlichen an der Oberfläche anlagert. (Luft kann als hydrophober Stoff angesehen werden.) Die dem Wasser zugewandte Fläche ist hydrophil, die der Luft zugewandte Fläche ist hydrophob. Nach dem Erkalten bleibt diese Anordnung erhalten, da sich die Stearinmoleküle nicht mehr umlagern können. Nur die hydrophile Fläche ist durch Wasser benetzbar.

A8 Waschnüsse enthalten als waschaktive Substanz Saponine.
Beispiel eines Saponinmoleküls:



Vorteile:

- Preiswert und sehr ergiebig
- Nachwachsender Rohstoff
- Wirkstoffe (Saponine) sind sehr gut hautverträglich
- Saponine sind antimikrobiell
- Biologisch abbaubar
- Von Wildpflanzen, keine Plantagen

Nachteile:

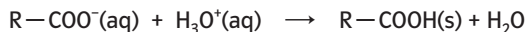
- Nur eingeschränkte Waschwirkung, einige Verschmutzungen werden nicht beseitigt
- Saponine lassen sich nicht vollständig aus der Kleidung entfernen, da die Nüsse bis zum letzten Spülgang in der Trommel bleiben.
- Waschnüsse haben keine Wasser enthärtende oder bleichende Wirkung und geben keine Duftstoffe ab. Sie erfordern daher den Zusatz von Bleichmittel, Wasserenthärter und Duftstoffen.
- Starker Preisanstieg durch eingeschränkte Liefermengen aus Indien; dadurch unerschwinglich für die indische Landbevölkerung

Literatur zu A8: S. Schanze et al: Waschen mit Waschnüssen. Unterricht Chemie 21 (1/2010, Heft Nr. 115), 43

A9

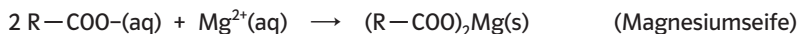
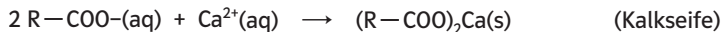
a) Gelöste Seifenanionen können mit Wassermolekülen und Natriumionen eine Doppelschicht bilden, die Luftmoleküle einschließt, also eine Seifenblase. Beim Schütteln bildet sich also Schaum.

b) Im sauren Milieu werden die Seifenanionen protoniert; es bilden sich ungeladene Fettsäuremoleküle:



Da die hydrophoben Fettsäuren in Wasser schwer löslich sind, erkennt man zunächst eine Trübung, dann sammelt sich der Feststoff allmählich an der Flüssigkeitsoberfläche. Da die gelösten Seifenanionen fehlen, bildet sich fast kein Schaum.

c) Hartes Wasser enthält Calcium- oder Magnesiumionen. Diese reagieren mit den Seifenanionen zu schwer löslichen Metallseifen:



Es bildet sich ein weißer, flockiger Niederschlag. Da die gelösten Seifenanionen fehlen, bildet sich fast kein Schaum.

A10

a) Es handelte sich z. B. um Pentanatriumtriphosphat ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, s. Kap. 14.5). Triphosphationen bilden mit Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen stabile, wasserlösliche Verbindungen, die mit anionischen Tensiden nicht reagieren. Pentanatriumtriphosphat wirkt somit als Wasserenthärter.

b) Die Triphosphate gelangen ins Abwasser werden in der Kläranlage in Phosphate gespalten. Phosphate sind Düngemittel. Sie führen zu einem übermäßigen Algenwachstum in Flüssen und Seen (Eutrophierung). Faulende Algen führen zu Sauerstoffmangel; das Gewässer kann umkippen.

c) Heute werden vorwiegend Enthärterssysteme verwendet, die nicht nur das Wasser enthärten, sondern auch den Waschvorgang unterstützen. Man spricht deshalb auch von Gerüststoffen oder Buildern. Beispiele sind Zeolithe und Schichtsilicate:

- Zeolithe sind wasserunlösliche Natriumaluminiumsilicate. In den Hohlräumen ihrer Kristalle befinden sich Na^+ -Ionen. Sie enthärten das Wasser, indem sie Na^+ -Ionen abgeben und dafür Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen aufnehmen (Ionenaustausch).
- Schichtsilicate sind Salze der Kieselsäure. In den Schichtsilicaten liegen die Silicatanionen als Schichten von SiO_4^- -Tetraedern vor, zwischen denen sich Na^+ -Ionen befinden. Wie Zeolithe können sie Na^+ -Ionen gegen Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen austauschen. Schichtsilicate sind wasserlöslich und können in Kläranlagen schnell abgebaut werden.

A11 a)

Komponente	Funktion
anionische Tenside und nichtionische Tenside	Waschaktive Substanzen: Ablösen und Dispergieren der Schmutzpartikel
Zeolithe	Wasserenthärter: Bindung von Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen, dadurch Verhinderung von Kalkablagerungen; Verbesserung der Tensideigenschaften
Enzyme (Proteasen, Amylasen, Lipasen)	Entfernung von eiweiß-, stärke- und fetthaltigen Flecken
Farbübertragungsinhibitoren	Polymermoleküle, die Farbstoffmoleküle binden und so das Abfärben auf andere Textilien während des Waschvorgangs vermeiden
Natriumperborat	Bleichmittel: Entfernung von nicht auswaschbaren, farbigen Verschmutzungen (Zerstörung der Farbstoffe durch Oxidation)
Bleichmittelaktivator	erhöht die Wirksamkeit der Bleichmittel bei niedrigen Temperaturen (durch Aktivierung des Perboratzerfalls)
Vergrauungsinhibitoren	heften sich an die Faser und verhindern die Wiederablagerung von Schmutz aus der Waschlauge auf die Wäsche
optische Aufheller	Absorption von UV-Licht und Umwandlung der Energie in blaues Licht (Fluoreszenz), dadurch Ausgleich eines Gelbstichs
Duftstoffe	überdecken den Eigengeruch des Waschmittels und geben der Wäsche frischen Duft

b)

A enthält Farbübertragungsinhibitoren, jedoch keine Bleichmittel und optische Aufheller. Es handelt sich daher um ein Colorwaschmittel.

B hat eine einfache Rezeptur. Da es keine Bleichmittel, optische Aufheller und auch keine Farbübertragungsinhibitoren enthält, ist es ein Feinwaschmittel.

C ist auch für weiße Wäsche geeignet, da es Bleichmittel, Bleichaktivatoren, optische Aufheller und Vergrauungsinhibitoren enthält. Es handelt sich um ein Vollwaschmittel.

c)

Waschmittel	Tintenfleck	Blutfleck	Fettfleck
A	(-) A enthält keine Bleichmittel.	(+) A enthält Enzyme (Proteasen).	(+) A enthält Tenside und evtl. auch Lipasen.
B	(-) B enthält keine Bleichmittel.	(-) B enthält keine Enzyme.	(+) B enthält Tenside.
C	(+) C enthält Bleichmittel und Bleichmittelaktivatoren.	(+) C enthält Enzyme (Proteasen).	(+) C enthält Tenside und evtl. auch Lipasen.