



1 Eine Waschküche um 1920. Die Einrichtung mit einem Wäschewringer, der mit der Hand gedreht werden mußte, veränderte sich jahrzehntelang kaum.



2 Waschen im Jahre 1958 an der Victoria-Fachschule in Berlin

| | |
|--|--|
| | Kochen Stampfen Spülen Wringen Aufhängen Stärken Einsprengen Durchziehen Bügeln Wegräumen |
| | Waschen Spülen Schleudern (autom.) Aufhängen Stärken Einsprengen Durchziehen Bügeln Wegräumen |
| | Waschen Spülen Schleudern (autom.) Feucht aufhängen und hängend trocknen in den Schrank hängen |
| | Waschen Spülen Schleudern (autom.) Trocknen (autom.) in den Schrank hängen |

Quelle: R. Weber Textilveredlung 15 (1980), 380 ff.

3 Aufwand beim Waschen und Nachbereiten der Wäsche im Wandel der Zeit

Bis etwa 1950 waren elektrische Waschmaschinen im Haushalt noch eine Ausnahme. Das Waschen war mühsam und zeitaufwendig. Gewaschen wurde nicht in der Wohnung, sondern in der Waschküche. Die Wäsche wurde über einen längeren Zeitraum gesammelt. Das Waschen selbst nahm dann oft mehrere Tage in Anspruch. Mit der Einführung der elektrischen Haushaltswaschmaschinen wurde das Waschen wesentlich erleichtert. Waschmaschinen, wie sie Anfang der sechziger Jahre auf den Markt kamen, waren noch sehr einfach gebaut, sie übernahmen aber die mühsame „Handarbeit“ beim Waschen. Weil die Waschmaschine in der Wohnung aufgestellt werden konnte, entfielen die weiten Wege zur Waschküche. Die Nachbereitung der Wäsche (Trocknen, Glätten, Bügeln, Sortieren, Einräumen) nahm aber noch sehr viel Zeit in Anspruch. Dies änderte sich etwa Mitte der sechziger Jahre. Es kamen nun pflegeleichte Textilien auf den Markt, die eine weitere Erleichterung des Waschens mit sich brachten. Viele der damals eingeführten Waschartikel, z.B. Nylonhemden, sind mittlerweile wegen ungünstiger Trageeigenschaften wieder vom Markt verschwunden, andere pflegeleichte Textilien kamen neu hinzu. In den siebziger Jahren kamen die Wäschetrockner auf den Markt. 1980 besaßen 8 % der bundesdeutschen Haushalte ein solches Gerät, 2008 waren es bereits 38,5%. Das Waschen und Trocknen kann nun vollständig in der Wohnung stattfinden, spezielle Trockenräume werden nicht mehr gebraucht.

Aufgaben:

1. Das Waschen ist ein komplexer Vorgang. Fünf „Partner beim Waschprozess“ müssen zusammenwirken, damit die schmutzige Wäsche wieder sauber wird. Nennen Sie diese „Partner beim Waschprozess“.
2. Fragen Sie in Ihrer Familie oder bei Bekannten nach, wie vor 1960 gewaschen wurde.
3. Welche Bedeutung hat das Wäschewaschen hinsichtlich Zeit- und Arbeitsaufwand in einem modernen Haushalt?



1. Die 5 Partner beim Waschprozess sind:
Textilien, Schmutz, Wasser, Waschgerät (Mechanik), Waschmittel.
2. In den letzten sechzig Jahren hat sich das Waschen im Haushalt stark verändert. Gerade Jugendliche sollten diesen Entwicklungsprozess kennenlernen.
3. Obwohl das Wäschewaschen wesentlich vereinfacht wurde, gehört es auch heute noch zu den wichtigen Tätigkeiten im Haushalt. Addiert man den Aufwand für das Sortieren der Wäsche nach Waschprogrammen, für das Einkaufen der Waschmittel und für die gesamte Nachbereitung der Wäsche, so nimmt es auch heute noch genügend Zeit in Anspruch. Weiterhin ist es immer noch eine Domäne der Frauen – trotz gewachsener Gleichberechtigung. Nur eine kleine Minderheit der Männer übernimmt in den Familien das Waschen der Wäsche!

1911

Persil
das selbstfätige Waschmittel

Kein Spuk - - -

Wenn auch eine uralte Erfahrung ist die überzeitliche Wirkung, die kein Waschen mit
Persil, selbstfätige Waschmittel
 in Meider Vorlesung, erzieht und Mag die Wäsche noch so schmutzig sich, schlieen sich
 Blei-, Ober-, Bienen-, Caca-, Tinte- und andere Flecken darin behalten, „Persil“ beseitigt
 sie im Nu, ohne jedes Reiben und Bleichen, nur durch einmalige etwa 1/2-1/3telige Kurbel.
 Die Wäsche ist anders Mitweil und besitzt den frischen Geruch der Kaseblende.
 Edleste Anwendung, bittige im Gebrauch, große Ergonomie an Zeit, Arbeit und Geld.
Garantiert unerschütterlich für die Wäsche! - - - Erhätlich nur in Original-Paketen.

HENKEL & Co., DÜSSELDORF, GEBF. 1876. (Nuniger Fabrikanten seit der seit 30 Jahre weltbekannt)

Henkel's Bleich-Soda.

1965

In New York - London - Paris
Amsterdam - Stockholm

**unbesiegt
beim weltweiten
Weiß-Test**

Persil
mit zwei
Weißmachern **65**

die vollkommene
Wäschpflege
für alle Wäschearten

Nichts auf der Welt weicht weicher
als Persil. Das haben 97 Frauen in 5 Welt-
städten überprüft.
Und das ist der Grund dafür,
dass Persil in 97 Ländern die besten
Wendigkeit und Leichtigkeit. Sie sind die
Gewinn, daß Sie immer für Ihre Wäsche
das selbstfätigste Weich bezeichnen.
Persil weilt aber nicht Persil, wenn es
zusatz mehr könnte: vollkommene
Wäschpflege geben. Sie können nicht
immer für die Wäsche tun, die sie mit
Persil zu erreichen.

Henkel

Die vier historischen Werbeplakate von Persil aus den Jahren 1911, 1965, 1970 und 1987 zeigen stellvertretend die historische Entwicklung der modernen Waschmittel.

1970

Das Waschmittel der 70er Jahre ist da!

Das neue Persil 70. Mit der Kraft, die Ihre Wäsche verwandelt.

Persil 70 - mit eigener Vorwaschkraft - macht Ihre Wäsche förmlich gesund, fassatell sauber, förmlich weiß, förmlich frisch.
 Persil 70 - biologisch aktiv.
 Das beste Waschmittel, das Henkel je hergestellt hat!

Henkel

1987

Spitzenleistung. Beste Persil-Reinheit jetzt phosphatfrei.

Das neue Persil phosphatfrei ist die Spitzenleistung der modernen Waschmittel-Forschung. Denn damit ist es erstmals gelungen, beste Persil-Reinheit und -Pflege mit besserer Schonung unserer Umwelt zu verbinden.

Dies wurde ermöglicht durch zwei außergewöhnliche Entwicklungen der Henkel-Forschung: durch SASIL[®], den umweltschonenden Waschwirkstoff. Und durch eine völlig neuartige Persil-Zusammensetzung: eine Höchstleistungs-Rezeptur auf Basis des umweltfreundlichen SASIL[®].

Jetzt können Sie das beste Persil für sich wählen. Das bewährte Persil. Oder das neue Persil phosphatfrei.

Das beste Persil für Wäsche und Umwelt.

Welche Inhaltsstoffe des Waschmittels werden in den Werbeaussagen besonders herausgestellt?

- 1911: Neben Soda als Fällenthärter (siehe Arbeitsblatt „Methoden der Wasserenthärtung“) enthält Persil Natriumperborat als Bleichmittel.
- 1965: Optische Aufheller
- 1970: Enzyme
- 1987: Phosphatfreies Waschmittel auf Basis von Zeolith A. Enthält das Enthärterssystem Zeolith A/Soda/Polycarboxylate (vergleiche das Arbeitsblatt „Methoden der Wasserenthärtung“).

Anmerkung zur Waschmittelwerbung von 1911: Bei Henkel's Bleich-Soda handelt es sich um eine Mischung aus Natriumsilicat (23%) und Soda (77%). Bleich-Soda wurde dem Waschwasser vor Zugabe der Wäsche zugesetzt und diente in erster Linie der Wasserenthärtung (Fällenthärtung). Da auch Eisensalze ausgefällt wurden, konnte ein Vergilben der Wäsche, das durch die gelb bis braun gefärbten Eisensalze verursacht wurde, vermieden werden – daher auch der Name „Bleich-Soda“. Bleich-Soda ist nicht mit Persil identisch, es wurde also auf der Packungsangabe von 1911 zusätzlich für ein anderes Produkt geworben.

| Bestandteile | Massenanteil in % | Herkunft |
|------------------------|--------------------|----------|
| Kochsalz, Harnstoff | 15 – 20 5 – 7 | _____ |
| Fette/Öle | 5 – 10 | _____ |
| Eiweiße | 20 – 25 | _____ |
| Kohlenhydrate | ca. 20 | _____ |
| Farbstoffe | stark wechselnd | _____ |
| Pigmente | 25 – 30 | _____ |

Die Tabelle zeigt wichtige Bestandteile des Wäscheschmutzes und ihren Massenanteil in %. Die Werte sind statistisch gemittelt und können im Einzelfall je nach Verschmutzungsgrad natürlich stark unterschiedlich ausfallen. Der prozentuale Anteil der Farbstoffe läßt sich nicht angeben, da viele Schmutzbestandteile von Natur aus gefärbt sind. In der Natur vorkommende organische Farbstoffe spielen mengenmäßig meist keine Rolle, machen sich aber durch ihre intensive Färbung besonders störend bemerkbar.

Aufgaben:

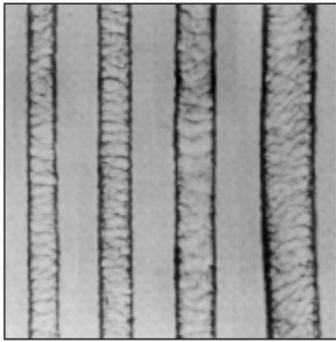
1. Nennen Sie Beispiele zur Herkunft der jeweiligen Schmutzbestandteile und tragen Sie diese in die Tabelle ein.
2. Warum ist es wichtig, über die Bestandteile des Wäscheschmutzes Bescheid zu wissen? Was folgt daraus für die Zusammensetzung von Waschmitteln?

| Bestandteile | Massenanteil in % | Herkunft |
|---------------------|-------------------|--|
| Kochsalz, Harnstoff | 15 – 20 5 – 7 | Schweißrückstände, Speisereste, Urin |
| Fette/Öle | 5 – 10 | Hautfett, Mineralöl, Speisen, Kosmetika |
| Eiweiße | 20 – 25 | Hautschuppen, Blut, Ei, Kakao, Milch |
| Kohlenhydrate | ca. 20 | Stärke, Cellulose |
| Farbstoffe | stark wechselnd | Rotwein, Obst, Gras, Tee, Kaffee |
| Pigmente | 25 – 30 | Straßenstaub, Ruß, Asche, Erde |

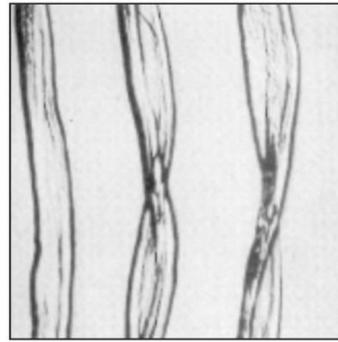
Für die Entfernung des Schmutzes von der Faser ist es wichtig zu wissen, ob der Schmutz einen hydrophilen oder hydrophoben Charakter hat. Nur ein geringer Teil des Schmutzes ist wasserlöslich. Aufgrund des extrem unterschiedlichen Charakters der Schmutzbestandteile enthalten moderne Waschmittel immer eine Kombination verschiedener Inhaltsstoffe, die wasserunlöslichen Schmutz von der Wäsche entfernen und gezielt gegen die unterschiedlichen Schmutzarten wirken:

- Tenside lösen fetthaltigen Schmutz ab.
- Enzyme entfernen Eiweiß und Stärke.
- Bleichmittel beseitigen Farbstoffe.
- Enthärterssysteme (Builder) erleichtern die Ablösung von Pigment-Schmutz

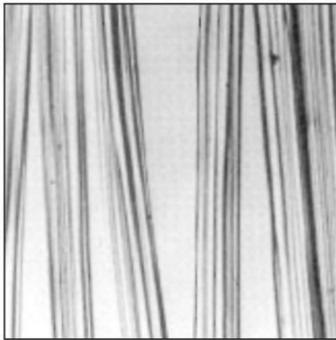
Die Abbildungen zeigen verschiedene Fasern unter dem Mikroskop. Der unterschiedliche Aufbau der Fasern ist deutlich zu erkennen.



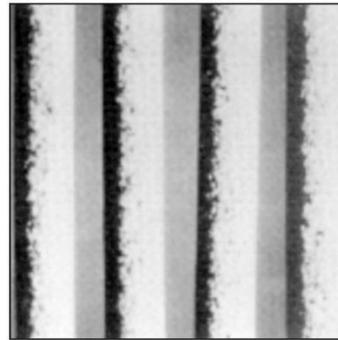
1 Wolle



2 Baumwolle



3 Viskosefaser

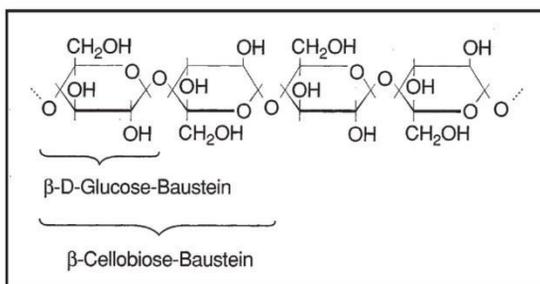


4 Polyamid

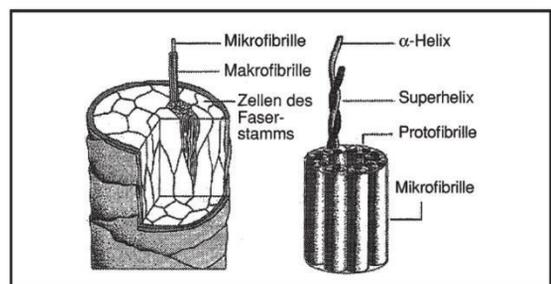
Aufgaben:

1. Beschreiben Sie die in der Abbildung sichtbaren Unterschiede zwischen den verschiedenen Fasern. Worauf sind diese Unterschiede zurückzuführen und was bedeutet dies für die Wäschepflege?
2. Nennen Sie Beispiele aus dem Bereich der Naturfasern und der Chemiefasern.
3. Erläutern Sie den unterschiedlichen chemischen Aufbau von Baumwolle und Wolle.
4. Die synthetischen Fasern Polyamid und Polyester sind Kondensationsprodukte. Was versteht man unter dem Begriff Polykondensation und welche Verbindungen werden bei der Bildung von Polyester und Polyamid aus den Monomeren abgespalten?
5. Welche charakteristischen Unterschiede müssen beim Waschen von Baumwolle, Wolle und Synthefasern beachtet werden?

- Die Baumwollfaser ist korkenzieherartig gedreht und hat eine mehr oder weniger raue Oberfläche. Wolle hat eine stark geschuppte Oberfläche und ist je nach Feinheit unterschiedlich stark gekräuselt. Polyamid und Viskose besitzen relativ glatte Oberflächen. Die Beschaffenheit der synthetischen Fasern wird durch die Art ihrer Herstellung – Durchpressen durch dünne Düsen mit anschließender Streckung – festgelegt. Dadurch erhält man eine glatte, regelmäßige Faseroberfläche. Naturfasern sind wesentlich komplexer aufgebaut. Die Struktur ist der ursprünglichen Funktion, z.B. Schutz- oder Stützfunktion, optimal angepaßt. Naturfasern sind, bedingt durch ihren Aufbau, wesentlich pflegeintensiver als Chemiefasern. Während des Waschvorganges können sich Faseroberfläche und Länge der Fasern ändern. Deshalb können Textilien aus Naturfasern einlaufen, knittern oder verfilzen. Dies ist bei Chemiefasern nicht der Fall, man bezeichnet daher Textilien aus Chemiefasern als pflegeleicht.
- Naturfasern:**
 - Pflanzliche Herkunft:** Baumwolle, Leinen, Ramie, Hanf, Kokos.
 - Tierische Herkunft:** Schafwolle, Angorawolle, Kaschmirhaar, Seide.**Chemiefasern:**
 - Cellulosefasern:** Viskose, Cupro, Acetat.
 - Synthesefasern:** Polyester, Polyamid, Polyacryl, Polyurethan.
- Baumwolle ist eine Pflanzenfaser, die nahezu aus reiner Cellulose besteht. Cellulose ist ein Polysaccharid, das aus D-Glucoseeinheiten aufgebaut ist, die über β -1,4-glykosidische Bindungen miteinander verknüpft sind (Abb.1). Bis zu 14.000 D-Glucosebausteine bilden fadenförmige Riesenmoleküle, die zu Nachbarmolekülen Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Auf diese Weise entstehen Molekülbündel von etwa 30 Cellulosemolekülen, die sogenannten Elementarfibrillen. Diese Bündel sind zu seilähnlichen Strukturen verdreht, die sich zu Fasern zusammenlagern. Wolle ist eine Eiweißfaser, die aus fibrillären Proteinen (Skleroproteinen), den Keratinen, besteht. Grundbausteine sind 18 Aminosäuren, die über Peptidbindungen miteinander verknüpft sind. Keratine liegen als spiralförmiges Molekül (α -Helix) vor. Zwei Proteinketten sind zu einer Superhelix verdreht, zwei Superhelices bilden eine Protofibrille. Je 8 Protofibrillen schließen sich zu einer Mikrofibrille zusammen. Mehrere hundert Mikrofibrillen bilden eine Makrofibrille. Makrofibrillen wiederum lagern sich in Längsrichtung der Wollfaser zusammen (Abb. 2).



1 Ausschnitt aus einem Cellulosemolekül



2 Aufbau einer Wollfaser

Anmerkung: Die Helixstruktur ist die Ursache der großen Faserelastizität. Bei Belastung können die gedrehten Proteinketten in einen gestreckten Zustand übergehen. Tritt Entlastung ein, bildet sich die ursprüngliche Helixstruktur zurück. In den Hohlräumen der Helixstruktur ist ausreichend Platz für die kleinen Wassermoleküle, dadurch kann Wolle größere Mengen Wasser speichern, ohne sich feucht anzufühlen. Durch freie Amino- und Carboxylgruppen in den Seitenketten sind Wollfasern sehr hydrophil. Die wichtigste Wollfaser ist die Schafwolle, doch sind Wollfasern und andere Tierhaare in ihrem chemischen Aufbau im Prinzip gleich.

4. Monomere, deren Moleküle mindestens zwei funktionelle Gruppen besitzen, sind zur Polykondensation fähig. Bei dieser Reaktion werden einfache Verbindungen, z.B. Wasser oder Ammoniak, abgespalten. Sowohl bei der Polykondensation, die zum Polyester führt, als auch bei der entsprechenden Reaktion zum Polyamid aus den dargestellten Monomeren, wird Wasser abgespalten.

| Monomere | Polykondensationsprodukt | Handelsnamen |
|---|--|--------------------------------|
| $\text{HOOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH}$ Terephthalsäure $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ 1,2-Ethandiol | $\dots - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \dots$ linearer Polyester | Trevira® Diolen® Dacron® |
| $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$ Hexandisäure (Adipinsäure) $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$ 1,6-Diaminohexan (Hexamethylendiamin) | $\dots - \text{C}(=\text{O}) - (\text{CH}_2)_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{N}(\text{H}) - (\text{CH}_2)_6 - \text{N}(\text{H}) - \dots$ Polyamid | Nylon® |

Chemischer Aufbau von synthetischen Fasern

Anmerkung: Polyamide enthalten als Strukturelemente Peptidbindungen, Polyester enthalten als wichtigste funktionelle Gruppe die Estergruppe. Trotz der formalen Ähnlichkeit mit Wolle aufgrund der Peptidbindungen zeigen Polyamide wie alle Chemiefasern grundsätzlich andere Eigenschaften als Naturfasern. So sind sie immer stark hydrophob und können keine größeren Mengen Wasser speichern. Dies ist für die Trage- und Wascheigenschaften der Textilien von großer Bedeutung.

5. Weiße Baumwolle kann im Kochwaschgang (95 °C) gewaschen werden, gefärbte Textilien aus diesem Material können meistens bei 40 °C bis 60 °C gewaschen werden. Wäsche aus Baumwolle kann einlaufen. Wolle ist sehr empfindlich gegenüber Temperatur, hohem pH-Wert und starker mechanischer Beanspruchung. Nicht besonders ausgerüstete Wolltextilien dürfen daher nur schonend und zügig mit der Hand und mit speziellen, pH-neutralen Wollwaschmitteln gewaschen werden. Wolle neigt bei unsachgemäßer Behandlung zum Verfilzen. Filzarm ausgerüstete Wolle ist für den Wollwaschgang bei 30 °C in der Waschmaschine geeignet. Synthetische Fasern dürfen nur bei niedrigen Temperaturen gewaschen werden. Die Temperaturobergrenze ist 60 °C, meist ist der Schonwaschgang vorgeschrieben, d.h. verminderte Beladung und mechanische Bewegung sowie höherer Wasserstand in der Waschmaschine. Genaue Anweisungen zum Waschen von Textilien sind aus den Pflegesymbolen ersichtlich, die in der Kleidung eingenäht sind.

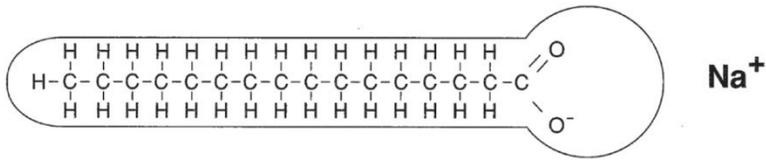
| Produkttyp | Welches Waschmittel wofür? | Was ist drin? | | | | | | | |
|--|--|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------|--------------|--------|--------------------|-----------------------------|
| | | Anionische Tenside | Nichtionische Tenside | Kationische Tenside | Enthärter | Bleichmittel | Enzyme | Optische Aufheller | Farbübertragungsinhibitoren |
| Vollwaschmittel Pulver oder Tabs | Für weiße und stark verschmutzte Textilien. Wirkt keimtötend und geruchstillend. | + | + | | + | + | + | + | |
| Colorwaschmittel Pulver oder Tabs | Für farbige Textilien, weil ohne Bleichmittel und Optische Aufheller. Nicht für Wolle geeignet. | + | + | | + | | + | | + |
| Vollwaschmittel flüssig | Für weiße Textilien. Nicht für Wolle geeignet. Weniger geeignet bei farbintensiven, bleichbaren Flecken. Flüssigwaschmittel leistungsstark bei fetthaltigen Verschmutzungen. | + | + | | | | + | + | |
| Colorwaschmittel flüssig | Für farbige Textilien, weil ohne Bleichmittel und Optische Aufheller. Nicht für Wolle geeignet. | + | + | | | | + | | + |
| Feinwaschmittel Pulver oder flüssig | Für alles leicht Verschmutzte und Feine. | + | + | | + | | + | | |
| Wollwaschmittel | Für Wolle und Seide, weil pH-neutral und faserschonend. | + | + | | | | | | |
| Weichspüler | Nachhandlungsmittel zum Weichspülen der Wäsche. | | | + | | | | | |

Anmerkung: Aus Platzgründen wurden nicht alle marktüblichen Waschmitteltypen mit in das Arbeitsblatt aufgenommen.

| Inhaltsstoffe | Funktion |
|-----------------------------|--|
| Anionische Tenside | |
| Nichtionische Tenside | werden in Waschmitteln zusammen mit anionischen Tensiden eingesetzt. Sie steigern die Waschkraft bei tiefen Waschttemperaturen. |
| Kationische Tenside | |
| Enthärter | beseitigen die Ca^{2+} und Mg^{2+} . Sie sind in der Lage, mit Ca^{2+} und Magnesiumionen, den Härtebildnern des Wassers, zu reagieren und sie für die Dauer des Waschvorganges Ca^{2+} und Mg^{2+} , so dass sich keine Ablagerungen auf Textilien oder Maschinenbauteilen bilden. |
| Bleichmittel | H_2O_2 die im Wäscheschmutz vorkommenden Farbstoffe und H_2O_2 sie dadurch. Bleichaktivatoren erhöhen die Wirksamkeit von Bleichmitteln bei niedrigen Temperaturen. Sie tragen zur Hygiene und Entfernung von Geruchsschmutz bei. |
| Enzyme | Proteasen zum Beseitigen von Proteinen Amylasen zum Entfernen von Stärke Lipasen zum Spalten von Fettsäuren Cellulasen zum Glätten von Textilien und damit zur Erhaltung der Fasern |
| Hilfsstoffe: | |
| Optische Aufheller | Zur Erzeugung eines strahlenden Weißes der Wäsche |
| Farbübertragungsinhibitoren | Vermindern die Farbüberttragung auf andere Wäscheteile. |

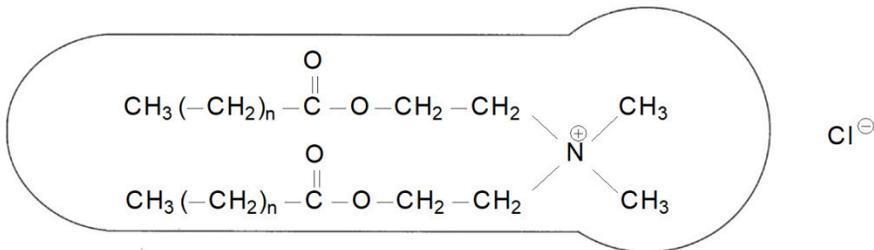
| Inhaltsstoffe | Funktion |
|-----------------------------|---|
| Anionische Tenside | <i>lösen den Schmutz von der Faser (Primärwaschwirkung) und verhindern die Wiederablagerung auf dem Gewebe (Sekundärwaschwirkung). Sie sind die am häufigsten verwendeten waschaktiven Substanzen in modernen Wasch- und Reinigungsmitteln</i> |
| Nichtionische Tenside | werden in Waschmitteln zusammen mit anionischen Tensiden eingesetzt. Sie steigern die Waschkraft bei tiefen Waschttemperaturen. |
| Kationische Tenside | haben keine Waschwirkung. Sie beeinflussen aber die Oberflächenbeschaffenheit der Fasern so, dass die Wäschestücke weich werden. Deshalb werden sie in Weichspülern eingesetzt. |
| Enthärter | beseitigen die Wasserhärte. Sie sind in der Lage, mit Calcium – und Magnesium-Ionen, den Härtebildnern des Wassers, zu reagieren und sie für die Dauer des Waschvorganges zu binden, so dass sich keine Ablagerungen auf Textilien oder Maschinenbauteilen bilden. |
| Bleichmittel | oxidieren die im Wäscheschmutz vorkommenden Farbstoffe und entfärben sie dadurch. Bleichaktivatoren erhöhen die Wirksamkeit von Bleichmitteln bei niedrigen Temperaturen. Sie tragen zur Hygiene und Entfernung von Geruchsschmutz bei. |
| Enzyme | Proteasen zum Beseitigen von eiweißhaltigem Schmutz; Amylasen zum Entfernen von stärkehaltigen Ansammlungen; Lipasen zum Spalten natürlicher Fette; Cellulasen zum Glätten von Baumwollfasern und damit zur Erhaltung der Farbbrillanz |
| Hilfsstoffe: | |
| Optische Aufheller | Zur Erzeugung eines strahlenden Weißtones der Wäsche |
| Farbübertragungsinhibitoren | Vermindern die Farbübertragung auf andere Wäscheteile. |

Anionisches Tensid



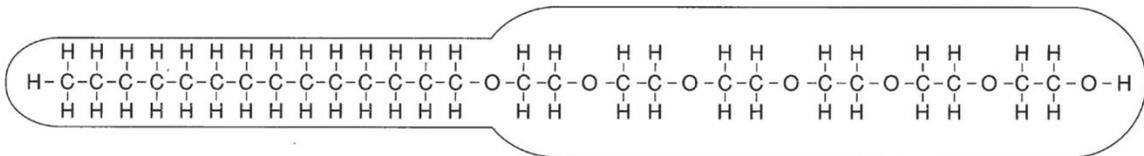
Beispiel: Seife

Kationisches Tensid



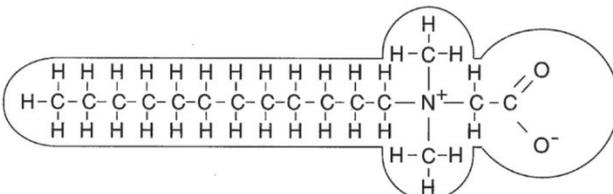
Beispiel: DEEDMAC (Diethylesterdimethylammonium-chlorid)

Nichtionisches Tensid



Beispiel: Fettalkoholethoxylat

Amphoterer Tensid



Beispiel: Alkylbetain

Aufgaben:

1. Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Aufbau der verschiedenen Tensidarten.
2. Worauf beruht die Waschwirkung der verschiedenen Tensidarten?

1. Das der Seife zugrundeliegende Strukturprinzip ist allen Tensiden gemeinsam: Die Teilchen besitzen sowohl ein polares als auch ein unpolares Ende. Der polare Teil bestimmt die Zuordnung zur Tensidart: Bei den anionischen Tensiden endet das Teilchen mit einer negativ geladenen Gruppe, bei den kationischen Tensiden mit einer positiv geladenen Gruppe. Die amphoteren Tenside sind Zwitterionen, die nichtionischen Tenside haben keinen Ionencharakter.

Anmerkung: Da hydrophober und hydrophiler Molekülanteil in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen müssen, ist bei nichtionischen Tensiden die hydrophile Gruppe aufgrund fehlender elektrischer Ladungen wesentlich voluminöser als die der anderen Tensidarten.

2. Alle Tenside lagern sich bevorzugt an Grenzflächen an und erniedrigen die Grenzflächenspannung des Wassers. Dadurch begünstigen sie die Benetzung hydrophober Flächen und ermöglichen die Schmutzablösung. Trotz dieser Gemeinsamkeiten gibt es beim Waschvorgang zwischen den einzelnen Tensidarten deutliche Unterschiede. Der unpolare, hydrophobe Rest der **anionischen Tenside** tritt mit anderen unpolaren Stoffen, z.B. dem Schmutz oder der Textilfaser, in Wechselwirkung. Der polare und hydrophile „Kopf“ der anionischen Tenside ragt in die wässrige Lösung. Schmutz und Faser werden von einer hydrophilen Schicht umgeben. Dadurch wird eine Ablösung des Schmutzes ermöglicht (vgl. auch Arbeitsblatt 14 „Der Mechanismus der Schmutzablösung“). **Nichtionische Tenside** verhalten sich ähnlich, denn die fehlende elektrische Ladung wird bei nichtionischen Tensiden durch eine bedeutend größere hydrophile Gruppe ausgeglichen. **Amphotere Tenside** zeigen genau wie anionische und nichtionische Tenside eine sehr gute Waschaktivität. **Kationische Tenside** zeigen keine Waschwirkung. Sie orientieren sich aufgrund der elektrischen Anziehungskräfte mit ihrer positiven Ladung in Richtung negativ geladener Grenzflächen. Da die Textilfasern unter den üblichen Waschbedingungen meist negativ geladen sind, ragt also der hydrophobe Anteil zumindest teilweise in Richtung wässrige Lösung, die Schmutzablösung wird nicht gefördert, sondern erschwert.

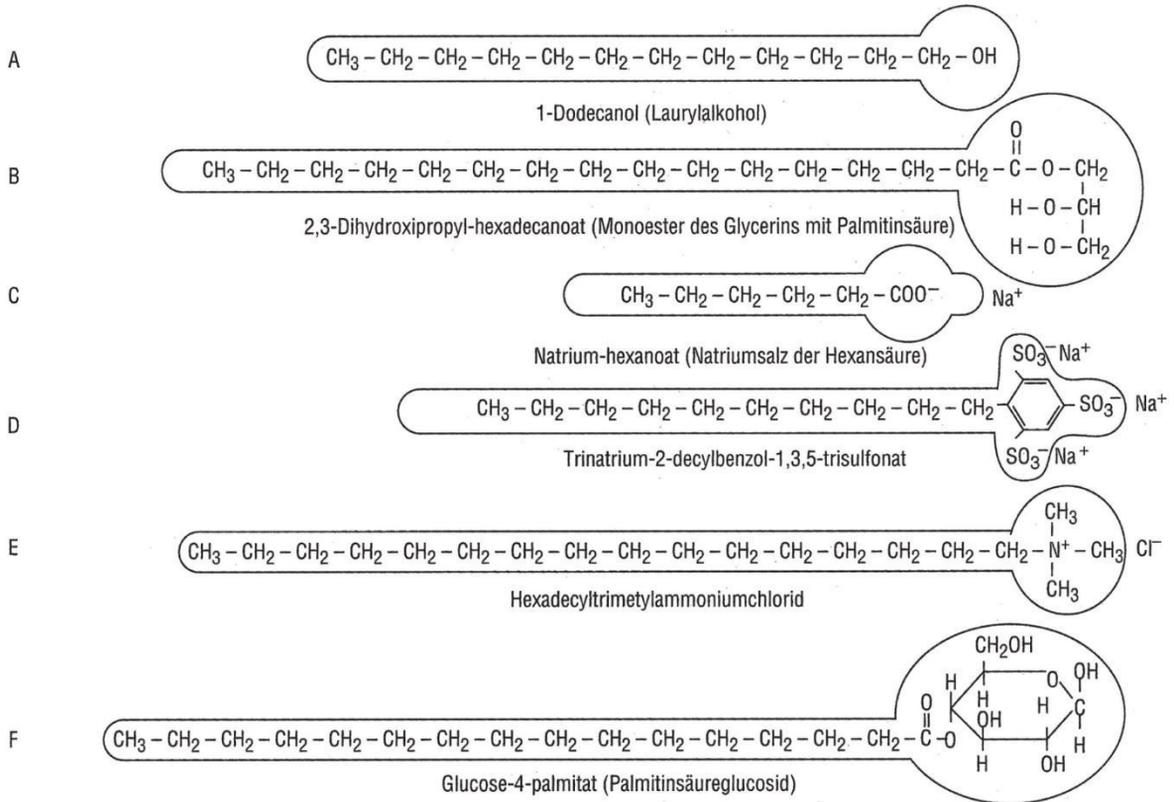
Folgende Substanzen sollen auf Ihre Eignung als Tensid überprüft werden:

| | |
|---|---|
| A | $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ <p style="text-align: center;">1-Dodecanol (Laurylalkohol)</p> |
| B | $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C(=O)-O-CH}_2\text{-CH(OH)-CH}_2\text{(OH)}$ <p style="text-align: center;">2,3-Dihydroxypropyl-hexadecanoat (Monoester des Glycerins mit Palmitinsäure)</p> |
| C | $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COO}^- \text{Na}^+$ <p style="text-align: center;">Natrium-hexanoat (Natriumsalz der Hexansäure)</p> |
| D | $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}_6\text{H}_2\text{(SO}_3\text{Na}^+)_3$ <p style="text-align: center;">Trinatrium-2-decylbenzol-1,3,5-trisulfonat</p> |
| E | $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-N}^+(\text{CH}_3)_3 \text{Cl}^-$ <p style="text-align: center;">Hexadecyltrimethylammoniumchlorid</p> |
| F | $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C(=O)-O-Glucose}$ <p style="text-align: center;">Glucose-4-palmitat (Palmitinsäureglucosid)</p> |

Aufgaben:

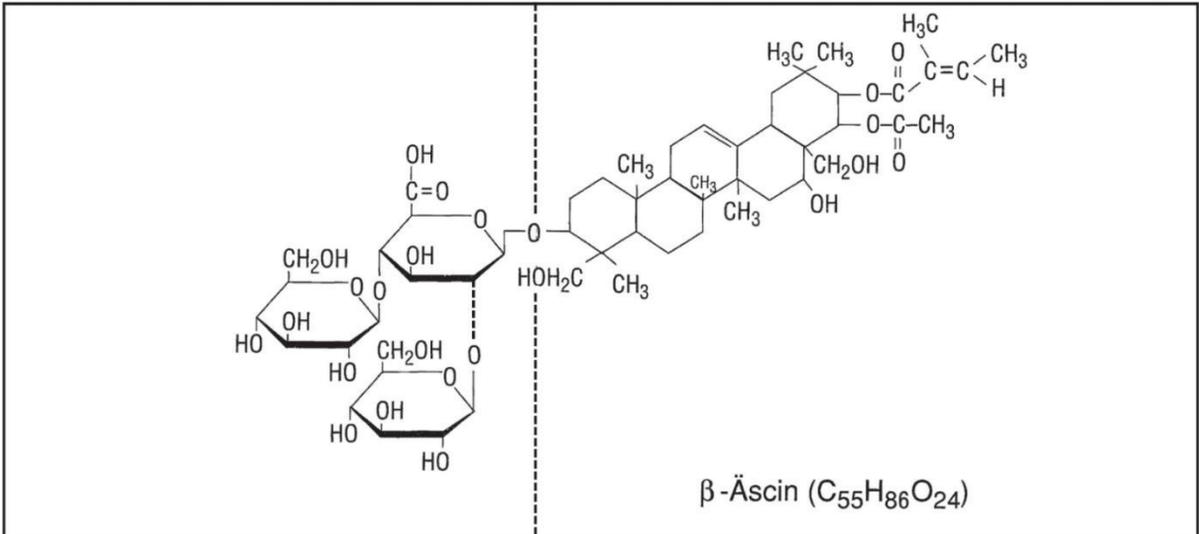
1. Kennzeichnen Sie hydrophile und hydrophobe Anteile im Molekül.
2. Begründen Sie, welche Substanzen als Tensid geeignet sind und welche nicht.
3. Ordnen Sie die als Tenside erkannten Substanzen den entsprechenden Tensidklassen (anionische, kationische oder nichtionische Tenside) zu.

1



- 2./3. A Zu kleine hydrophile Gruppe:
kein Tensid.
- B Ausgewogenes Verhältnis von hydrophiler und hydrophober Gruppe:
nichtionisches Tensid.
- C Zu kurzer hydrophober Rest, hydrophiler Charakter überwiegt:
kein Tensid.
- D Zu starke hydrophile Eigenschaften durch drei anionische Gruppen:
kein Tensid.
- E Ausgewogenes Verhältnis von hydrophiler und hydrophober Gruppe:
kationisches Tensid.
- F Ausgewogenes Verhältnis von hydrophiler und hydrophober Gruppe:
nichtionisches Tensid.

Im Herbst 1984 stieß ein Schüler in einem Naturkundebuch zufällig auf einen Hinweis über die Eignung von Rosskastanien als „alternativem“ Waschmittel. Literaturrecherchen ergaben, daß die waschaktive Substanz der Rosskastanie zur Gruppe der Saponine gehört, Äscin genannt wird und zu ca. 10 % in der Rosskastanie enthalten ist. Diese Thematik wurde dann Ausgangspunkt einer Arbeit zum Wettbewerb „Jugend forscht“. Dort wurden die Eigenschaften von Äscin untersucht und praktische Tests zum Waschverhalten durchgeführt.



Strukturformel von Äscin

Rezept zum Waschen mit Rosskastanien:

Sieben mittelgroße Rosskastanien werden mit Hilfe eines Messers von der harten Schale befreit. Anschließend werden sie in einer Nuss- oder Mandelmühle gemahlen. Die geriebenen Kastanien werden in ein Leinensäckchen oder einen zugeknöteten Strumpf gefüllt und direkt mit der Wäsche in die Waschtrommel gelegt. Das gewünschte Waschprogramm wird eingestellt, weitere Zusätze sind nicht erforderlich.

Aufgaben:

1. Zeigen Sie mit Hilfe der Strukturformel, inwieweit Äscin Grenzflächenaktivität zeigen kann. Welcher Gruppe der Tenside ist Äscin zuzuordnen?
2. Erkennen Sie in der Natur vorkommende Bausteine im Molekül wieder?
3. Welche Schwierigkeiten werden beim Einsatz von Rosskastanien bzw. Rosskastanienextrakt als Waschmittel auftreten?

1. Charakteristisch für Äscin wie für alle Saponine ist ein stark hydrophiler Kohlenhydratrest, der mit einem unpolaren polycyclischen Kohlenwasserstoffrest verbunden ist. Aufgrund dieser Struktur ist Äscin den nichtionischen Tensiden zuzuordnen.

Anmerkung: Von den synthetischen Tensiden zeigen Alkylpolyglucoside (APG) eine gewisse strukturelle Verwandtschaft mit Äscin.

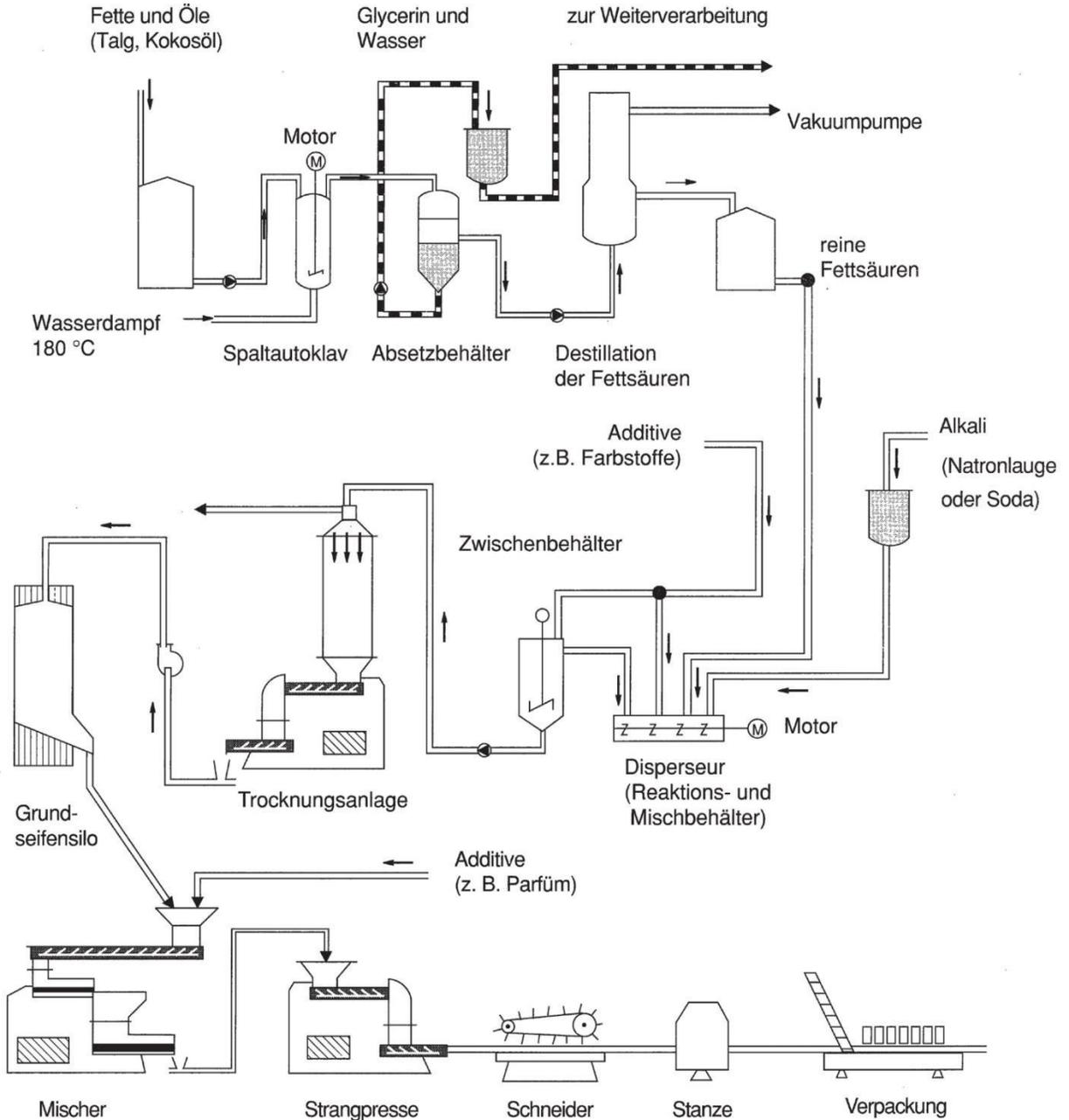
2. Äscin enthält zwei Glucosereste, die an Glucuronsäure gebunden sind. Glucuronsäure ist über eine glucosidische Bindung mit dem polycyclischen Kohlenstoffgerüst verbunden. Dieser kompliziert aufgebaute Molekülteil ist charakteristisch für Äscin und zeigt durch die typische Anordnung der Ringstrukturen Verwandtschaft mit Naturstoffen, die sich vom Triterpen ableiten (z.B. β -Amyrin). Auch eine Ähnlichkeit mit den Steroidderivaten, zu diesen gehören Cholesterol, männliche und weibliche Sexualhormone und die Hormone der Nebennierenrinde, ist zu erkennen.

Anmerkung: Die Ähnlichkeit mit körpereigenen Substanzen darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß Äscin aufgrund seiner Grenzflächenaktivität wie alle Tenside stark toxisch auf Gewässerorganismen wirkt. Bekannt ist bei Saponinen weiterhin eine starke hämolytische Wirkung.

3. Ein modernes Waschmittel muß folgende Forderungen erfüllen:

- Gute Waschleistungen bei jeder Wasserhärte
- Günstiger Preis
- Ausreichende Lagereigenschaften und gleichbleibende Produktqualität

Diese Grundvoraussetzungen werden von Rosskastanien nicht erbracht.

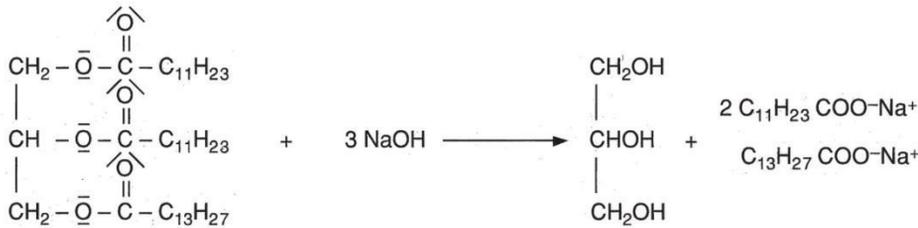


1 Schematische Darstellung der Herstellung von Seife

Aufgaben:

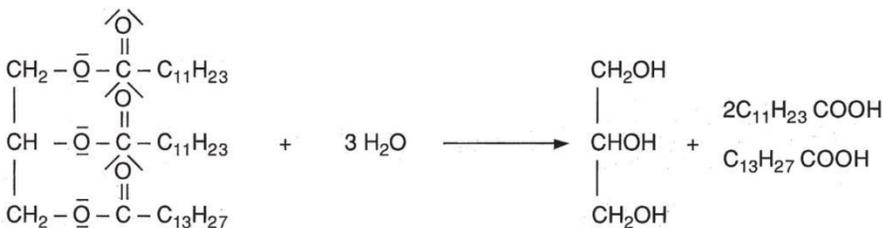
1. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen zur Bildung von Seife aus Natronlauge und Fett auf (historisches Herstellungsverfahren). Was unterscheidet Natrium- und Kaliseifen?
2. Moderne großtechnische Verfahren zur Seifenherstellung arbeiten in einem mehrstufigen Verfahren. Die wichtigsten Stationen sind: Spaltautoklav, Destillation und Disperseur. Entnehmen Sie der Abbildung, welche Prozesse in den genannten Stationen ablaufen. Welche Funktion besitzt die Vakuumpumpe?
3. Vergleichen Sie die moderne Seifenproduktion mit der historischen Seifensynthese nach Art der Seifensieder. Welche Vorteile bieten die modernen Verfahren?

1. Beim Erhitzen von Fetten oder Ölen mit Lauge erfolgt eine Spaltung der Fette in Glycerin und die Anionen der am Aufbau des Fettes beteiligten Fettsäuren:

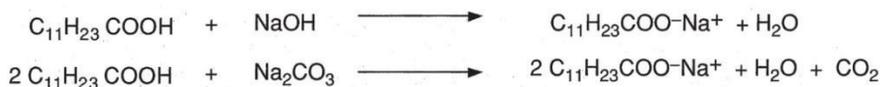


Die Verseifung mit Natronlauge führt zu festen Seifen, den **Kernseifen**, dagegen bilden sich mit Kalilauge die weicheren **Schmierseifen**.

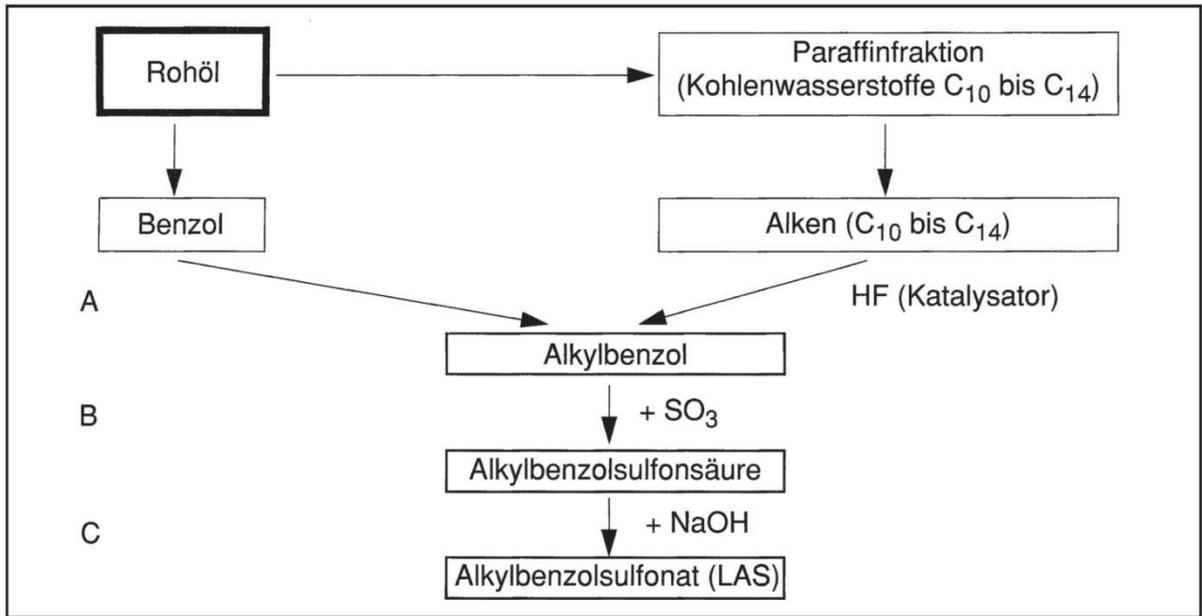
2. **Spaltautoklav:** Hydrolytische Spaltung der Fette in Fettsäuren und Glycerin durch überhitzten Wasserdampf. (Unter hohem Druck bei etwa 180 °C). Die **Destillation** der Fettsäure ist notwendig, um Verunreinigungen zu entfernen. Das Anlegen eines **Vakuums** ist erforderlich, um die hohen Siedetemperaturen der Fettsäuren herabzusetzen.



Disperseur: Neutralisation der Fettsäuren mit Soda oder Natronlauge.



3. Nach dem historischen Verfahren werden Fette oder Öle mit Natron- oder Kalilauge direkt verseift. Durch „Aussalzen“ mit konzentrierter Natriumchloridlösung scheidet sich die Seife nach beendeter Reaktion ab und kann von überschüssiger Lauge, Wasser und Glycerin abgetrennt werden. Die moderne großtechnische Seifensynthese verläuft in zwei Schritten. Zuerst werden die Fette und Öle hydrolytisch gespalten. Das Glycerin wird abgetrennt. Im zweiten Schritt findet eine Neutralisation der Säuren mit Natronlauge oder Soda statt (zur Herstellung von Schmierseife wird Kalilauge verwendet). In weiteren Verarbeitungsprozessen kann die Rohseife durch Zusätze, z.B. Duft- oder Farbstoffe, verfeinert und dem speziellen Verwendungszweck angepaßt werden. Vorteile: Es handelt sich um ein kontinuierliches Verfahren. Die Abtrennung des wertvollen Rohstoffes Glycerin ist wesentlich einfacher, die Reaktionsbedingungen lassen sich genauer kontrollieren und steuern.



Fließschema zur Synthese von linearen Alkylbenzolsulfonaten (LAS) aus Erdöl

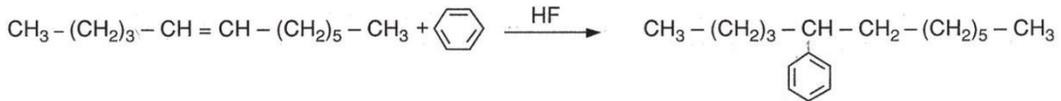
Im Fließschema sind die Reaktionsschritte, die zur Bildung von LAS führen, angedeutet. Bei der Herstellung von LAS spielen klassische Reaktionstypen der organischen Chemie eine wichtige Rolle.

Aufgaben:

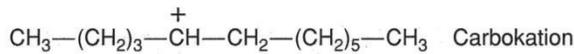
Auf der Kopiervorlage 2.12 „Formeln wichtiger Tenside: Aniontenside“ ist die allgemeine Formel von linearen Alkylbenzolsulfonaten (LAS) wiedergegeben. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen zu den Reaktionsschritten A bis C ausgehend von einem geradekettigen C12-Alken (Dodecen, $C_{12}H_{24}$), wobei die nachfolgenden Fragen der schrittweisen Erarbeitung der einzelnen Gleichungen dienen.

1. Was versteht man unter einer Friedel-Crafts-Alkylierung? Welche Rolle spielt der Katalysator Fluorwasserstoff?
2. Im Reaktionsschritt B findet eine Zweitsubstitution am Benzolring statt. Welchen Einfluss haben Erstsubstituenten auf die Zweitsubstitution? Wie kann man erklären, daß die Sulfonsäuregruppe ausschließlich in para-Stellung dirigiert wird?
3. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung zu Reaktionsschritt C.

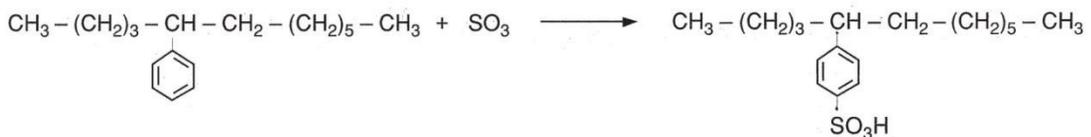
1. Die Friedel-Crafts-Alkylierung ist eine wichtige elektrophile Substitution an aromatischen Systemen. Sie ermöglicht es, Wasserstoffatome im Benzolring durch Alkylreste zu ersetzen. Als Alkylierungsreagenz kann entweder ein Halogenalkan oder ein Alken eingesetzt werden. Die Reaktion von Dodecen, $C_{12}H_{24}$, mit Benzol verläuft nach folgender Reaktionsgleichung:



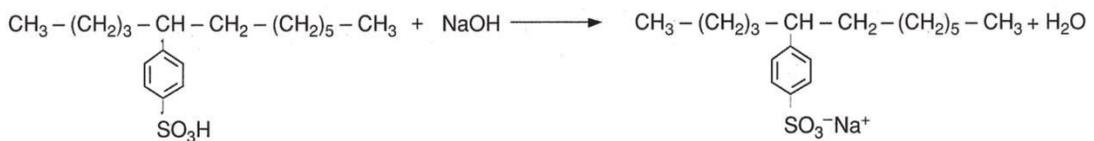
Anmerkung: Die obige Reaktionsgleichung ist ein exemplarisches Beispiel einer möglichen Reaktion. Dodecen besteht aus einer Anzahl isomerer Verbindungen, insgesamt 6, je nach Lage der Doppelbindung. Es ist daher die Bildung von insgesamt 6 isomeren Alkylbenzolen möglich. Als Katalysator findet Fluorwasserstoff (HF) Verwendung. Er reagiert mit dem Alken in einem vorgelagerten Reaktionsschritt unter Bildung eines Carbokations (auch Carbeniumion genannt). Diese Reaktion führt zur Bildung eines starken Elektrophils, welches nun am Benzolring angreifen kann.



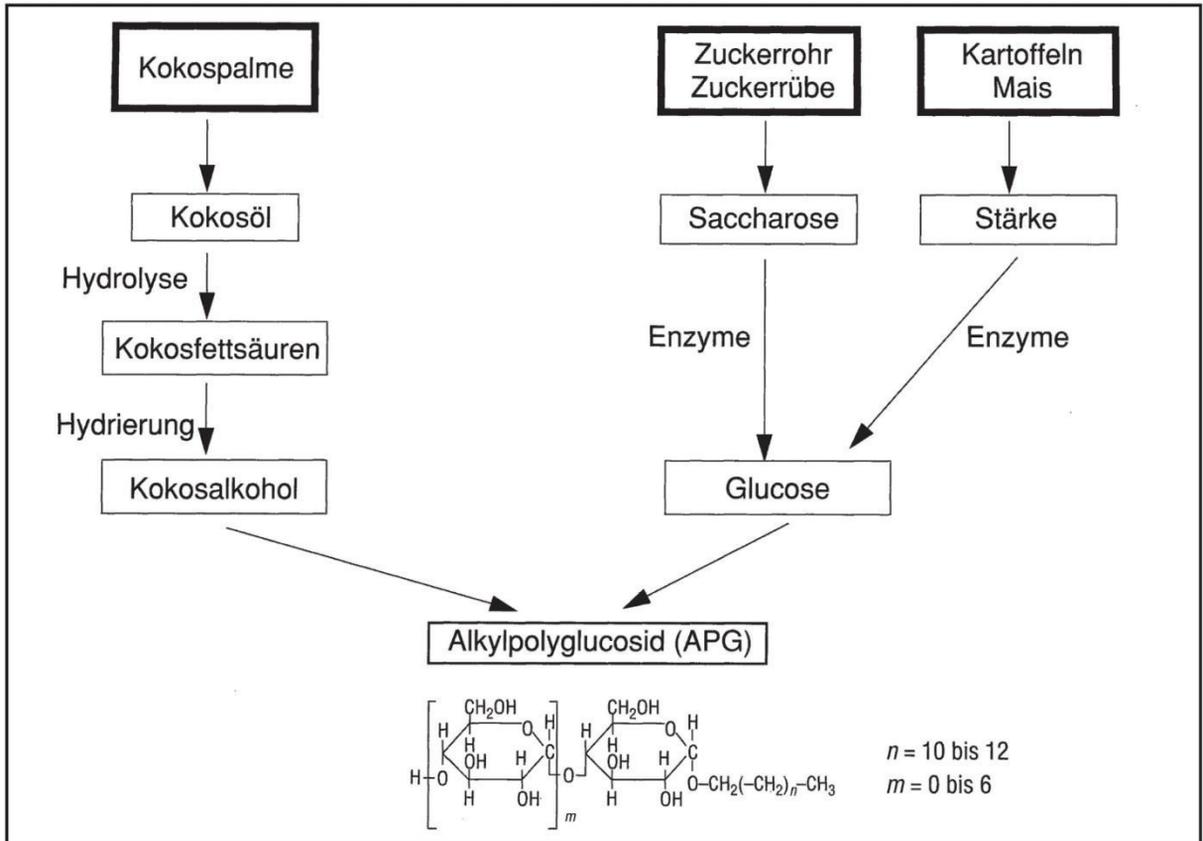
2. Schwefeltrioxid enthält aufgrund der drei stark elektronegativen Sauerstoffatome ein positiv polarisiertes Schwefelatom. Es ist genügend elektrophil, um direkt mit dem Benzolring zu reagieren.



3. Der langkettige Alkylrest gehört genau wie eine Methylgruppe ($-CH_3$) zu den Substituenten 1. Ordnung. Diese Substituenten dirigieren bevorzugt in ortho- und para-Stellung. Eine Reaktion in ortho-Stellung ist nicht möglich, wenn zwei räumlich ausgedehnte funktionelle Gruppen wie die Sulfonsäuregruppe und ein langkettiger Alkylrest miteinander reagieren. In diesem Fall bildet sich fast ausschließlich eine para-Alkylbenzolsulfonsäure.



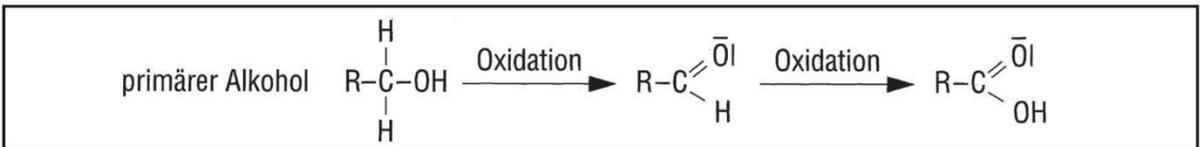
Anmerkung: Neben dem Salz, dem Alkylbenzolsulfonat, entsteht Wasser. Will man reines LAS erhalten, so muß dieses erst wieder abgetrennt werden. In der Technik geschieht dies nicht, sondern LAS kommt als etwa 60 %ige Lösung in den Handel. Bei der Herstellung von pulverförmigen Waschmitteln wird das überschüssige Wasser während des Produktions- und Mischprozesses entfernt.



Fließschema zur Synthese von Alkylpolyglucosiden (APG) aus nachwachsenden Rohstoffen

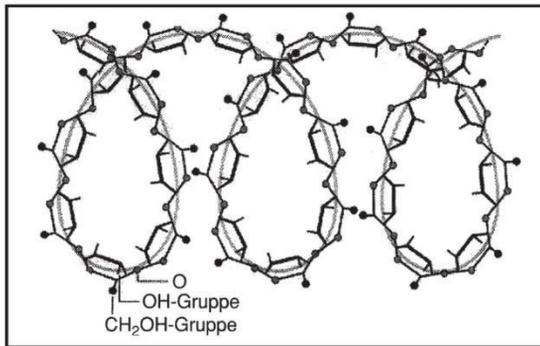
Aufgaben:

1. Beschreiben Sie den chemischen Aufbau von Stärke. Wie läßt sich Stärke in Glucose überführen?
2. Primäre Alkohole können zu Carbonsäuren oxidiert werden. Tragen Sie in die Tabelle die jeweiligen Oxidationszahlen des Kohlenstoffatoms ein. Nennen Sie geeignete Oxidationsmittel zur Durchführung der Oxidation von Alkoholen. Wie läßt sich die Reaktion umkehren, das heißt, wie können aus Carbonsäuren primäre Alkohole hergestellt werden?

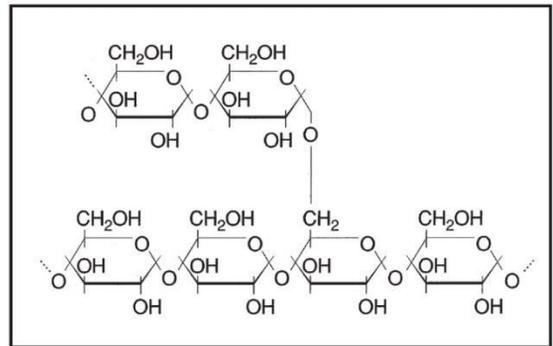


3. Nennen Sie Tenside, die überwiegend aus Rohöl bzw. überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden.

1. Stärke läßt sich durch Verhältnisformel $C_6H_{10}O_5$ beschreiben. Sie besteht aus Amylose und Amylopektin. Beide Stärkearten bestehen aus α -D-Glucose, unterscheiden sich jedoch in ihren Eigenschaften und ihrer Struktur. Amylose ist in warmem Wasser löslich, Amylopektin bleibt ungelöst. Amylose bildet lange Ketten von 100 bis 1400 Glucose-Einheiten, die ausschließlich über 1,4-glycosidische Bindungen verknüpft sind. Amylopektin besitzt zusätzlich noch Seitenketten von 15 bis 18 Glucoseeinheiten, die über eine 1,6-glycosidische Bindung mit dem Hauptstrang verbunden sind.



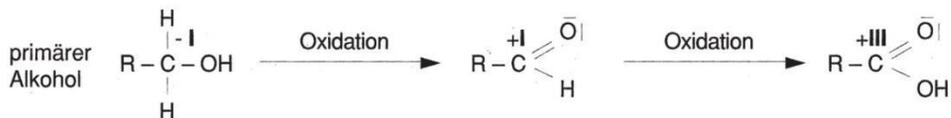
1 Ausschnitt aus einem Amylosemolekül



2 Verzweigungsstelle eine Amylopektinmoleküls

Stärke läßt sich durch hydrolytische Spaltung unter dem Einfluß von Säuren oder Enzymen (Amylasen) in Glucose überführen. Großtechnisch erfolgt die Spaltung durch Enzyme.

2.



Alkohole lassen sich mit Kupfer (II)-oxid (CuO) oder Kaliumchromat (K_2CrO_4) oxidieren. Zur Umkehrung dieser Reaktion benötigt man ein starkes Reduktionsmittel, geeignet ist elementarer Wasserstoff (Hydrierung). Aus Carbonsäuren lassen sich auf diese Weise primäre Alkohole herstellen, der Wasserstoff reagiert mit dem Sauerstoff der Carboxylgruppe zu Wasser.

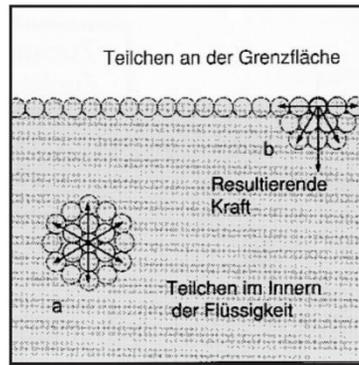
Anmerkung: Diese Reaktion verlangt in der Praxis recht drastische Bedingungen von etwa 260°C . Dabei entstehen viele unerwünschte Nebenprodukte. Schonender läßt sich die Hydrierung durchführen, wenn anstelle der freien Carbonsäuren die entsprechenden Methylster eingesetzt werden. Die technische Synthese von Fettalkoholen wird daher heute überwiegend aus Fettsäuremethylestern durchgeführt. C-C-Doppelbindungen werden ebenfalls hydriert, so dass sich nach der genannten Methode ausschließlich gesättigte Fettalkohole herstellen lassen.

3. **Überwiegend aus Erdöl:** Alkylbenzolsulfonate (LAS), sekundäre Alkansulfonate (SAS).

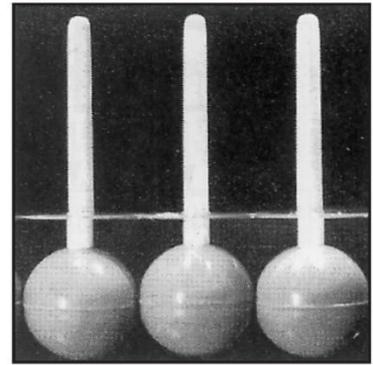
Überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen: Seife, Fettalkoholsulfate (FAS), Fettalkoholethersulfate (FES), Fettalkoholethoxylate (FAEO), Alkylpolyglucosid (APG), Alkylbetain.



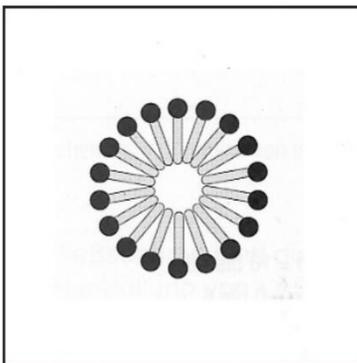
1 Wassertropfen auf hydrophobem Gewebe



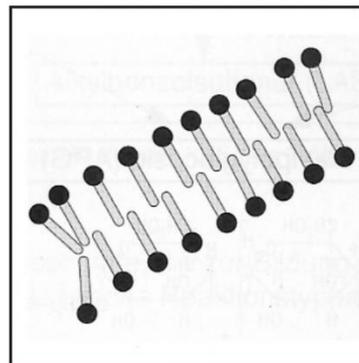
2 Wirkung zwischenmolekularer Kräfte im Inneren (a) und an der Oberfläche (b) einer Flüssigkeit



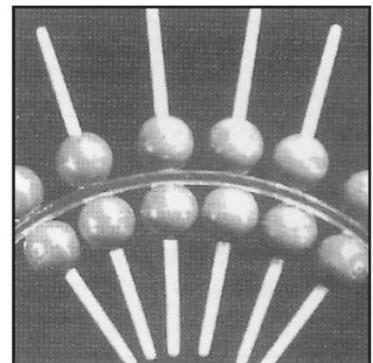
3 Modelle von Tensidanionen an der Wasseroberfläche



4 Eine Kugelmicelle



5 Eine Stabmicelle



6 Eine Tensidlamelle mit Modellen von Tensidanionen

| sehr geringe Tensidkonzentrationen | geringe bis mittlere Tensidkonzentrationen | mittlere bis hohe Tensidkonzentrationen |
|---|--|--|
| Bevorzugte Orientierung der Tensidionen bzw. -moleküle an der Oberfläche. Nur sehr wenig Tensidteilchen innerhalb der Lösung. | Die Oberfläche ist mit Tensidionen bzw. -molekülen gesättigt. Innerhalb der Lösung beginnt die Bildung von Micellen. | Die Oberfläche ist mit Tensidionen bzw. -molekülen gesättigt. Überwiegend Tensidteilchen innerhalb der Lösung in Form von Kugel- und Stabmicellen. |

7 Angaben zur Orientierung von Tensidmolekülen in wässriger Lösung

Aufgaben:

1. Kommentieren Sie die Abbildungen 1 und 2.
2. Gegeben sind die Oberflächenspannungen einiger Flüssigkeiten bei 20 °C: Quecksilber: 470 mN·m⁻¹; Wasser: 73 mN·m⁻¹; n-Hexan: 18 mN·m⁻¹; wässrige Seifenlösung: 26 mN·m⁻¹. Warum unterscheiden sich die Oberflächenspannungen von Quecksilber, Wasser und n-Hexan?
3. Begründen Sie die Herabsetzung der Oberflächenspannung des Wassers durch eine Tensidlösung (Abbildung 3).
4. Abbildung 4 zeigt eine Kugelmicelle, Abbildung 5 eine Stabmicelle. Erklären Sie mit Hilfe von Tabelle 7 den Begriff kritische Micellbildungskonzentration.
5. In Abbildung 6 ist eine Tensidlamelle mit Modellen dargestellt. Das Plexiglas stellt eine dünne Wasserschicht dar. Erklären Sie mit Hilfe von Abbildung 6, warum alle Tensidlösungen beim Schütteln stark schäumen.

1. Der Zusammenhalt der Flüssigkeit beruht auf den zwischen den Wassermolekülen wirkenden Anziehungskräften, den Kohäsionskräften. Ein Molekül im Inneren einer Flüssigkeit ist überall von Nachbarmolekülen umgeben. Die zwischen den Molekülen wirkenden Kräfte heben sich deshalb auf (a). Ein Molekül an der Oberfläche, der Grenzfläche zu Luft, ist dagegen nur an den Seiten und dem Inneren der Flüssigkeit von Nachbarmolekülen umgeben. Die anziehenden Kräfte heben sich deshalb nicht auf, sondern setzen sich zu einer resultierenden Kraft zusammen, die senkrecht zur Oberfläche in das Flüssigkeitsinnere gerichtet ist (b). Als Folge davon versucht jede Flüssigkeit, eine möglichst geringe Oberfläche einzunehmen, es entsteht die typische Tropfenform.
 2. Die Größe der Oberflächenspannung wird durch die Stärke der Kohäsionskräfte festgelegt. Zu diesen gehören: van-der-Waals-Kräfte, Dipolkräfte, Wasserstoffbrückenbindungen, metallische Bindungen. Die Kohäsionskräfte im Quecksilber sind wegen der metallischen Bindung sehr stark. Zwischen den Wassermolekülen herrschen ebenfalls, verursacht durch Wasserstoffbrückenbindungen, große Anziehungskräfte. Die Größe der van-der-Waals-Kraft steigt mit der Molekülgröße. Bei kleinen, unpolaren Molekülen wie n-Hexan mit einer molaren Masse unter $100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ist die Anziehungskraft der Moleküle untereinander wesentlich geringer als dies bei den anderen genannten Kohäsionskräften der Fall ist.
 3. Aufgrund ihrer besonderen Struktur (siehe Arbeitsblatt „Struktur der Tenside“) und der daraus resultierenden Grenzflächenaktivität halten sich Tensidionen (der anionischen, kationischen und amphoteren Tenside) und Tensidmoleküle (der nichtionischen Tenside) bevorzugt an der Wasseroberfläche auf. Der hydrophobe Teil ragt aus der Lösung, der hydrophile Anteil wird von einer Hydrathülle umgeben. Dadurch wird der starke Zusammenhalt der Wassermoleküle untereinander gestört. Die Oberflächenspannung wird herabgesetzt.
 4. Alle Tensidionen bzw. -moleküle, die an der Oberfläche keinen Platz finden, bilden in wässriger Lösung Micellen. Diese sind so strukturiert, daß der hydrophile Anteil der Tenside in Richtung wässrige Lösung ragt. Oberhalb der kritischen Micellbildungskonzentration (c.m.c.) kommt es zur Ausbildung der Micellen. Erkennbar ist dies durch den Tyndalleffekt.
- Anmerkung:** Micellen bestehen im Durchschnitt aus etwa 50 bis 1000 Tensidionen bzw. -molekülen, wobei nichtionische Tenside größere Micellen als ionische Tenside bilden. Diese Anordnung ist energetisch wesentlich günstiger als eine gleichmäßige molekulare Verteilung in der Lösung.
5. Tenside halten sich bevorzugt an Grenzflächen auf. Wird die Oberfläche des Wassers durch starke mechanische Bewegung vergrößert, so wird sie sofort von Tensidanionen belegt. Tenside begünstigen also die Ausbildung einer großen Oberfläche. Eine Schaumlamelle entsteht durch eine Tensiddoppelschicht. Eine dünne Wasserschicht wird dabei von beiden Seiten von einer Tensidschicht umgeben. Starke polare Anziehungskräfte zwischen den Wassermolekülen und dem hydrophilen Anteil der Tenside einerseits, van-der-Waals-Kräfte zwischen den unpolaren Tensidanteilen andererseits stabilisieren die Lamelle. Verdunstet die dünne Wasserschicht, so stoßen sich die gleichsinnig geladenen Tensidanionen ab, die Schaumblase platzt.

—>Vergl. auch Kopiervorlage 2.7

1. a) **Benetzen**

Benetzungsvermögen einer Tensidlösung: Tenside erniedrigen die Grenzflächenspannung des Wassers, so daß eine Tensidlösung leicht in das Gewebe eindringen und Schmutz und Faser benetzen kann.

b) **Ablösen**

Schmutzablösevermögen einer Tensidlösung: Schmutzteilchen und Faser werden von Tensidanionen umhüllt. Der hydrophobe Anteil der Tenside orientiert sich dabei in Richtung Schmutz bzw. Gewebe, der hydrophile Anteil ragt in Richtung wässrige Lösung. Durch die Belegung der Grenzflächen mit Tensidanionen wird der Schmutz von der Unterlage, der Faser, verdrängt.

c) **Zerteilen (Dispergieren, Emulgieren)**

Dispergier- und Emulgiervermögen einer Tensidlösung: Begünstigt durch mechanische Bewegung wird der Schmutz ganz vom Gewebe gelöst und in kleinere Partikel geteilt, die sofort von einer Tensidschicht umgeben und dadurch stabilisiert werden. Feste Bestandteile werden suspendiert, flüssige Bestandteile emulgiert.

Wichtige Enthärterssysteme im Wandel der Zeit

| bis 1960 | 1960 bis 1990 | 1990 bis heute |
|----------------------------------|--|--|
| Soda (Natriumcarbonat) | Phosphat (Pentanatriumtriphosphat) | Zeolith A oder wasserlösliche Silikate + Soda + Polycarboxylate |
| Na_2CO_3 | | $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ Zeolith A |

Wirksam gegen Calcium- und Magnesium-Ionen durch

| Fällenthärtung | Komplexbildung | Ionenaustausch |
|---|---|---|
| <p>Das Wasser wird durch Zusatz von Soda zum Waschwasser vor Zugabe der Wäsche enthärtet. Die dadurch verursachte Erhöhung des pH-Wertes erleichtert die Schmutzablösung, aber die wichtigste Funktion ist die Ausfällung des schwerlöslichen Calciumcarbonats.</p> <p>Beim anschließenden Waschen wird dadurch die Bildung von Kalkseifen verhindert. Dies verbessert die Reinigungswirkung der Seife erheblich. Beim Spülen werden die schwerlöslichen Carbonate ausgefällt, schlagen sich auf der Wäsche nieder und führen zu Verkrustungen.</p> | <p>Erdalkali-Ionen bilden mit starken Komplexbildnern wie dem mehrzähligen Liganden $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ im Stoffmengenverhältnis 1:1 stabile, wasserlösliche Komplexe.</p> <p>Calcium- und Magnesium-Ionen verändern durch die Komplexbildung ihre Eigenschaften grundlegend und können mit den anwesenden Carbonat- oder härteempfindlichen Tensid-Ionen keine schwerlöslichen Verbindungen mehr bilden.</p> | <p>Im Kristallgitter von Zeolith A befinden sich Natrium-Ionen, die in wässriger Lösung gegen unerwünschte Calcium-Ionen ausgetauscht werden können.</p> <p>Wirkungsweise von Enthärterssystemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zeolith A bindet Calcium- und Magnesium-Ionen - Polycarboxylate verzögern das Kristallwachstum von Kalkkristallen - Soda sorgt für einen alkalischen pH-Wert der Waschlauge |

Die Wasserhärte wird durch die Calcium- und Magnesium-Ionen im Wasser hervorgerufen. Diese bilden mit Carbonat-Ionen (CO_3^{2-}) die schwerlöslichen Salze Calciumcarbonat (Kalk, CaCO_3) und Magnesiumcarbonat (MgCO_3), die beim Waschen störend wirken, weil sie sich auf den Textilien und den Heizstäben der Waschmaschine ablagern können.

Man bezeichnet Wasser mit hohem Gehalt an Calcium- und Magnesium-Ionen als hart, solches mit geringem Gehalt daran als weich. Die zahlenmäßige Festlegung geschieht in Form von Härtegraden (Grad deutsche Härte °d).

Wasserhärtebereiche gemäß Wasch- und Reinigungsmittelgesetz v. 29.04.2007:

| Härtebereich | Beschreibung |
|--------------|--|
| Weich | Weniger 1,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht bis 8,4 Grad deutscher Härte - °dH) |
| Mittel | 1,5 bis 2,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht 8,4 bis 14 °dH) |
| Hart | Mehr als 2,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht mehr als 14 °dH) |

Die Kenntnis der Wasserhärte im eigenen Haushalt ist notwendig, um das Waschmittel in der Waschmaschine richtig dosieren zu können!

Die Wasserhärte wird einmal im Jahr allen Haushalten bekannt gegeben (meist als Bestandteil der Wasserjahresabrechnung). Sie kann bei den örtlichen Wasserwerken jederzeit erfragt werden.

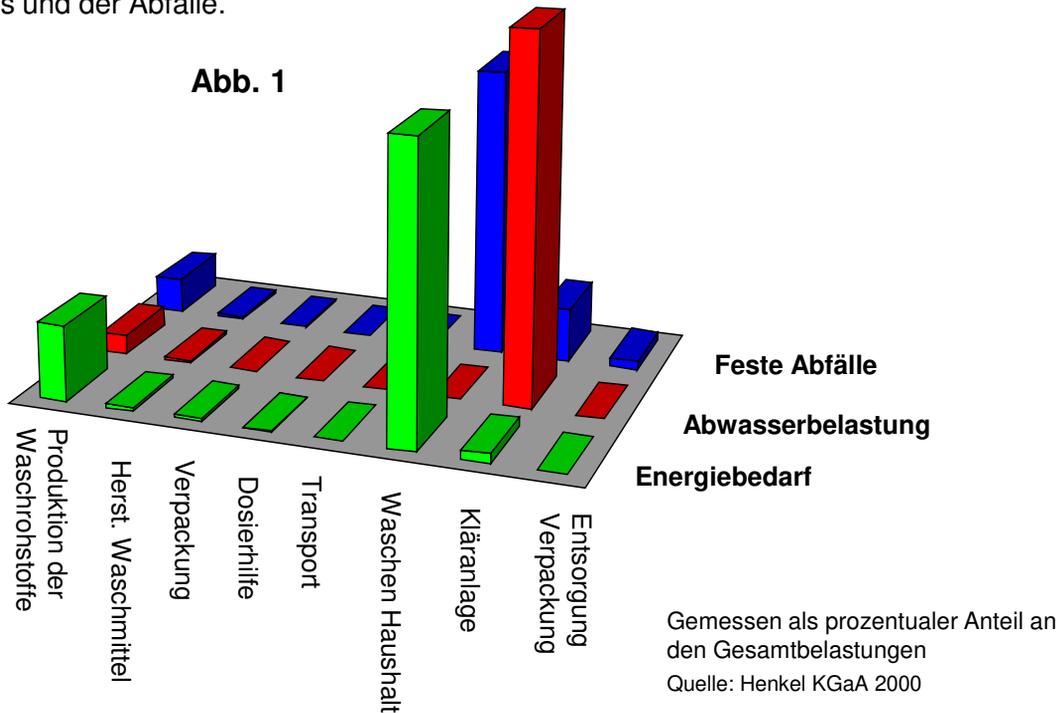
Früher, bei der Wäsche im Waschkessel, benutzte man zum Waschen möglichst Regenwasser oder Wasser aus Flüssen und Seen. Dies war lange Zeit die einzige Möglichkeit, weiches Wasser zu bekommen. Später benutzte man Soda zur Enthärtung.

Modernere Waschmittel enthielten bis Anfang der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts Phosphat als Wasserenthärter. Phosphat kann, wenn es in größeren Mengen in die Oberflächengewässer gelangt, zur Überdüngung der Gewässer führen. Wegen dieser umweltschädlichen Wirkung ist es heute weltweit in den allermeisten Ländern durch ein phosphatfreies Enthärterssystem aus Zeolith A, Polycarboxylaten und Soda ersetzt worden. Anstelle von Zeolith A werden seit 2002 auch wasserlösliche Silikate eingesetzt.

Aufgaben

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Fällenthärtung mit Soda.
2. Warum bilden Calcium- und Magnesium-Ionen besonders stabile Komplexe mit Pentanatriumtriphosphat?
3. Stellen Sie Vor und Nachteile der drei Enthärterssysteme zusammen.

Abb. 1 veranschaulicht als Ergebnis einer Ökobilanz die Umweltauswirkungen durch das Wäschewaschen im Haushalt (Energiebedarf, Abwasserbelastung, Abfälle) bezogen auf den gesamten Lebensweg des Waschmittels: Entnahme der Rohstoffe aus der Natur und Produktion der Waschrohstoffe, Herstellung des Waschmittels durch Mischen und Verarbeiten der Rohstoffe, Herstellung der Verpackung und der Dosierhilfe, Waschen im Haushalt und Entsorgung des Waschmittels und der Abfälle.



Die **Abwasserbelastungen** werden zu über 90% durch die Waschmittelinhaltsstoffe im häuslichen Abwasser verursacht. Demgegenüber sind die Abwasserbelastungen bei der Produktion der Waschrohstoffe und der Herstellung des Waschmittels gering. Wie viel davon in die **Umwelt** gelangt, hängt ab vom Stand der Abwasserreinigung (Qualität der Kläranlagen).

Bei den **festen Abfällen** fällt der größte Teil (über 70%) nur indirekt durch das Waschen im Haushalt an, es sind Schlacken und Filterstäube, die im Kraftwerk anfallen. Weitere Abfälle werden bei der Klärschlamm Entsorgung gebildet. Demgegenüber fällt der Abfall im Haushalt durch die leere Waschmittelpackung mit wenigen % kaum ins Gewicht.

Aufgaben:

1. Erläutere die einzelnen Stationen einer Ökobilanz des Waschens mit eigenen Worten.
2. An welchen Stellen des Lebensweges eines Waschmittels (Herstellung, Gebrauch, Entsorgung) treten die Hauptbelastungen für die Umwelt auf?
3. Was können die Verbraucher tun, um die Abwasserbelastungen und Abfälle durch das Wäschewaschen zu verringern? Stelle Tipps zum umweltverträglichen Waschen zusammen.
4. Literaturarbeit: Nenne Inhaltsstoffe von Waschmitteln, die für die Abwasserbelastung von besonderer Bedeutung sind. Ziehe dazu ein Schulbuch oder weitere Informationen aus dem Internet zu Rate.

Aufgabe 1

A Produktion der Waschrohstoffe: Aus unterschiedlichen Rohstoffquellen (mineralische Rohstoffe, Erdöl, nachwachsende Rohstoffe) werden die verschiedenen Waschrohstoffe produziert. Dazu gehören Tenside, Gerüststoffe, Bleichmittel, Enzyme und die weiteren Inhaltsstoffe der Waschmittel.

B Herstellung Waschmittel: Waschmittelproduzenten kaufen die verschiedenen Waschrohstoffe ein. Nur von den großen Firmen werden die Waschrohstoffe zum Teil im eigenen Werk produziert. Aus den Waschrohstoffen wird durch verschiedene Mischungsprozesse und weitere Verarbeitungsschritte das fertige Waschmittel produziert und in die Waschmittelverpackung abgefüllt.

C Verpackung: Die Waschmittelverpackung wird in papier- bzw. kunststoffverarbeitenden Betrieben hergestellt.

D Dosierhilfe: Die Produktion der Dosierhilfe geschieht in kunststoffverarbeitenden Betrieben.

E Transport: Die verschiedenen Rohstoffe müssen zu den Waschrohstoffproduzenten transportiert werden. Von dort gelangen die Waschrohstoffe dann zur Waschmittelproduktionsanlage. Das fertige Waschmittel wird zu den Großhändlern und anschließend zum Einzelhandel transportiert.

Die Transporte werden hauptsächlich über die Straße und die Schiene abgewickelt, die Rohstoffe zum Teil auch auf dem Seeweg transportiert.

F Waschen im Haushalt: Zum Waschen im Haushalt wird Waschmittel, Wasser und Energie benötigt. Evtl. kommen noch ein Wäscheweichspülmittel oder andere Waschhilfsmittel hinzu. Je nach dem benutzten Waschmitteltyp (herkömmlich oder kompakt) und dem gewählten Waschprogramm sind Energieaufwand und Abwasserbelastungen unterschiedlich. Die Energie wird im Wesentlichen für das Aufheizen des Waschwassers benötigt. Wird ein Wäschetrockner verwendet, so steigt der Energiebedarf für das Waschen deutlich an.

G Kläranlage: Waschmittel und der Wäscheschmutz gelangen nach dem Waschen bestimmungsgemäß ins Abwasser und von dort in die Kläranlage. Die organisch-chemische Abwasserbelastung kann summarisch als chemischer Sauerstoffbedarf CSB, biochemischer Sauerstoffbedarf BSB oder Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) bestimmt werden, die anorganisch-chemische Abwasserbelastung z. B. in Form der Leitfähigkeit oder des Abdampfdruckstandes (Gesamtsalzgehalt). (In Arbeitsblatt 16 wird die summarische Abwasserbelastung in Form des CSB angegeben.)

Die Abwasserbelastungen durch das Waschen und Reinigen im Haushalt sind erheblich, doch kann in modernen Kläranlagen der überwiegende Teil der Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln entweder weitgehend vollständig biologisch abgebaut werden (z. B. die Tenside) oder über den Klärschlamm entfernt werden (z. B. Zeolith A). Ein Teil der Inhaltsstoffe, z. B. leichtlösliche Salze, gelangt in die Oberflächengewässer.

Feste Abfälle entstehen in der Kläranlage durch den Klärschlamm, der anschließend entweder deponiert oder verbrannt wird oder, wenn die Höchstgrenzen an Schadstoffen gemäß Klärschlammverordnung nicht überschritten werden, auch als Dünger für landwirtschaftlich genutzte Felder genutzt werden kann.

H Entsorgung Verpackung: Fester Abfall fällt im Haushalt durch die Waschmittelverpackung an, der entweder gesammelt und weiterverwertet werden kann („Grüner Punkt“) oder in Müllverbrennungsanlagen verbrannt wird. Im letzteren Fall kann die dabei freiwerdende Heizenergie genutzt werden.

Aufgabe 2

Die Hauptumweltbelastungen durch das Waschen treten im Haushalt auf. Der Verbraucher hat somit eine zentrale Verantwortung. Er kann durch seine Waschgewohnheiten die Höhe der Umweltbelastungen durch das Waschen maßgeblich beeinflussen.

Daneben treten größere Abwasser- und Abfallmengen bei der Produktion der Waschrohstoffe auf. In den anderen Bereichen (Verpackung, Dosierhilfe, Transport, Kläranlage, Entsorgung, Verpackung) sind die auftretenden Umweltbelastungen demgegenüber gering.

Aufgabe 3

Waschmittel gemäß Verpackungsanleitung dosieren.

Niedrige Waschttemperaturen wählen. Auf Kochwaschgang und Vorwäsche grundsätzlich verzichten.

Die Waschmaschine voll befüllen.

Stark verschmutzte Wäsche vorbehandeln.

Aufgabe 4

Beispiele für ökologische Auswirkungen von Waschmittelinhaltsstoffen:

| | |
|--------------------------------|---|
| Tenside | hohe Giftigkeit für Gewässerorganismen |
| Polycarboxylate | fehlende biologische Abbaubarkeit |
| Phosphonate | fehlende biologische Abbaubarkeit |
| Natriumcarbonat, Natriumsulfat | Beitrag zur Salzfracht der Gewässer |
| Duftstoffe | teilweise fehlende biologische Abbaubarkeit |

Erläuterungen:

Für das Waschen wird ein erheblicher **Energiebedarfs** benötigt. In Deutschland sind das ca. **6 Mrd. kWh/Jahr** für das Waschen und ca. **5 Mrd. kWh/Jahr** für das Trocknen und Bügeln der Wäsche. Proportional zum Energiebedarf entstehen CO₂-Emissionen, die den Treibhauseffekt verstärken.

Abb. 1

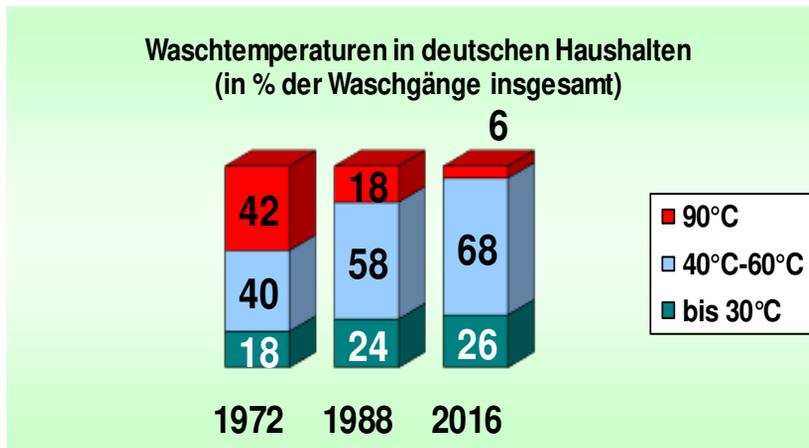
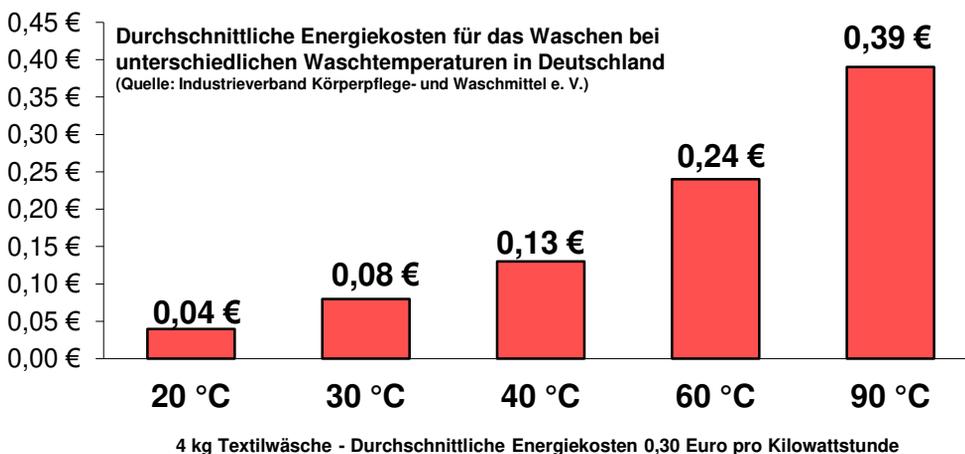


Abb. 2



Aufgaben:

- Der Anteil der Kochwäsche (90°C) ist seit 1972 stark zurückgegangen (**Abb. 1**). Welche Gründe könnten dafür maßgeblich sein?
- Bei der Erzeugung von 1 kWh elektrischer Energie werden durchschnittlich 527 g Kohlenstoffdioxid CO₂ in die Luft emittiert (Stand 2017). Wie viel Tonnen CO₂ könnten jährlich eingespart werden, wenn der Energiebedarf für das Waschen um 5% sinkt?
- Stelle Tipps für die Verbraucher zusammen, wie der Energiebedarf beim Waschen verringert werden könnte. Nimm dabei auch Bezug zu Abb. 2.
- Welche Probleme können entstehen, wenn die Wäsche ausschließlich bei niedrigen Temperaturen (20 °C oder 30°C) gewaschen wird?
- Frage zu Hause nach, bei welchen Temperaturen in eurem Haushalt überwiegend die Wäsche gewaschen wird? Wird noch eine Kochwäsche durchgeführt?

Aufgabe 1

Energieeinsparungen sind sowohl aus ökologischer (Umweltbelastungen, Auswirkungen auf das Weltklima) als auch aus ökonomischer Sicht (gestiegene Energiekosten) ein zentrales Anliegen in allen Bereichen unserer Gesellschaft geworden.

Das betrifft auch das Waschen. Moderne Waschmittel sind deshalb in den letzten Jahren deutlich leistungsstärker bei niedrigeren Waschttemperaturen (20 °C, 30 °C und 40 °C) geworden. Oberhalb von 65 °C werden die für die Waschleistung wichtigen Enzyme unwirksam. Der Kochwaschgang ist dadurch völlig überflüssig geworden.

Aufgabe 2

Bei rund 6 Mrd. kWh Gesamtenergiebedarf für das Waschen lassen sich bei einer Reduktion um 5% ca. 300 Millionen kWh jährlich einsparen. Umgerechnet sind dies 158.000 t CO₂.

Aufgabe 3

Aktivitäten, die die Umweltbelastungen durch das Waschen verringern, führen auch zu einer Verringerung des Energiebedarfes. Entweder direkt durch Einsparungen elektrischer Energie im Haushalt, oder indirekt, indem weniger Waschmittel verbraucht werden:

Waschmittel gemäß Verpackungsanleitung dosieren.

Niedrige Waschttemperaturen wählen. Auf Kochwaschgang und Vorwäsche grundsätzlich verzichten.

Die Waschmaschine voll befüllen.

Stark verschmutzte Wäsche vorbehandeln.

Weitere Waschtipps finden Sie im Internet unter www.forum-waschen.de.

Aufgabe 4

Beim ausschließlichen Waschen bei 30 °C werden Mikroorganismen nicht ausreichend abgetötet (s. auch Kopiervorlage 10.7 „Hygiene beim Waschen“). Geschieht dies über einen längeren Zeitraum, so können sich Bakterien und Pilze in der Waschmaschine vermehren und dort zu hygienischen Problemen und Geruchsbelästigungen führen.

Aufgabe 5

Offene Aufgabe ohne Musterlösung.