



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: 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	<b>Schweißrückstände, Speisereste, Urin</b>
Fette/Öle	5 – 10	<b>Hautfett, Mineralöl, Speisen, Kosmetika</b>
Eiweiße	20 – 25	<b>Hautschuppen, Blut, Ei, Kakao, Milch</b>
Kohlenhydrate	ca. 20	<b>Stärke, Cellulose</b>
Farbstoffe	stark wechselnd	<b>Rotwein, Obst, Gras, Tee, Kaffee</b>
Pigmente	25 – 30	<b>Straßenstaub, Ruß, Asche, Erde</b>

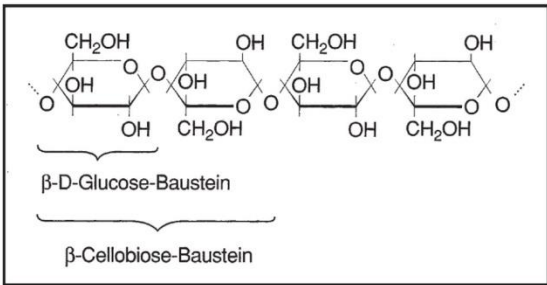
Für die Entfernung des Schmutzes von der Faser ist es wichtig zu wissen, ob der Schmutz einen hydrophilen oder hydrophoben Charakter hat. Nur ein geringer Teil des Schmutzes ist wasserlöslich. Aufgrund des extrem unterschiedlichen Charakters der Schmutzbestandteile enthalten moderne Waschmittel immer 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

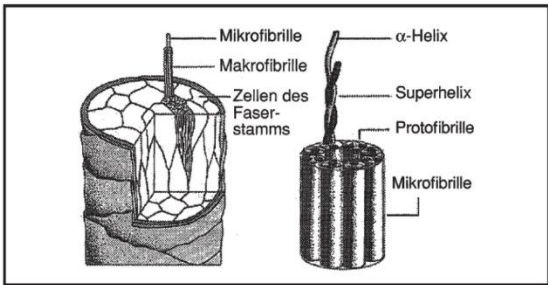
1. Die Baumwollfaser ist korkenzieherartig gedreht und hat eine mehr oder weniger raue Oberfläche. Wolle hat eine stark geschuppte Oberfläche und ist je nach Feinheit unterschiedlich stark gekräuselt. Polyamid und Viskose besitzen relativ glatte Oberflächen. Die Beschaffenheit der synthetischen Fasern 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.

2. **Naturfasern:** ***Pflanzliche Herkunft:*** Baumwolle, Leinen, Ramie, Hanf, Kokos.  
***Tierische Herkunft:*** Schafwolle, Angorawolle, Kaschmirhaar, Seide.  
**Chemiefasern:** ***Cellulosefasern:*** Viskose, Cupro, Acetat.  
***Synthesefasern:*** Polyester, Polyamid, Polyacryl, Polyurethan.

3. Baumwolle ist eine Pflanzenfaser, die nahezu aus reiner Cellulose besteht. Cellulose ist ein Polysaccharid, das aus D-Glucoseeinheiten aufgebaut ist, die über  $\beta$ -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 ( $\alpha$ -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
<b>Vollwaschmittel Pulver oder Tabs</b>	Für weiße und stark verschmutzte Textilien. Wirkt keimtötend und geruchstilgend.	+	+		+	+	+	+	
<b>Colorwaschmittel Pulver oder Tabs</b>	Für farbige Textilien, weil ohne Bleichmittel und Optische Aufheller. Nicht für Wolle geeignet.	+	+		+		+		+
<b>Vollwaschmittel flüssig</b>	Für weiße Textilien. Nicht für Wolle geeignet. Weniger geeignet bei farbbintensiven, bleichbaren Flecken. Flüssigwaschmittel leistungsstark bei fetthaltigen Verschmutzungen.	+	+				+	+	
<b>Colorwaschmittel flüssig</b>	Für farbige Textilien, weil ohne Bleichmittel und Optische Aufheller. Nicht für Wolle geeignet.	+	+				+		+
<b>Feinwaschmittel Pulver oder flüssig</b>	Für alles leicht Verschmutzte und Feine.	+	+		+		+		
<b>Wollwaschmittel</b>	Für Wolle und Seide, weil pH-neutral und faserschonend.	+	+						
<b>Weichspüler</b>	Nachhandlungsmittel zum Weichspülen der Wäsche.			+					

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

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 Waschtemperaturen.
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	<b>Proteasen</b> zum Beseitigen von eiweißhaltigem Schmutz; <b>Amylasen</b> zum Entfernen von stärkehaltigen Anschmutzungen; <b>Lipasen</b> zum Spalten natürlicher Fette; <b>Cellulasen</b> 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.



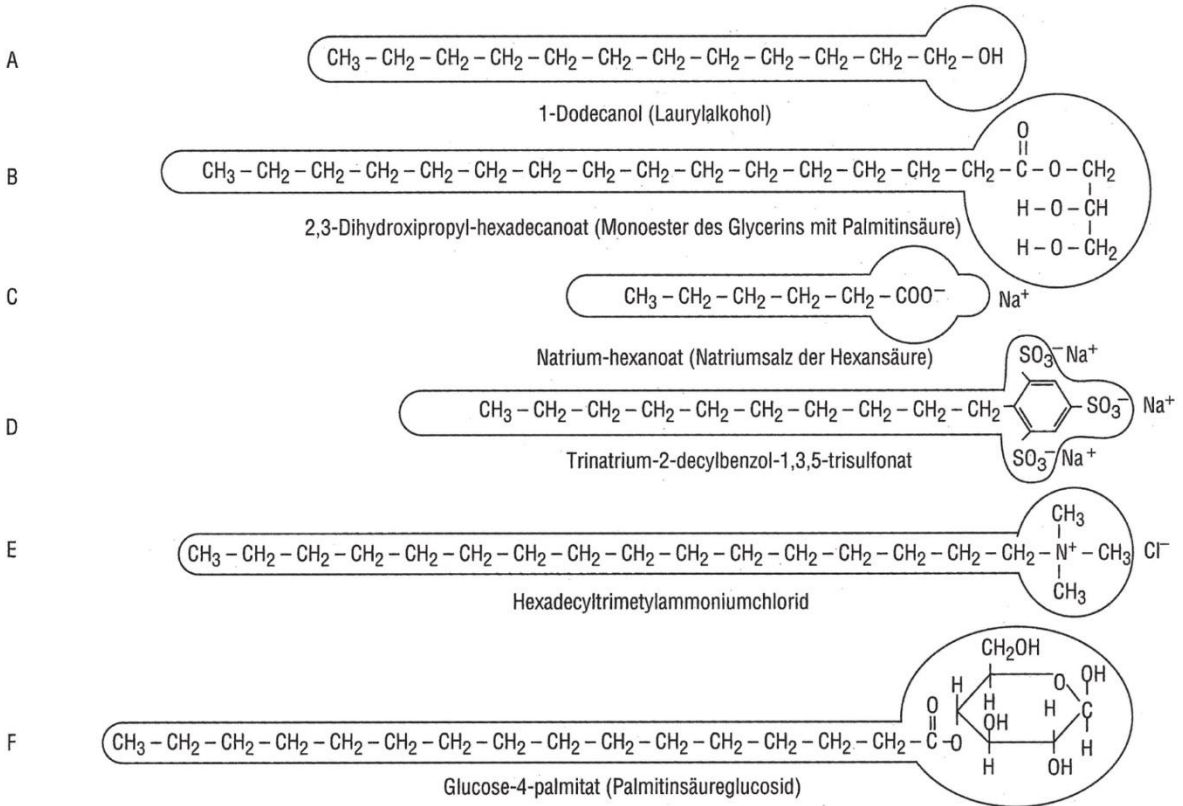
1. Das der Seife zugrundeliegende Strukturprinzip ist allen Tensiden gemeinsam: Die Teilchen besitzen sowohl ein polares als auch ein unpolares Ende. Der polare Teil bestimmt die Zuordnung zur Tensidart: Bei den anionischen Tensiden endet das Teilchen mit einer negativ geladenen Gruppe, bei den kationischen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



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.

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.  $\beta$ -Amyrin). Auch eine Ähnlichkeit mit den Steroidderivaten, zu diesen gehören Cholesterol, männliche und weibliche Sexualhormone und die Hormone der Nebennierenrinde, ist zu erkennen.

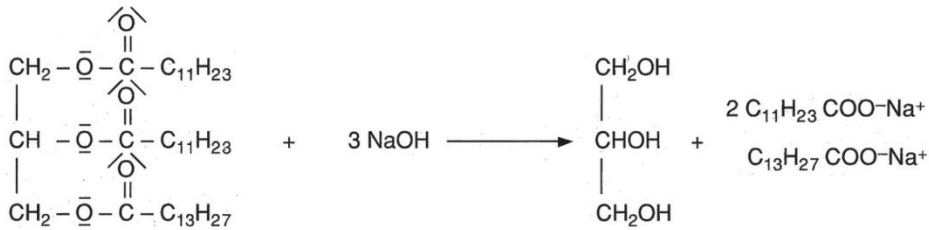
**Anmerkung:** Die Ähnlichkeit mit körpereigenen Substanzen darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß Äscin aufgrund seiner Grenzflächenaktivität wie alle Tenside stark toxisch auf Gewässerorganismen wirkt. Bekannt ist bei Saponinen weiterhin eine starke hämolytische Wirkung.

3. Ein modernes Waschmittel muß folgende Forderungen erfüllen:

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

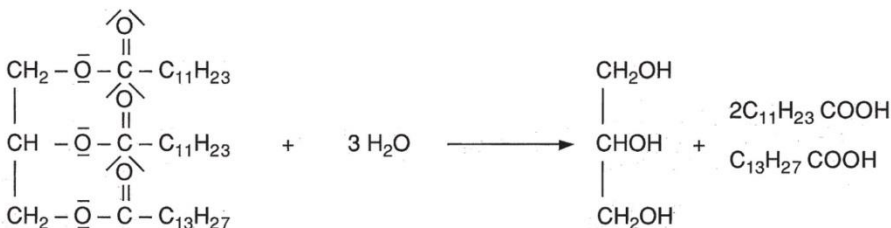
Diese Grundvoraussetzungen werden von Rosskastanien nicht erbracht.

1. 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:

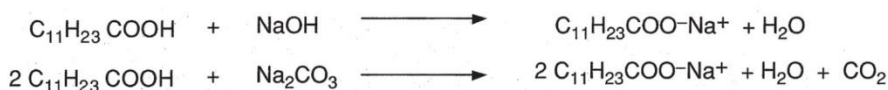


Die Verseifung mit Natronlauge führt zu festen Seifen, den **Kernseifen**, dagegen bilden sich mit Kalilauge die weicheren **Schmierseifen**.

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.



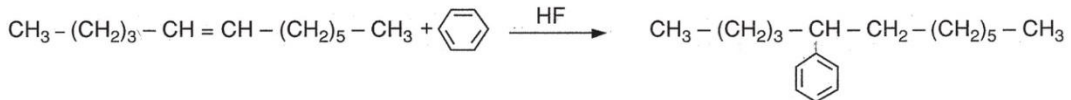
**Disperseur**: Neutralisation der Fettsäuren mit Soda oder Natronlauge.



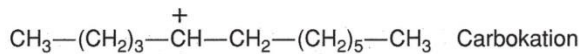
3. Nach dem historischen Verfahren werden Fette oder Öle mit Natron- oder Kalilauge direkt verseift. Durch „Aussalzen“ mit konzentrierter Natriumchloridlösung scheidet sich die Seife nach beendeter Reaktion ab und kann von überschüssiger Lauge, Wasser und Glycerin abgetrennt werden. Die moderne großtechnische 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.



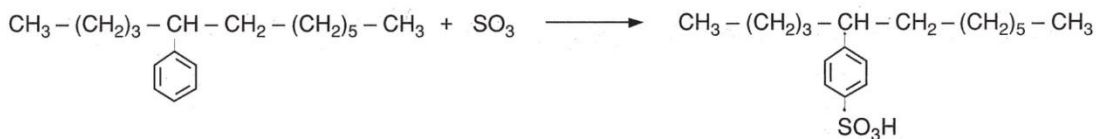
1. Die Friedel-Crafts-Alkylierung ist eine wichtige elektrophile Substitution an aromatischen Systemen. Sie ermöglicht es, Wasserstoffatome im Benzolring durch Alkylreste zu ersetzen. Als Alkylierungsreagenz kann entweder ein Halogenalkan oder ein Alken eingesetzt werden. Die Reaktion von Dodecen,  $C_{12}H_{24}$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



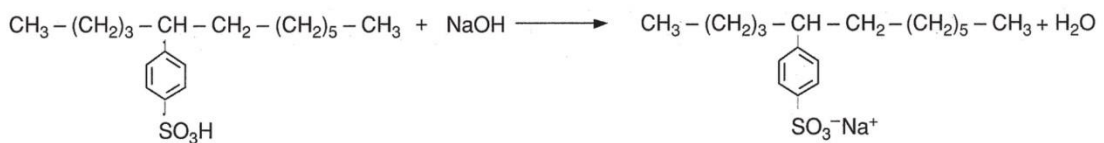
**Anmerkung:** Die obige Reaktionsgleichung ist ein exemplarisches Beispiel einer möglichen Reaktion. Dodecen besteht aus einer Anzahl isomerer Verbindungen, insgesamt 6, je nach Lage der Doppelbindung. Es ist daher die Bildung von insgesamt 6 isomeren Alkylbenzolen möglich. Als Katalysator findet Fluorwasserstoff (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.



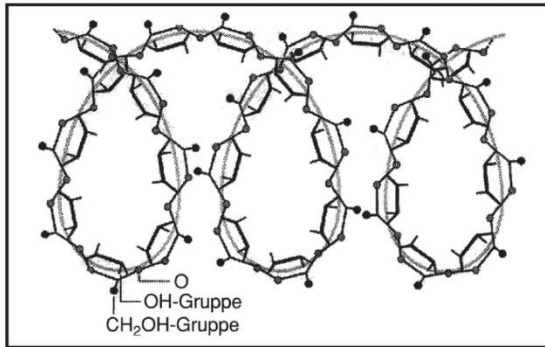
3. Der langkettige Alkylrest gehört genau wie eine Methylgruppe ( $-CH_3$ ) zu den Substituenten 1. Ordnung. Diese Substituenten dirigieren bevorzugt in ortho- und para-Stellung. Eine Reaktion in ortho-Stellung ist nicht möglich, wenn zwei räumlich ausgedehnte funktionelle Gruppen wie die Sulfonsäuregruppe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



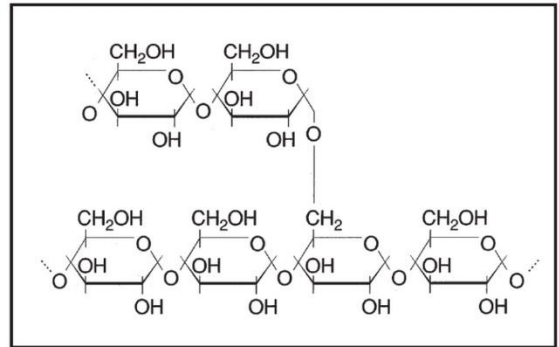
**Anmerkung:** Neben dem Salz, dem Alkylbenzolsulfonat, entsteht Wasser. Will man reines LAS erhalten, so muß dieses erst wieder abgetrennt werden. In der Technik geschieht dies nicht, sondern LAS kommt als etwa 60 %ige Lösung in den Handel. Bei der Herstellung von pulverförmigen Waschmitteln wird das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



1. Stärke läßt sich durch Verhältnisformel  $C_6H_{10}O_5$  beschreiben. Sie besteht aus Amylose und Amylopektin. Beide Stärkearten bestehen aus  $\alpha$ -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.



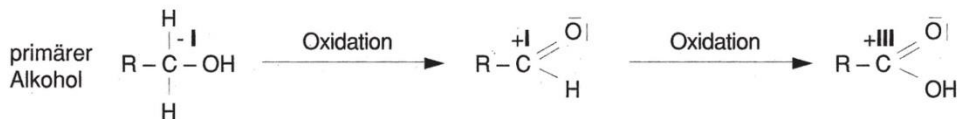
1 Ausschnitt aus einem Amylosemolekül



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 ( $\text{CuO}$ ) oder Kaliumchromat ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) 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  $260^\circ\text{C}$ . 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. 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.

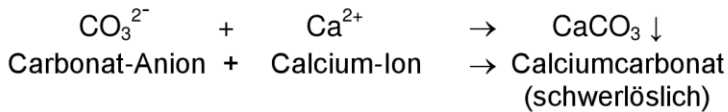
**c) Zerteilen (Dispergieren, Emulgieren)**

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.



## Aufgaben

### 1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Fällenthärtung mit Soda.



### 2. Warum bilden Calcium- und Magnesium-Ionen besonders stabile Komplexe mit Pentanatriumtriphosphat?

Liganden, die über mehrere Atome mit demselben Zentralatom verbunden sind, bezeichnet man als „mehrzählige“ Liganden. Derartige Liganden können Chelatkomplexe ausbilden. In Chelatkomplexen bilden die Liganden ringähnliche Strukturen mit dem Zentralatom aus. Chelatkomplexe sind deshalb besonders stabil. Pentanatriumtriphosphat kann mit Calcium- und Magnesium-Ionen einen Chelatkomplex bilden.

### 3. Stellen Sie Vor und Nachteile der drei Enthärterssysteme zusammen

Soda allein ist in Waschmaschinen als Wasserenthärter grundsätzlich ungeeignet, weil es schwerlösliches Calciumcarbonat bildet, das zu Verkrustungen auf der Wäsche und in der Waschmaschine führt.

Pentanatriumtriphosphat hat als Wasserenthärter in Waschmitteln eine sehr gute Wirkungsweise. Es wird in Deutschland (und vielen weiteren Ländern) in Waschmitteln seit Anfang der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts nicht mehr eingesetzt aufgrund negativer Umwelteigenschaften. Phosphate führen zur Überdüngung von Gewässern.

Zeolith allein ist kein ausreichender Wasserenthärter. In Kombination mit Polycarboxylaten und Soda ist es in der Wirksamkeit mit Phosphaten vergleichbar. Enthärterssysteme auf Zeolith- oder Silikatbasis sind wesentlich umweltverträglicher als Phosphate.



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

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