

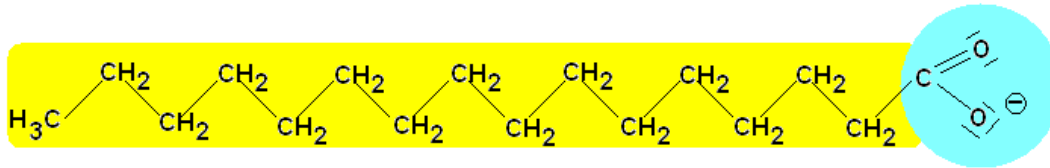
# Chemie der Waschmittel

## 1. Die Waschwirkung des Seifenanions

### 1.1. Herabsetzen der Oberflächenspannung

#### 1.1.1. Wie sieht das Seifenanion aus?

Bau des Seifenanions<sup>1</sup>:



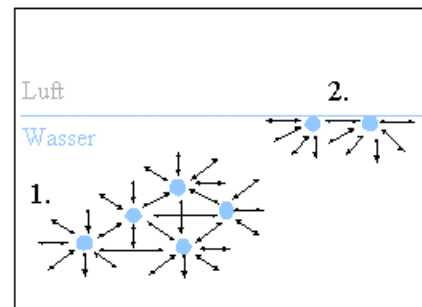
**lipophiler** (hydrophober)  
Alkylrest mit Affinität zu  
unpolaren Gruppen

**hydrophiler** Bereich  
durch Ladung und Polarität  
der Carboxylat-Gruppe

#### 1.1.2. Was versteht man unter Oberflächenspannung?

- „Grenzflächenspannungen treten überall dort auf, wo zwei Phasen oder Systeme mit unterschiedlichem Aggregatzustand aufeinanderstoßen. Die Grenzflächenspannung Wasser / Luft nennt man Oberflächenspannung.“<sup>2</sup>
- Die Oberfläche einer Flüssigkeit tendiert dazu, sich so zu verhalten, als ob sie von einer „Haut“ überzogen wäre.<sup>3</sup>

**Die Oberflächenspannung**<sup>4</sup> entsteht an der Grenze von Wasser und Luft, da zwischen polaren Wassermolekülen starke Anziehungskräfte, die Wasserstoffbrücken, wirken. Wassermoleküle ziehen sich aufgrund ihrer partiellen Polarität gegenseitig stark an (1). Nach oben schließt die Luft an. Auf jedes an der Oberfläche befindliche Wassermolekül wirkt daher eine **ins Innere** der Flüssigkeit gerichtete Kraft, die versucht, ins Innere zu ziehen. (2) Infolgedessen bildet die Flüssigkeit eine möglichst kleine Oberfläche, die sich wie eine **straff gespannte, aber dehnbare Haut** verhält. Ein einzelner Flüssigkeitstropfen nimmt wegen der **Oberflächenspannung** die Form mit der kleinsten Oberfläche an, gewöhnlich eine Kugel- oder Tropfenform.<sup>5</sup>



#### 1.1.3. Wie wirkt das Seifenanion auf die Oberflächenspannung?

Die Waschwirkung der Seife beruht auf

- Netz kraft (Herabsetzung der Oberflächenspannung)

<sup>1</sup> [www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm](http://www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm)

<sup>2</sup> [www.zum.de/Fächer/Ch/RP/wmgloss.htm](http://www.zum.de/Fächer/Ch/RP/wmgloss.htm)

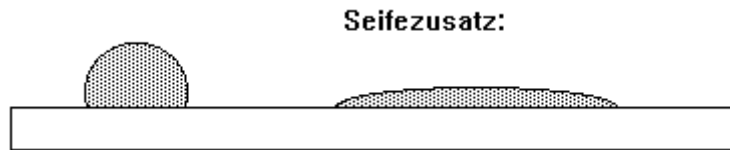
<sup>3</sup> [www.goldnetz-berlin.de/chemiepr/textdoku/was-span.htm](http://www.goldnetz-berlin.de/chemiepr/textdoku/was-span.htm)

<sup>4</sup> <http://ac16.uni-paderborn.de/studienarbeiten/aulig/themen/oberflaechenspannung.html>

<sup>5</sup> [www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm](http://www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm)

- Emulgier- und Suspendiervermögen
- Schmutztragevermögen

Versuch: **Herabsetzung der Oberflächenspannung**



Deutung: **H-Brücken des Wassers bewirken Oberflächenspannung - Abstoßung der Seifenanionen** und nur schwache Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Kohlenwasserstoff-Resten.

**Netzkraft: Herabsetzung der Oberflächenspannung** erleichtert Benetzung und Eindringen der Waschlauge als Voraussetzung für den Waschvorgang.

Die Anziehungskräfte wirken nur nach innen und zwischen den Oberflächenmolekülen; deshalb bildet sich die Tropfenform. Wirken die Wasserstoffbrücken nicht gegenüber Luft, sondern gegen andere Grenzflächen (z.B. Glas, Kunststoff, Fett, Fasern), so spricht man allgemein von Grenzflächenspannung. **Seife beeinflusst die Grenzflächenspannung, indem sie die Oberflächenspannung verringert.**

Stoffe, die die Grenzflächenspannung vermindern, nennt man Tenside, Seife ist folglich ein Tensid. **Alle Waschmittel haben die Eigenschaft, die Oberflächenspannung zu zerstören, sie "entspannen" dadurch das Wasser.** Durch die in Waschmitteln enthaltenen Tenside dringt es auch in kleinste Poren, z.B. von Kleidungsstücken, und die Reinigungswirkung wird erhöht.<sup>6</sup>

⇒ „Tensid: (lt. tensio = Spannung):

Name für Stoffe (i.e.S. Seifen), die aufgrund ihres amphiphilen Baus **die Oberflächenspannung herabsetzen können**<sup>7</sup>

(Kathrin Pirzer)

## 1.2. **Micellenbildung (Definition, Wirkung)**

Definition<sup>8</sup>:

Micellen sind zylinder- oder kugelförmige Aggregationen.

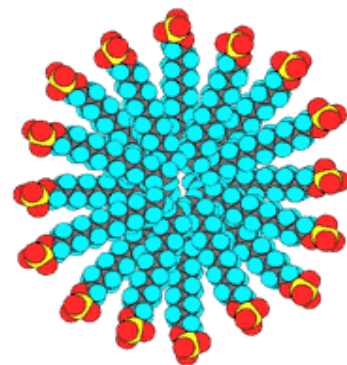
Es sind Teilchenverbände unterschiedlicher Form, die sich aus 50 bis 1000 Seifenanionen bilden.

Sie bestehen aus amphiphilen Molekülen, d.h. diese besitzen ein hydrophiles (fettabweisendes) und ein lipophiles (wasserabweisendes) Ende.

Skizze<sup>9</sup> und Aufbau<sup>10</sup> einer Micelle:

Es befinden sich die hydrophilen Enden auf der Außenseite und die lipophilen sind nach innen gerichtet.

Die Seifenmoleküle sind so orientiert, dass die hydrophoben Gruppen in das Innere der Micelle weisen und durch Van-der-Waals-Kräfte zusammengehalten



<sup>6</sup> [www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm](http://www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm)

<sup>7</sup> [www.zum.de/Fächer/Ch/RP/wmgloss.htm](http://www.zum.de/Fächer/Ch/RP/wmgloss.htm)

<sup>8</sup> <http://www.wissen.de/xt/default.do?MENUNAME=Suche&SEARCHTYPE=topic&query=micelle>

<sup>9</sup> <http://www.me.wustl.edu/ME/faculty/aqshen/micelle.gif>

<sup>10</sup> <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/S+WM/Wirkung/Wirkung5.htm>

werden.

Die hydrophilen Gruppen sind den Wassermolekülen in der Lösung zugewandt <sup>11</sup>.

Man darf sie sich nicht als starre Stäbe vorstellen, wie es in der schematischen Darstellung erscheint; es handelt sich vielmehr um flexible Gebilde.

- Micellen dienen zum Transport lipophiler Substanzen (die sich im Inneren befinden) durch eine wässrige Umgebung.

#### Micellen-Bildung <sup>12</sup>:

Bei einer geringen Konzentration an Seifenanionen reichern sich diese an der Wasseroberfläche an. Bei zunehmender Konzentration wird diese Grenzfläche vollständig mit einer Schicht von Seifenanionen bedeckt.

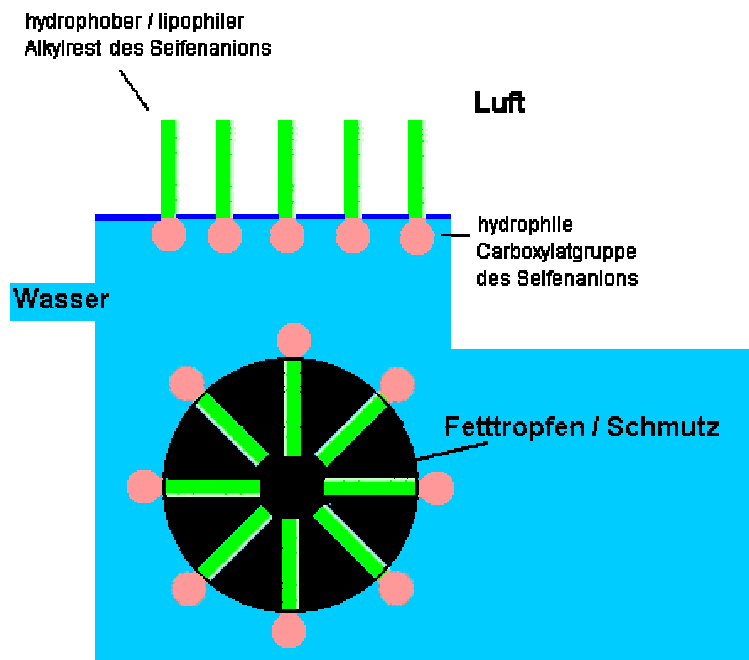
Beim Lösen weiterer Seife liegen dann auch Seifenanionen im Innern der Lösung vor. Der hydrophobe Teil des Seifenanions versucht dabei, sich der Wechselwirkung mit dem Wasser möglichst zu entziehen und es kommt zur Ausbildung von Micellen.

„Tenside, wie z.B. Seifenanionen, sind auf Grund ihres amphiphilen Baus (hydrophile Carboxylatgruppe und lipophiler Fettsäurerest) grenzflächenaktive Stoffe.

Sie lagern sich deshalb an den Grenzflächen Wasser-Luft bzw. Wasser-Fett in Form einer monomolekularen Schicht an.

An der Grenzfläche Wasser-Luft führt diese Schicht zu einer Herabsetzung der Oberflächenspannung (Seifenanionen verhindern teilweise die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Wassermolekülen).

An der Grenzfläche Wasser-Fett führt der o.g. Bau der Seifenanionen dazu, dass der hydrophobe (lipophile) Fettsäurerest mit dem Fett in Wechselwirkung tritt und sich in diesem löst. Die hydrophile Carboxylatgruppe ragt aus dem Fetttröpfchen und löst sich auf Grund ihres polaren Baus im Wasser. So entsteht eine Micelle mit negativ geladenen Carboxylatgruppen an der Tröpfchenoberfläche. Die Carboxylatgruppen halten das Fetttröpfchen in Schwebe (Emulgiervermögen) und verhindern, dass sich mehrere Tröpfchen miteinander vereinigen (Dispergiervermögen), da sich die negativ geladenen Micellenoberflächen abstoßen.“<sup>13</sup>



(Catja Schneider)

<sup>11</sup> <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/S+WM/Wirkung/Micellbildung.htm>

<sup>12</sup> <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/S+WM/Wirkung/Micellbildung.htm>

<sup>13</sup> <http://www.abiturloesungen.de/ch/bygk99/index.htm>

## 2. Nachteile wässriger Seifenlösungen

### 2.1. Alkalische Reaktion

Seifen, als Natrium- bzw. Kaliumsalze der Fettsäuren, liegen in wässriger Lösung dissoziiert vor.



Die Carboxylationen reagieren mit den Wassermolekülen nach folgender Reaktionsgleichung:

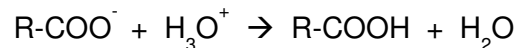


Bei dieser Reaktion liegt das Gleichgewicht auf der rechten Seite. In der Lösung sind also vermehrt Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-$ ) vorhanden.

Folge:           Hautreizungen  
                   Schädigung des Säuremantels der Haut  
                   Zerstörung der Textilien

### 2.2. Säureempfindlichkeit

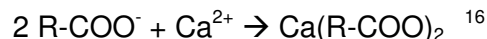
Liegen in der wässrigen Lösung  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen vor, dann reagieren diese mit den Carboxylationen zu einer Fettsäure und Wasser. Die Fettsäure erscheint als weißer Niederschlag.



Folge:           Verlust der Waschwirkung, Verschmutzung der Wäsche durch die unlöslichen Fettsäureniederschläge.<sup>15</sup>

### 2.3. Härteempfindlichkeit

Seife reagiert mit hartem Wasser („Kalk“:  $\text{Ca}^{2+}$ ) zu einem wasserunlöslichen weißen Niederschlag.



Folge:           Die Seife verliert in hartem Wasser einen Teil ihrer Waschwirkung, die ausfallende Kalkseife lagert sich störend auf der Wäsche ab.<sup>17</sup>

(Claudia Pichler)

## 3. Alkylsulfonate als Beispiele moderner Tenside

### 3.1. Definition von Tensiden:

„Tenside, auch waschaktive Substanzen (WAS) genannt, sind die Inhaltsstoffe der Waschmittel, die die Oberflächenspannung herabsetzen. Dadurch kann das Wasser in die Faser dringen und den Schmutz lösen.“<sup>18</sup>

<sup>14</sup> <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/S+WM/NachteileSeife/NachteileSeife1.htm>

<sup>15</sup> <http://www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm#Nachteile>

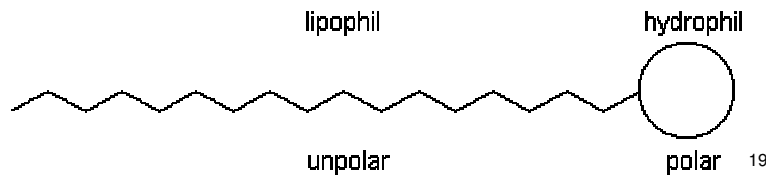
<sup>16</sup> <http://medizinerboard.de/lexikon/Seife,erklaerung.htm>

<sup>17</sup> <http://www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm#Nachteile>

<sup>18</sup> <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/HLEX/Konzepte/L6/L686.htm>

Man unterteilt Tenside in:

- Anion-Tenside (bilden negativ geladene Ionen)
- Kation-Tenside (bilden positiv geladene Ionen)
- nichtionische Tenside



### Definition von Alkyl:

„Durch das Entfernen von einem Wasserstoffatom an einem Kohlenstoffatom erhält man die Alkyl-Gruppe.“<sup>20</sup>

### Definition von Sulfonat:

Das Sulfonat-Ion ist der Säurerest der Sulfonsäure



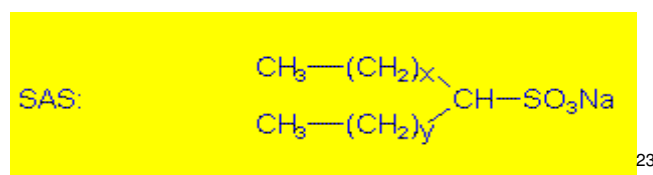
### Definition von Alkylsulfonaten:

Gruppe von wichtigen Waschmittelgrundstoffen, die aus Schwefelsäureestern von gesättigten oder ungesättigten Fettalkoholen entstehen und mit Natronlauge in das Natriumsalz übergeführt sind.<sup>21</sup>

## **3.2. Anionische Tenside:**

Alkylsulfonate sind anionische Tenside. „Die anionischen Tenside stellen die Hauptkomponenten der grenzflächenaktiven Substanzen in den meisten heutigen Wasch-, Spül- und Reinigungsmitteln dar. Die vom Gesetzgeber geforderte primäre biologische Mindestabbaubarkeit der anionischen Tenside wird nicht nur voll erfüllt, sondern geht weiter, das heißt die Bakterien führen die Tenside durch biologischen Abbau in ihre natürlichen Grundstoffe Kohlendioxid, Wasser und Mineralien zurück.“<sup>22</sup>

### **3.2.1. SAS: sekundäres Alkylsulfonat:**



SAS sekundäres Alkylsulfonat

(Sarah Wagner)

<sup>19</sup> [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap\\_0418.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap_0418.htm)

<sup>20</sup> <http://www.cdch.de/organische-chemie/alkyl.html>

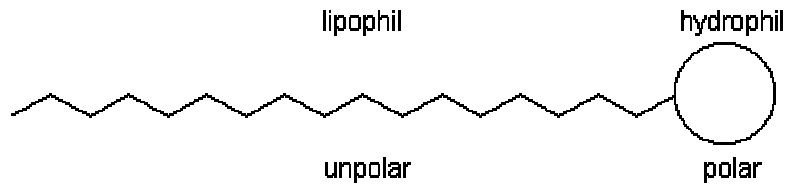
<sup>21</sup> [www.wissen.de/xt/default.do?MENUNAME=Suche&SEARCHTYPE=topic&query=alkylsulfonate](http://www.wissen.de/xt/default.do?MENUNAME=Suche&SEARCHTYPE=topic&query=alkylsulfonate)

<sup>22</sup> <http://www.medizininfo.de/hautundhaar/haar/tenside.htm>

<sup>23</sup> [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap\\_0418.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap_0418.htm)

## 4. Kationische Tenside (I)

Ein Tensidmolekül besteht aus zwei funktionellen Teilen:



Der hydrophobe (wasserabstoßende) Teil des Tensidmoleküls lagert sich an Schmutzpartikel an - diese sind ebenfalls hydrophob. Der hydrophile (wasserliebende) Teil des Moleküls macht das Tensidmolekül wasserlöslich. Dadurch erhält das Tensidmolekül eine Funktion als Lösungsvermittler. Man nennt die Tenside deshalb auch „waschaktive Substanzen“.

Es existieren viele unterschiedliche Tenside, die sich in ihrem molekularen Aufbau nur geringfügig im hydrophoben Molekülteil, aber sehr deutlich im hydrophilen Molekülteil unterscheiden.

„Beim hydrophoben Molekülteil handelt es sich stets um einen Kohlenwasserstoffrest. Bei dem hydrophilen Molekülteil werden anionische Reste (mit negativer Ladung), nichtionische (ungeladene) und kationische Reste (mit positiver Ladung) unterschieden.“<sup>24</sup>

Kationische Tenside sind positiv geladen, aber hydrophob, da die Ladung eingebettet in Kohlenwasserstoffketten ist.

Sie haben die Eigenschaft, sich wie ein Film auf die Faser zu legen und diese so glatter erscheinen zu lassen. Sie sind die Hauptkomponenten von Weichspülern.

### 4.1. Verwendung

Kationische Tenside werden als Weichspüler bei der Textilreinigung eingesetzt. Weichspüler sind Substanzen, die auf die Textilfaser aufziehen. Sie sollen bewirken, dass sich die Textilien weicher anfühlen. Weichspüler enthalten in der Regel kationische Tenside. Die kationische Gruppe des Tensidmoleküls lagert sich direkt an die negativ polarisierten Sauerstoffatome der Textiloberfläche an. Die hydrophoben Molekülreste ragen nach außen und führen zu einem weicheren "Griff".

Auf Grund ihrer hydrophoben Wirkung finden kationische Tenside auch als Trocknungshilfen in Autowaschstraßen Verwendung.

Als Waschmittel haben Kationentenside keine größere Bedeutung, da das Waschvermögen von Anionentensiden wesentlich höher liegt. Dafür verleihen sie vor allem Baumwolle und Cellulosefasern einen weichen Griff.

Kationische Tenside besitzen ein gutes Aufziehvermögen und glätten dadurch Haut und Haar. Sie sind wegen ihrer antistatischen Wirkung meistens in „Konditionern“ enthalten. Mit ihrer positiven Ladung sollen sie die negative Ladung der Haare herabsetzen. Sie glätten das Haar und erhöhen so seinen Glanz. Gleichzeitig wirken kationische Tenside auch keimtötend. Sie werden deshalb auch oft als Konservierungsmittel oder Desinfektionsmittel eingesetzt.

### 4.2. Nachteile von kationischen Tensiden:

Bei übermäßiger Anwendung greifen sie den natürlichen Fettfilm der Haut an und führen so bei manchen Menschen zu Hautreizungen und Allergien. Außerdem sind fast alle kationischen Tenside biologisch nur schwer abbaubar. Deshalb haben einige Hersteller in ihren Produkten die kationischen Tenside durch unbedenklichere nichtionische ersetzt.

<sup>24</sup> [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsuh-haush/kap\\_0418.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsuh-haush/kap_0418.htm)

### 4.3. Vorteile von kationischen Tensiden:

- Verleihen Textilien einen weichen Griff
- Verhindern die elektrostatische Aufladung synthetischer Fasern
- Glätten Haut und Haar
- Wirken Keimtötend

weitere Quellen :

<http://www-oc.chemie.uni-regensburg.de/OCP/div/ChemieAlltag/Waschmittel.pdf>

[http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap\\_0418.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap_0418.htm)

[www.medizininfo.de/hautundhaar/haar/tenside.htm](http://www.medizininfo.de/hautundhaar/haar/tenside.htm) - 20k

(Natalie Schweiger)

## 5. Kationische Tenside (2)

### 5.1. Begriffserklärung

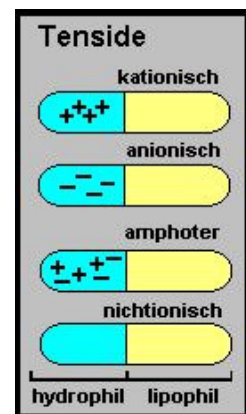
**Tenside**<sup>25</sup> (waschaktive Substanzen) sind „Waschmittel – Inhaltsstoffe, die die Oberflächenspannung des Wassers herabsetzen.“<sup>26</sup> Dadurch dringt das Wasser in die Fasern ein und löst somit den Schmutz.

Tenside werden als Lösungsmittel und als Emulgatoren (verbinden zwei verschiedene Lösungen miteinander) eingesetzt.<sup>27</sup>

Tenside besitzen einen wasserliebenden (hydrophilen) und einen fettliebenden (lipophilen) Anteil.<sup>28</sup> Der hydrophile Anteil ist in der Abbildung blau dargestellt und der lipophile Anteil gelb.

„**Kationen** sind Stoffe, die eine positive Ladung tragen und deshalb von der negativen Kathode angezogen werden. Die Kathode ist die negative Elektrode.“<sup>29</sup>

„**Kationische Tenside** tragen eine positive Ladung im hydrophilen Teil.“<sup>30</sup>



### 5.2. Verwendung<sup>31</sup>

- Hauptkomponente für Weichspüler<sup>32</sup>
- wirken keimtötend und werden deshalb als Konservierungsstoffe eingesetzt
- verbessern die Kämmbarkeit des Haares (setzen die negative Ladung des Haares herab) => Konditioner (glätten das Haar und erhöhen den Glanz)
- Desinfizierende Reiniger
- Emulgator für Mineralöle
- Herstellung saurer Reiniger (Textil- und Lederhilfsmittel, Färbereihilfsmittel)

<sup>25</sup> Bezug auf <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/HLEX/Konzepte/L6/L615.htm> am 31.01.05

<sup>26</sup> <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/HLEX/Konzepte/L6/L615.htm> am 31.01.05

<sup>27</sup> <http://www.medizininfo.de/hautundhaar/haar/tenside.htm> am 31.01.05

<sup>28</sup> <http://www.medizininfo.de/hautundhaar/haar/tenside.htm> am 31.01.05

<sup>29</sup> ebenda

<sup>30</sup> ebenda

<sup>31</sup> ebenda

<sup>32</sup> <http://ac16.uni-paderborn.de/studienarbeiten/aulig/chemie.html> am 31.01.05

### 5.3. Beispiele

- Distearyldimethylammoniumchlorid in Weichspüler
- Cetyltrimethylammoniumchlorid in Haarbehandlungsmitteln
- Dodecyldimethylbenzylammoniumchlorid als desinfizierte Reiniger

### 5.4. Vorteile<sup>33</sup>

- härteunempfindlich
- in saurer Lösung wirksam
- zieht auf der Faser auf
- vollständig biologisch abbaubar<sup>34</sup>

(Denise Schlosser)

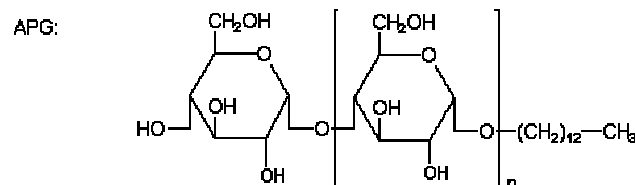
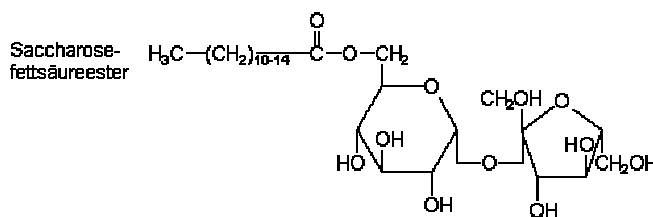
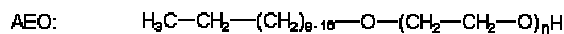
## 6. Nichtionische Tenside

<sup>35</sup>Ein Tensidmolekül besteht aus zwei funktionellen Teilen, dem lipophilen und dem hydrophilen.

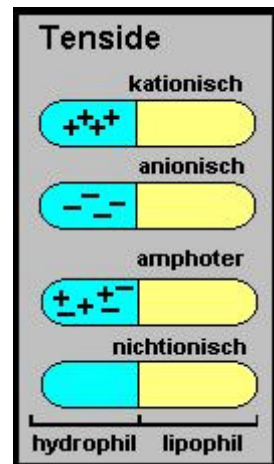
„Bei den nichtionischen Tensiden trägt der hydrophile Molekülteil keine Ladung. Dieser Molekülteil enthält meist alkoholische Hydroxygruppen oder Polyether. Die stark elektronegativen Sauerstoffatome tragen zur negativen Polarisierung des hydrophilen Molekülteils bei. Dadurch sind die Eigenschaften der nichtionischen Tenside denen der anionischen Tenside ähnlich.

### 6.1. Beispiele:

Beispiele für nichtionische Tenside sind AEO (Fettalkoholpolyglyco-  
lether), Saccharosefettsäureester oder APG's (Alkylpolyglycoside).  
Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Strukturen.



Tab.1



<sup>33</sup> <http://www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm> am 31.01.05

<sup>34</sup> <http://home.t-online.de/home/scachemie/steinmap.pdf> am 31.01.05

<sup>35</sup> <http://www.medizinfo.de/hautundhaar/haar/tenside.htm> 31.01.05



## 6.2. Verwendung:

AEO ist in Reinigern und flüssigen Waschmitteln ein viel verwendetes nichtionisches Tensid. Die Tenside auf Zuckerbasis, APG's und Saccarosefettsäureester, werden erst seit einigen Jahren in Kosmetika und einigen Flüssigwaschmitteln verwendet.<sup>36</sup> Die Waschkraft der nichtionischen Tensiden ist deutlich besser als die der Alkylbenzolsulfate, vor allen bei Temperaturen von 30 bis 60 Grad Celsius. Sie neigen auch deutlich weniger zur Schaumbildung, weshalb sie in Wasch- und Spülmaschinen eingesetzt werden.<sup>37</sup> „Das APG hat dabei den Vorteil, dass es auch in alkalischer Waschlauge stabil ist, während der Saccarosefettsäureester in alkalischen Waschlauge so schnell hydrolysiert wird, dass er fast nur in Körperpflegemitteln verwendet werden kann.

Zukünftig werden nichtionische Tenside größere Bedeutung in Wasch- und Reinigungsmitteln erlangen und möglicherweise die anionischen Tenside sogar mengenmäßig übertreffen. Für diese Entwicklung sprechen drei wichtige Eigenschaften der nichtionischen Tenside:

## 6.3. Vorteile:

- nichtionische Tenside sind weniger härteempfindlich als anionische Tenside,
- nichtionische Tenside sind hautfreundlicher als anionische Tenside,
- neuere nichtionische Tenside sind vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen herstellbar, nicht toxisch und vollständig biologisch abbaubar.

Als Beispiel für ein nichtionisches Tensid, das die oben genannten Kriterien erfüllt, sind Alkylpolyglycoside (APG's) zu nennen. Sie können aus Fettalkoholen und Kohlenhydraten hergestellt werden.

Ein Nachteil ist der im Vergleich zum petrochemischen Standardtensid LAS höhere Preis. APG ist ein hochwirksames Tensid. In einer 1:1 Mischung mit dem anionischen Tensid FAS wird sogar noch eine Steigerung der Waschleistung bewirkt, die höher ist als die Waschleistung von LAS. Dies wird als Synergieeffekt bezeichnet, weil die Waschleistung der Mischung größer ist als die addierte Waschleistung der Einzeltenside.

APG's sind durch ihre Hautfreundlichkeit besonders für den Einsatz in Handgeschirrspülmitteln geeignet. Beispiele für Wasch- und Reinigungsmittel mit diesem Tensid sind das Baukastenwaschmittel der Hobbythek (Bawa), das Flüssigwaschmittel von Henkel (Persil) und das Handgeschirrspülmittel von Henkel (Pril).<sup>38</sup>

(Iris Steinberger)

## 7. Komplexbildner in modernen Waschmitteln

Die Salze der Fettsäuren werden als „anionisches Tenside“<sup>39</sup> bezeichnet, da sie eine negativ geladene Carboxylgruppe (COO<sup>-</sup>) besitzen. Diese ist hydrophil. Hier unterscheidet man unter anionischen (negativ geladen), kationischen (positiv geladenen) und nichtionischen Tensiden. Die stärkste Waschkraft besitzen hierbei die anionischen Tenside, d.h. diese setzen mit der Ausrichtung ihres unpolaren Restes die Oberflächenspannung der Wassers am meisten herab.

In Wasser sind Schwermetallionen gelöst. Je größer der Anteil dieser Metallionen (z.B.: Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>), desto „härter“<sup>40</sup> ist das Wasser. Diese Metallionen lagern sich nun an die meist

<sup>36</sup> [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap\\_0418.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap_0418.htm) 31.01.05

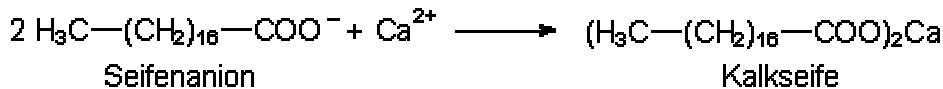
<sup>37</sup> Bernd Grunwald, Karl-Heinz Scharf, elemente Chemie, Unterrichtswerk für Gymnasien, Ausgabe Bayern 13. Schuljahr, 4. Auflage, 2001

<sup>38</sup> [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap\\_0418.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap_0418.htm) 31.01.05

<sup>39</sup> <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/haus/tenside.htm>

<sup>40</sup> [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap\\_045.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap_045.htm)

anionischen Tenside an. So reagieren Seifen zum Beispiel mit  $\text{Ca}^{2+}$  zu Kalkseife. Die Seife wird „ausgefällt“<sup>41</sup> und wird zu einer Kalkseife, die keinerlei Waschkraft mehr besitzt.



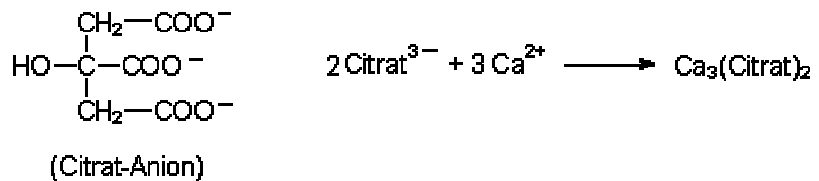
Diese besitzt keine „Tensideigenschaften“ mehr, kann also nicht mehr als Seife reagieren. Diese Wirkung der Metallionen lässt sich nur durch eine ausreichende Menge zusätzlicher Seife negieren.

Deshalb werden Komplexbildner eingesetzt. Diese reagieren mit den Metallionen zu Komplexen. So enthärten sie das Wasser und verhindern die Bildung von Kalkseifen.

Am bedeutendsten für eine hohe Wasserhärte ist ein hoher Anteil an  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen. Diese werden bei der Zugabe von Pentanatriumtriphosphat zu einem Komplex gebunden.

Das Verfahren besitzt den Vorteil, dass die  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen sehr schnell gebunden werden und der Stoff Penta-Natriumtriphosphat ungiftig ist.

Zitronensäure bildet mit Calciumionen in alkalischen Lösungen Calciumcitrat, einen Komplex. So werden ebenfalls Metallionen komplexiert. Dieser Stoff ist abbaubar und ungiftig, die Reaktion findet jedoch bei höheren Waschttemperaturen schwerer statt.



(Stephanie Kurz)

## 8. Builder als Zusatzstoffe in Waschmitteln

### 8.1. Definition:

Ein Builder ist ein Wasserenthärter. Der Builder (Komplexbildner) besteht aus wasserlöslichen Stoffen, die mit härtebildenden Ionen reagieren und sie während des gesamten Waschvorgangs gelöst halten.<sup>42</sup>

### 8.2. Grund für die Verwendung:

Er wird benötigt, da Calcium und Magnesium Salze bilden, die sich auf den Fasern und den Maschinenbauteilen ablagern. Diese Salze sind scharfe, und spitze Kristallnadeln. Sie beschädigen mit der Zeit das Gewebe der Textilien.<sup>43</sup>

### 8.3. Bestandteile:

Um dies zu verhindern wird Zeolith A (ein Natriumaluminium Silicat) zum Vollwaschmittel hinzugefügt.

Es werden außerdem Polycarboxylate (Natriumsalze, Makromoleküle aus Acrylsäure und Maleinsäure) und Soda (Natriumcarbonat) hinzugefügt. Das erste verbindet sich mit den Schmutzteilchen, so dass sie sich nicht mehr auf den Fasern ablagern. Das zweite liefert Natriumionen zur Aufrechterhaltung des basischen Milieus.<sup>44</sup>

<sup>41</sup> <http://www-oc.chemie.uni-regensburg.de/OCP/div/ChemieAlltag/Waschmittel.pdf>

<sup>42</sup> Elemente Chemie Unterrichtswerk für Gymnasien; Ausgabe Bayern; 13. Schuljahr; Ernst Klett Verlag; 1998

<sup>43</sup> [http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag\\_11-12.pdf](http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag_11-12.pdf); 31.01.05; 9:15 Uhr

<sup>44</sup> <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/HLEX/Konzepte/L7/L776.htm>; 31.01.05; 9:04 Uhr

Man kann auch andere Stoffe hinzufügen, doch diese belasten die Umwelt, wie beispielsweise das Pentanatriumtriphosphat (PNT). Dieser Stoff wurde in den 70er Jahren verwendet. Doch er führte zu einem verstärkten Algenwachstum in Flüssen und Seen. Aus diesem Grund wird er nicht mehr weiter gebraucht.<sup>45</sup>

#### **8.4. Wirkweise von Zeolith A:**

Dies sind Kristalle, die Hohlräume besitzen. In ihnen befinden sich Natrium-Ionen, die beim Waschen mit den Calcium-Ionen und den Magnesium-Ionen ausgetauscht werden. Damit wird die Härte des Wassers verringert.<sup>46</sup>

Damit können die Tenside (waschaktive Substanzen, die Wasseroberflächenspannung herabsetzen. Damit kann das Wasser in die Fasern eindringen und den Schmutz lösen.) im Waschmittel besser wirken.<sup>47</sup>

#### **8.5. Wasserhärte:**

Hartes Wasser enthält Kesselstein (Silicate, Carbonate) und Kalkseife (schwerlösliche Magnesium- bzw. Calciumsalze der langkettigen Fettsäuren).

Die Wasserhärte wird also von dem Anteil der zweiwertigen Ionen im Wasser bestimmt.<sup>48</sup>

Kesselstein verursacht auf den Maschinenbauteilen und dem Heizstab Korrosion und schlechte Wärmeübertragung. Es kann dadurch der Heizstab durchbrennen.<sup>49</sup>

Der Begriff Härte kommt von der harten Wäsche die entsteht beim Waschen mit hartem Wasser. Sogenannte Weichspüler können diese Härte lösen.<sup>50</sup>

#### **8.6. Beispiel:**

Ein altes Beispiel dafür ist Essigsäure. Sie löst die Carbonate und Kalkseifen auf. Dadurch wird das Wasser weicher, ebenso die Wäsche. Daher der Begriff Weichspüler.<sup>51</sup>

(Martina Bindig)

## **9. Bleichmittel und optische Aufheller**

### **9.1. Bleichmittel**

#### **9.1.1. Anwendung**

Eine Reihe farbiger Verschmutzungen wie z.B. bei Tomaten-, Senf-, Curry-, Tee-, oder aber auch Rotweinflecken lassen sich durch Waschen mit Tensiden alleine nicht entfernen. Diese Flecken müssen durch „Bleichen“ d.h. durch oxidative Zerstörung in farblose Stoffe überführt werden. Gleichzeitig wirken die Bleichmittel auch desinfizierend. Jedoch können sie empfindliche Farben angreifen. Daher enthalten Bunt- und Feinwaschmittel in der Regel keine Bleichmittel. Bei Vollwaschmittel werden diese erst bei höhern Temperaturen voll wirksam.

Die Bleichwirkung steigt mit der Temperatur und dem pH-Wert. Dadurch muss man um eine ausreichende Bleichwirkung bei Waschttemperaturen unter 60 °C Aktivatoren dazu geben.<sup>52</sup>

<sup>45</sup> [http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag\\_11-12.pdf](http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag_11-12.pdf); 31.01.05; 9:15 Uhr

<sup>46</sup> [http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag\\_11-12.pdf](http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag_11-12.pdf); 31.01.05; 9:15 Uhr

<sup>47</sup> <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/HLEX/Konzepte/L7/L776.htm>; 31.01.05; 9:04 Uhr

<sup>48</sup> [http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag\\_11-12.pdf](http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag_11-12.pdf); 31.01.05; 9:15 Uhr

<sup>49</sup> Elemente Chemie Unterrichtswerk für Gymnasien; Ausgabe Bayern; 13. Schuljahr; Ernst Klett Verlag; 1998

<sup>50</sup> [http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag\\_11-12.pdf](http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag_11-12.pdf); 31.01.05; 9:15 Uhr

<sup>51</sup> [http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag\\_11-12.pdf](http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/Praktikumstag_11-12.pdf); 31.01.05; 9:15 Uhr

### 9.1.2. Chemische Grundlagen

Bei allen modernen Waschmitteln ist die Grundlage des Bleichvorgangs die Freisetzung von atomarem aggressiven Sauerstoff (O), der mit unerwünschten Farbstoffen genauso wie mit empfindlichen Textilfarben Verbindungen eingeht.<sup>53</sup>

### 9.1.3. Gängige Bleichmittel

In Fleckensalz sowie in modernen Waschmitteln finden sich fast nur Bleichmittel auf Sauerstoffbasis d.h. genauer Bleichmittel, die Sauerstoff aus Wasserstoffperoxid freisetzen

Das bisher in Vollwaschmitteln am weitesten verbreitete Bleichmittel Perborat wird seit kurzer Zeit zugunsten anderer Mittel zurückgedrängt, da sich Bor-Verbindungen nur schwer abbauen lassen, und in großen Konzentrationen im Wasser pflanzenschädigend wirken. Heute wird in Fleckentabs, Fleckensalzen und Baukastenwaschmitteln häufiger Percarbonat (auf Natriumbasis) eingesetzt. Die Bleiche erfolgt im Waschprozess durch Natriumperborat, das sich in Wasser unter Bildung von Natriumdihydrogenborat und Wasserstoffperoxid umsetzt. Vgl. Abbildung 1

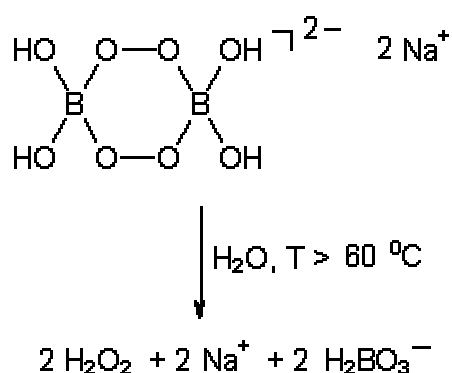


Abbildung 1: Zerfall von Natriumperborat

Dieser Stoff lässt sich allerdings aufgrund der Zusammensetzung nur schwierig in Vollwaschmitteln integrieren, weshalb sie oft nach wie vor Perborat enthalten.

Die Bleichmittel Percarbonat und Perborat werden erst bei höheren Temperaturen (mehr als 40 Grad) aktiv. Zur ihrer vollständigen Aktivierung werden zusätzlich Bleichaktivatoren als Zusatzstoffe eingesetzt.

In der chemischen Reinigung werden zum Bleichen Präparate mit Peressigsäure (a. Peroxidsäure) ( $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$ ) eingesetzt; Peressigsäure baut sich im Abwasser schnell ab, und ist daher viel umweltverträglicher<sup>54</sup>

#### Erklärung zu PerBorat

„-Borate

Salze der Borsäure  $\text{H}_3\text{BO}_3$  oder Metaborsäure  $\text{HBO}_2$ ; wasserhaltiges Natriumborat kommt als Borax in der Natur vor. Ausgangsmittel für Waschmittel sind die Perborate

-Perborat

<sup>52</sup>-<http://www.waesche-waschen.de/woerterbuch/bleichmittel.html>

-<http://ac16.uni-paderborn.de/studienarbeiten/aulig/themen/bestandteile.html>

- Elemente Chemie Unterrichtswerke für Gymnasium; Ausgabe Bayern; 13 Schuljahr, Ernst Klett Verlag. 1998

<sup>53</sup> <http://www.waesche-waschen.de/woerterbuch/bleichmittel.html>

<sup>54</sup> Quelle: - <http://www.waesche-waschen.de/woerterbuch/bleichmittel.html>

(*perborate*) Kurzbezeichnung für Peroxoborate. Das sind Borate bei denen ein Sauerstoffatom durch eine Disauerstoffgruppe ersetzt ist. Perborate werden für die Sauerstoffbleiche als Bleichmittel u.a. auch in Waschmitteln eingesetzt. Darüber hinaus erfolgt ein Einsatz bei Mitteln zur Desinfektion. Die häufig verwendeten Natriumperborate gelten i.d.R. als biologisch abbaubar, aber mit teilweise extrem langen Abbauezeiten. Perborate sind zumeist gut wasserlöslich und unterschiedliche bewertet hinsichtlich Wassergefährdungsklasse.<sup>55</sup>

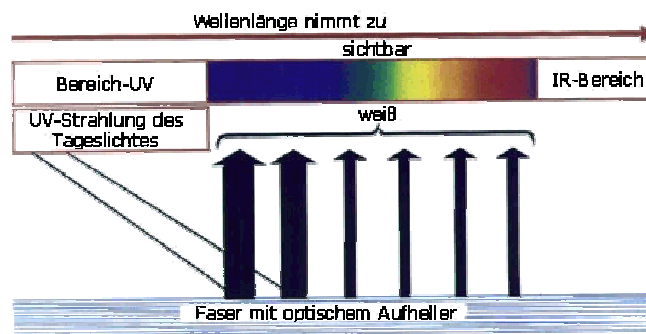
## 9.2. Optische Aufheller

Um den Ansprüchen der Verbraucher nach immer noch weißerer Wäsche gerecht zu werden, werden optische Aufheller eingesetzt. Früher benutzte man dazu das sog. Wäscheblau, oder ersatzweise auch blaue Tinte, weil ein Blau nuanciertes Weiß weißer erscheint als das gelb nuancierte Weiß, das man durch Bleichen und Waschen erhält.

Heutzutage sind optische Aufheller Substanzen, die in der Lage sind, das im einfallenden Tageslicht vorhandene unsichtbare ultraviolette Licht umzuwandeln in sichtbares Licht. Die so behandelte Wäsche strahlt dadurch ein um diesen UV-Anteil reicheres sichtbares Licht ab, als das auf die Wäsche einfallende Tageslicht.

Die Optischer Aufheller haben also nur eine ästhetische Wirkung.

Bei farbigen Textilien kann – je nach Art der Färbung – eine höhere Brillanz der Farben erreicht werden; pastellige Töne dagegen verblassen durch optische Aufheller sehr schnell.<sup>56</sup>



(Katharina Holzapfel)

## 10. Enzyme in modernen Waschmitteln

Die modernen Waschmittel werden aus Pflanzenfetten und Laugen hergestellt. Tenside (= waschaktive Substanzen) sind Waschmittelinhaltsstoffe, welche „die Oberflächenspannung des Wassers herabsetzen. Dadurch kann das Wasser in die Faser dringen und den Schmutz lösen“<sup>57</sup>.

Neben den Tensiden findet man in den modernen Waschmitteln eine Reihe von Zusatzstoffen darunter die Enzyme, auf welche ich nun näher eingehen werde.

Enzyme sind Biokatalysatoren; diese bauen spezifisch, immer auf dieselbe Art und Weise, ein bestimmtes organisches Substrat ab.

In Waschmitteln sind somit mehrere verschiedene Enzyme enthalte:

- **Amylase:** Abbau von Stärke (z.B. Stärke, Kakao)
- **Lipase:** Abbau von Fetten (z.B. Butter, Öl)
- **Protease:** Abbau von Eiweiß (z.B. Eiweiß, Eigelb, Blut)

<sup>55</sup> Quelle: - <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/p/perborat.htm>

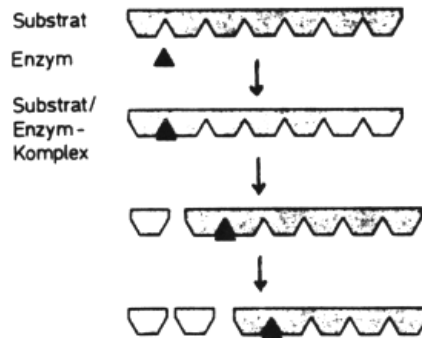
<sup>56</sup> <http://www.uni-giessen.de/~ge1016/publikation/geuther/waschen/waschmittel.html>

<sup>57</sup> <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/HLEX/Konzepte/L6/L686.htm>

- **Cellulase:** Trägt „nicht direkt zur Waschwirkung bei, sie baut die von der Cellulosefaser abgespaltete Fibrillen (Fussel) ab.“<sup>58</sup> Dies führt zu einer Auffrischung der Farben. (z.B. feine Fäserchen)

Diese Enzyme lagern sich an die Schmutzteilchen nach dem Schlüssel - Schloss – Prinzip an, d.h. eine Enzymart an eine Schmutzart. Durch ihren Aufbau beschleunigen sie Spaltreaktionen schon bei niedrigen Waschttemperaturen, der Schmutz wird in lösliche Bestandteile überführt, gespalten und mit der Waschlauge entfernt. Danach kann das Enzym erneut wirken.

Dies möchte ich anhand der Protease näher erläutern. Durch die Spaltung der Peptidbindungen bauen Proteasen Eiweiße in wasserlösliche Bestandteile ab. Dies kann man wie folgt anschaulich darstellen:



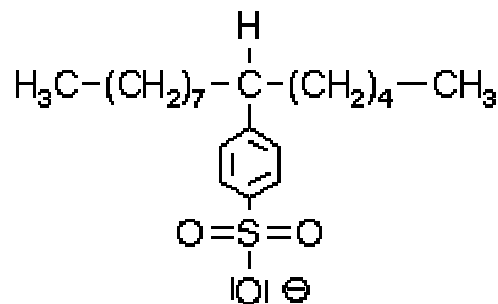
### 10.1. Nachteil

Ein Nachteil ist die angeblich umweltschädliche Herstellung von Enzymen. Die Enzymherstellung ist fast immer biotechnologisch, dies erfolgt in sogenannten Fermentern. Die Protease wird durch Fermentation mit dem Mikroorganismus *Bacillus licheniformis* hergestellt. „Grundsätzlich kann diese Produktionsweise nicht verurteilt werden. Die Biotechnologie ist eine eher wenig umweltbelastende Produktionsweise, da sie vollständig auf der Ausnutzung von natürlichen Stoffwechselfvorgängen beruht. Kritiker meinen deshalb auch nicht die Enzymherstellung, sondern die gentechnologische Manipulation von Mikroorganismen für die Enzymproduktion.“<sup>59</sup>

(Stephanie Seck)

## 11. Gewässerbelastung durch Tenside gestern und heute

Allgemeine Strukturformel:



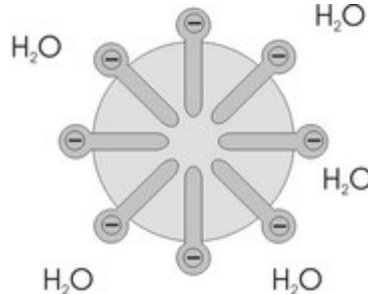
<sup>58</sup> . <http://www.mifa.ch/produkte/waschen/enzyme.html>

<sup>59</sup> [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap\\_046.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/wsu-haush/kap_046.htm)  
<http://www.mifa.ch/produkte/waschen/enzyme.html>  
<http://www-oc.chemie.uni-regensburg.de/OCP/div/ChemieAlltag/Waschmittel.pdf>  
[http://www.mu.sachsen-anhalt.de/lau/de/rubrik03/rubrik03\\_05/files/wasch6.pdf](http://www.mu.sachsen-anhalt.de/lau/de/rubrik03/rubrik03_05/files/wasch6.pdf)

Definition:

**Tenside** (lat. tendere= spannen, straff anziehen) sind Substanzen, die auf die Oberflächenspannung<sup>60</sup> der Grenzfläche zwischen zwei Phasen einwirken. Sie wurden in der ersten Hälfte der 20. Jahrhunderts entwickelt und sind u.a. in Shampoos, Wasch- und Spülmitteln enthalten.<sup>61</sup>

Tenside bestehen allgemein aus einem hydrophoben und einem hydrophilen Teil.<sup>62</sup>



Kommen sie nun mit Wasser in Berührung, richten sich die einzelnen Tensidmoleküle so aus, dass der Wasser abweisende, hydrophobe Teil entweder in die Luft ragt oder sich mit anderen Molekülen zu einzelnen Blasen, so genannte Mizellen<sup>63</sup> zusammenlagert. Der wasserlösliche Rest wird dann im Wasser durch Hydratation gelöst.<sup>64</sup>

### 11.1. Gewässerbelastung in der Vergangenheit

- Da Tenside aerob, d.h. mit Hilfe von Sauerstoff abgebaut werden, verringert sich der Sauerstoffgehalt in den Gewässern, was bereits Ende der 50er Jahre zu Fischsterben führte.<sup>65</sup>
- Des Weiteren bewirken Tenside, dass sich zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten zu einer Emulsion vermengen können. So kann sich beispielsweise Öl mit Wasser gut vermischen.<sup>66</sup> Die Öltröpfchen können so in Lösung gehalten werden.<sup>67</sup>

Durch Tenside wird nicht nur das Leben der Lebewesen im Wasser stark gefährdet, sie bewirken außerdem, dass sich Schadstoffe (siehe Beispiel Öl!) mit dem Wasser binden, wodurch diese auf Dauer im Wasser bestehen.

### 11.2. Heute: Versuche zur Reduzierung der Gewässerbelastung

Heute wird auf verschiedenste Weise versucht Tenside in Waschmitteln zu ersetzen bzw. zu reduzieren. Im Internet fand ich einige Pressemitteilungen über diverse Beschlüsse zum besseren Gewässerschutz:

- **Reduzierung der Gewässerbelastung durch EDTA bis 31.12.2001**

„Vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bundesforschungsministerium, Bundesgesundheitsministerium und der Industrie wurde am 31.07.1991 eine gemeinsame Erklärung zur Reduzierung der Gewässerbelastung durch EDTA abgegeben. Ziel ist die Halbierung der EDTA-Frachten in den oberirdischen Gewässern um 50% innerhalb von 10 Jahren. Erreicht werden soll dies unter anderem durch den Ersatz von ED-

<sup>60</sup> Effekt, der dazu führt, dass sich die Oberfläche einer Flüssigkeit wie eine elastische Folie verhält

<sup>61</sup> vgl. [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

<sup>62</sup> vgl. ebenda

<sup>63</sup> Abbildung einer Mizelle

<sup>64</sup> vgl. ebenda

<sup>65</sup> vgl. [www.abiturloesungen.de](http://www.abiturloesungen.de)

<sup>66</sup> vgl. ebenda

<sup>67</sup> vgl. [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

TA durch ökologisch günstiger zu bewertende Stoffe. Bevorzugt sollte auf biologisch abbaubare Komplexmittel, wie Citrate, Tartrate, Methylglycindiessigsäure (MGDA) oder Iminodibornsteinsäure Natriumsalz (IDS Na-Salz), zurückgegriffen werden.“<sup>68</sup>

- **Verzicht auf leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) ab 1987**

„In Gewässern ohne Lichteinfluss haben leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe eine sehr geringe Abbaubarkeit. Sie können daher insbesondere im Grundwasser lange Zeit beständig sein und den Zustand des Grundwassers nachteilig verändern. Humantoxikologisch von Bedeutung sind ihre leichten Resorbierbarkeiten durch die Haut sowie ihre narkotischen und – besonders bei chronischen Einwirkungen – lebertoxischen Wirkungen.

Aus diesem Grunde haben sich der Industrieverband Putz- und Pflegemittel e.V. (IPP), der Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrohstoffindustrie e.V. (TEGEWA) und die Fachvereinigung Industriereiniger im Verband der Chemischen Industrie e.V. mit Datum vom 27. Juli 1987 verpflichtet, auf ihre Mitgliedsfirmen und in geeignet erscheinender Weise auf andere Firmen einzuwirken, um den Einsatz derartiger leichtflüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoffe in Produkten, die unter das Wasch- und Reinigungsmittelgesetz fallen, nach Möglichkeit zu vermeiden.“<sup>69</sup>

- **Vollständige Substitution von Distearyltrimethylammoniumchlorid (DSDMAC) in Weichspülmitteln bis Ende 1991**

„Die bis 1990 in Weichspülmitteln überwiegend eingesetzten kationischen Tenside vom Typ DSDMAC (Distearyltrimethylammoniumchlorid) sind, nachdem sich der Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e.V. (IKW) zum freiwilligen Verzicht auf den Einsatz von DSDMAC in Weichspülmitteln entschlossen hat, inzwischen ersetzt worden.“<sup>70</sup>

(Michaela Bayer)

---

<sup>68</sup> vgl. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/wasch/anforder.htm#EDTA>

<sup>69</sup> vgl. ebenda

<sup>70</sup> vgl. ebenda