

Technische Universität Braunschweig



Fakultät Lebenswissenschaften  
Grenzflächen- und Kolloidchemie

Hausarbeit

Waschmittel und Waschprozess

erstellt von

Jan Kuschnerow  
und  
Jan Schlote

Seminarleiter:  
Dr. Tuckermann

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1	Einleitung .....	3
2	Geschichte .....	3
3	Zahlen und Fakten .....	5
4	Zusammensetzung von Waschmitteln .....	7
5	Waschprozess in Einzelschritten .....	10
6	Gesetzgebung und Umwelteinfluss .....	16
7	Ausblick .....	18
8	Experimente .....	19
9	Literatur .....	23

## **1 Einleitung**

Thema dieser Hausarbeit sind Waschmittel und der Waschprozess. Dabei wollen wir die Geschichte und Eigenschaften von Waschmitteln sowie den Waschprozess selbst beleuchten.

## **2 Geschichte**

Das erste Waschmittel war reines Wasser, dessen Wascheffekt man durch mechanische Unterstützung wie Schlagen und Reiben unterstützte. Später erhöhte man die Effizienz dieses einfachen Waschprozesses durch Erhitzen.

Die Sumerer gelten als das älteste Kulturvolk, von dem überliefert ist, zum ersten mal ein Waschhilfsmittel verwendet zu haben. Das erste überlieferte Seifenrezept stammt aus der Zeit um 2500 v. und befindet sich auf einer Tonschiefertafel. Eine Mischung aus Öl und Pottasche dienten als erste seifenähnliche Substanz. Als Pottasche wird die pflanzliche Asche bezeichnet, die reich an kohlenstoffhaltigem Kalium ist. Als waschwirksame Substanz dient Kaliumcarbonat, das durch Quellen der Cellulosefasern unter Ablösen des Schmutzes den Waschprozess unterstützt. Dieser antike Fund ist von großer Bedeutung, da hier zum ersten Mal von einer gezielt vom Menschen durchgeführten chemischen Reaktion berichtet wird.

Als waschwirksam erkannte die ägyptische Hochkultur zusätzlich Soda. Es kommt in der Wüste als Mineral vor, z.B. in ausgetrockneten Salzseen oder als Bodenkruste. Soda entsteht aber auch durch Verbrennen von natriumchloridhaltigen Meerespflanzen. Im alten Rom kannte man eine zweite Quelle, um zu dem begehrten Alkali zu kommen. Man vergor Urin um waschaktiven, alkalischen

Ammoniak zu gewinnen. Kaiser Vespasian belegte diese Art des Waschens mit einer Steuer und prägte das bekannte Sprichwort: "Pecunia non olet" ("Geld stinkt nicht!").

Im Mittelalter entstanden erste Seifensiedereien. Trotzdem blieb Seife ein Luxusartikel, da die frühe Seifenherstellung schwierig war und nur zu einer unvollständigen Verseifung geführt hat. Die erforderliche Esterhydrolyse der Fette zur Freisetzung der Fettsäuren setzt starke Alkalien voraus, die noch nicht zugänglich waren oder muss durch langwieriges Erhitzen erzielt werden. Schon früh wurde erkannt, dass zum Waschen weiches Wasser wie z. B. Regenwasser günstiger ist, als hartes Wasser, da dies einen höheren Seifenverbrauch mit sich brachte.

Mit der Industrialisierung gab es eine größere Nachfrage nach Waschmitteln. Zunächst kam es deshalb zu Engpässen in der Versorgung, da die Rohstoffe knapp wurden. Die Entdeckung des Verfahrens zur Herstellung von Soda, die bisher nur aus Pflanzenasche gewonnen werden konnte, durch Nicolas Leblanc (Leblanc-später Solvay-Verfahren) führte wieder zu einer ausreichenden Rohstoffversorgung. Damit war der Weg frei zur industriellen Massenproduktion von Seife. Neben Kernseife blieb Schmierseife bis in das 20. Jh. das wichtigste Wäschewaschmittel. Chemisch gesehen ist Kernseife das Natriumsalz von Fettsäuren. Man bezeichnet die Kernseife deshalb auch als Natronseife. Im Gegensatz dazu sind die Kaliumseifen Schmierseifen.

Mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts wird Seife immer in Kombination mit anderen Komponenten eingesetzt. Neben der Seife enthielten diese zum Beispiel Natriumsilicat und Natriumperborat. Allmählich änderten sich auch die Rohstoffe, aus denen die Seifen hergestellt wurden. In Deutschland waren lange Talge die Fettgrundlage, später kamen auch Palmöl und Kokosöl hinzu. 1932 wurde das erste vollsynthetische Feinwaschmittel erfunden. Unter dem Namen Fewa ist es vielen ehemaligen DDR-Bürgern noch in Erinnerung. Mit der Zeit wurden die Produkte immer mehr auf Basis von Kohle und Erdöl hergestellt. Auch die Wasserhärte musste

bei der Weiterentwicklung der Waschmittel Berücksichtigung finden. Die Bildung von Kalkseifen, die durch Komplexierung von Seife mit Erdalkalimetallen entstehen, mindert die Waschkraft, macht die Wäsche hart und läßt sie schneller verschleifen. Dagegen verwendete man Polyphosphate (hauptsächlich Pentanatriumtriphosphat), die in Wasch- und Reinigungsmitteln gleich mehrere Funktionen übernahmen. Sie bewirken, dass die Härtebildner des Wassers komplexiert werden und der optimale pH-Wert für den Wasch- bzw. Reinigungsvorgang gewährleistet wird. Des weiteren werden Schmutzpartikel suspendiert, wodurch zum Beispiel die Rückvergrauung der Textilien in der Waschlauge verhindert werden kann.

Ab den fünfziger Jahren wurde die klassische Seife immer wieder durch Nachfolgestoffe ersetzt, um einerseits den Waschprozess zu optimieren, aber andererseits auch gesetzlichen Bestimmungen zu entsprechen.

Seit 1964 gelten das Detergentengesetz und die Detergentienverordnung. Danach sollen Wasch- und Reinigungsmittel nur Tenside enthalten dürfen, die zu mindestens 80 % biologisch abbaubar sind, um die meterhohen Schaumberge in Flüssen und Wehren zu vermeiden. In den letzten Jahren haben anorganische Ionenaustauscher, wie zum Beispiel Zeolithe, die eine Überdüngung der Gewässer verhindern sollen, Bedeutung erlangt. Seit 1994 kommen neue Superkonzentrat-Waschmittel auf den Markt, von denen man nur die Hälfte der üblichen Dosierung benötigt. Auf diese Weise werden Flüsse und Gewässer vor übermäßigen Mengen an Füllstoffen geschützt.

### **3 Zahlen und Fakten**

Die beim Umweltbundesamt erfassten Mitteilungen zeigen, dass Ende 2000 insgesamt etwa 54.000 Wasch- und Reinigungsmittel von rund 4.500 Firmen auf dem deutschen Markt waren. Im Jahr 2000 wurden in Deutschland über 5.600 neue Wasch- und Reinigungsmittel oder neue Zusammensetzungen bestehender Marken in Verkehr gebracht. Dabei sind alle Produkte aus dem häuslichen, gewerblichen und

industriellen Bereich berücksichtigt, die nach dem üblichen Gebrauch in Abwässer oder Gewässer gelangen können. Im Jahr 1998 wurden mehr als eine Million Tonnen Wasch- und Reinigungsmittel in deutschen Haushalten verbraucht:

Waschmittel	665.000 t
Weichspülmittel	174.000 t
Handgeschirrspülmittel	115.000 t
Maschinengeschirrspülmittel	
• Reiniger	
• Klarspüler	58.000 t
• Regeneriersalz	10.000 t
	64.000 t
Universalreiniger	78.000 t
Scheuermittel	29.000 t

Quelle: Industrieverband Körperpflege und Waschmittel e.V. (IKW), Februar 2000

Wie diese Dimensionen schon erahnen lassen, ist die Waschmittelindustrie ein nicht zu vernachlässigender Wirtschaftszweig.

Allein der Umsatz mit Seifen und Syndets (synthetische Detergenzien) hat sich hat in Deutschland ein Marktvolumen von 211 Millionen Euro. Der zweite wichtige Produktbereich ist der der Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel. Dieser Markt umfasst etwa 3,693 Milliarden Euro. Sogar der Umsatz mit Spezialwaschmitteln für Feines, Wolle und Gardinen liegt schon bei 200 Millionen Euro.

Der Pro-Kopf-Verbrauch an Waschmitteln liegt im Jahr 2005 bei 7,7 kg.

## 4 Zusammensetzung von Waschmitteln

Viele, die im Chemieunterricht an der Schule oder ggf. an einer Vorlesung etwas über Aufbau und Wirkung von Tensiden gehört haben, werden meinen, sie wüssten so etwa, aus was Waschmittel bestehen. Tatsächlich sind Waschmittel Gemische aus verschiedenen Komponenten, die alle verschiedene spezielle Funktionen zu erfüllen haben. Erst im Zusammenspiel erwirken sie die Waschwirkung die wir kennen und erwarten, wenn wir die Textilgüter aus der Waschmaschine holen. Bei fast allen üblichen Waschmitteln sind die Zusammensetzungen qualitativ ähnlich, lediglich quantitativ unterscheiden sich die verschiedenen Produkte, je nach Marke oder Anwendungsgebiet, denn auch Putzmittel, Glasreiniger, Seifen etc. haben gleiche Aufgabe zu erfüllen. Wichtige Inhaltsstoffe sind ...

- Tenside, Enthärter, Weißtöner: Deren Funktion wird im nächsten Kapitel beschrieben.
- mechanische Hilfsstoffe: Wichtigstes Beispiel sind die winzigen "Körnchen", die der Scheuermilch ihre scheuernde Wirkung verleihen. Sie sorgen für gute Effizienz gegen hartnäckige Verschmutzungen, sind aber ungeeignet für empfindliche und glänzende Oberflächen besonders aber Glas, da sie es mit der Zeit stumpf machen würden.
- Duftstoffe: Sie sind in erster Linie dazu da die schlechten Gerüche der Waschlauge zu überdecken, die während des Waschprozesse entstehen. Nebeneffekt ist die Verleihung eines Geruches an die Kleidung, die variabel ist und den Kundenwünschen angepasst werden kann.
- farbschonende Stoffe: Sie sind in sogenannten Colorwaschmitteln vorhanden, verhindern eventuelle Bleichwirkungen und behindern ebenfalls den Transport von Farben zwischen den Textilstücken.
- Desinfektionsmittel: Sie sind in speziellen Reinigungsmittel und vor allem Seifen vorhanden und werden vorwiegend in der Medizin verwendet um Räume, Geräte und Hände von Ärzten zu sterilisieren. Ein Beispiel ist "Sterilium", was man in fast jeder Arztpraxis neben dem Waschbecken findet.

- Vergrauungsinhibitoren: Deren Funktion wird im nächsten Kapitel beschrieben.
- Enzyme: Enzyme sind Biokatalysatoren, die in definierten Temperatur- und pH Intervallen selektiv Reaktionen katalysieren. Im Waschprozess geht es dabei um den Abbau vor allem organischer Verschmutzungen. Ihr Vorteil ist die vollkommene biologische Abbaubarkeit. Chemisch gesehen handelt es sich um spezielle Eiweiße mit bestimmten Struktureigenschaften.

Tabelle: Beispiel für Mengen der Inhaltsstoffe in einem Vollwaschmittel.

Wirkstofftyp	Beispiel	Anteil [%]
anionische Tenside	Alkylbenzolsulfonat	10,0 - 15,0
nichtionische Tenside	Fettalkoholpolyglykoether	""
Komplexbildner	Pentatriumphosphat	30,0 - 40,0
Bleichmittel	Natriumperborat	20,0 - 30,0
Weißtöner	Stilben- und Pyrazolinderivate	0,1 - 0,3
Vergrauungsinhibitoren	Carboxymethylcellulose	0,5 - 2,0
Korrosionsinhibitoren	Wasserglas	3,0 - 6,0
Schauminhibitoren	spezielle Seifen	2,0 - 3,0
Stabilisatoren	Ethylendiamintetraacetat	0,2 - 2,0
Parfümole		0,1 - 0,2
Farbstoffe		0,0007 - 0,001
Stellmittel	Natriumsulfat	5,0 - 15,0



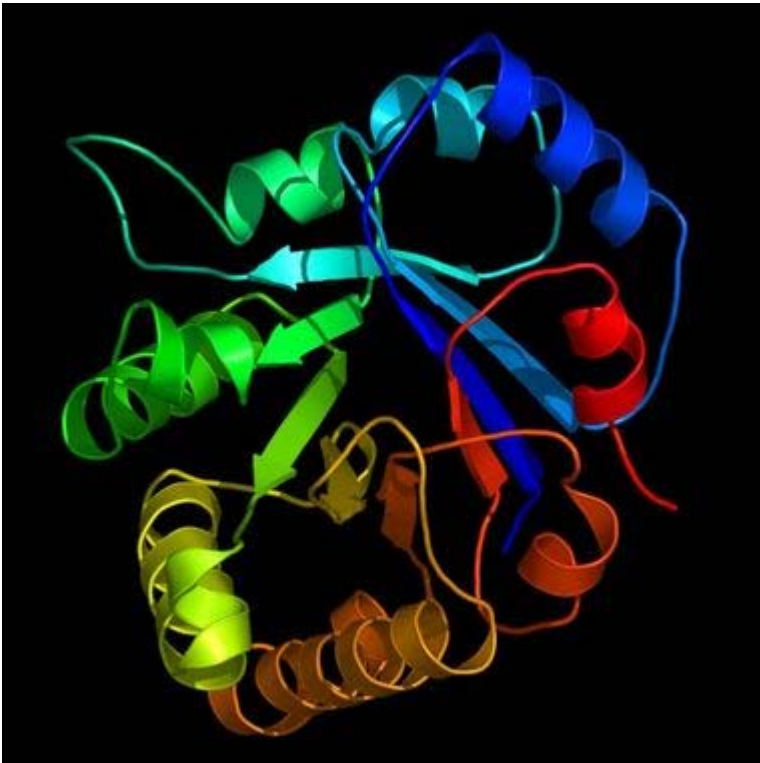


Abbildung: Beispiel für die Struktur von Enzymen

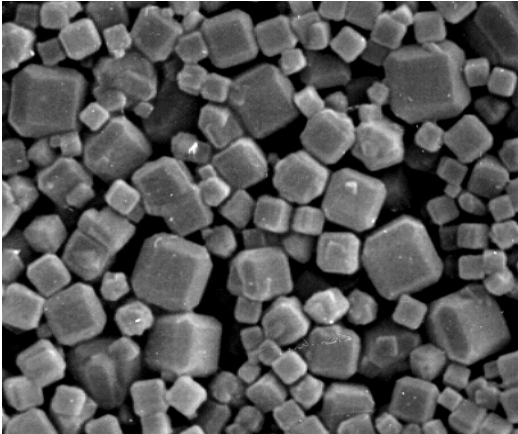
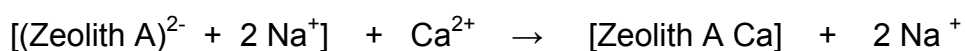


Abbildung: Elektronenmikroskopaufnahme vom Zeolith A.

## 5 Der Waschprozess in seinen Einzelschritten

Was bei einem Blick in die sich im Betrieb befindliche Waschmaschine so einfach aussieht, ist mikroskopisch gesehen ein komplexer Prozess aus mehreren Einzelvorgängen, die alle nebeneinander in der Waschtrommel ablaufen.

1) Enthärtung des Wassers und Aufladung der Oberfläche des Waschstückes: Bevor das Wasser zum Waschen verwendet werden kann, muss es enthärtet werden, um die Calciumionen zu entfernen. Diese können die Tenside als Salze ausfällen und dadurch die Effizienz des Waschmittels herabsetzen. Die Stoffe dafür sind in üblichen Waschmitteln bereits enthalten. Daraus erklärt sich auch die unterschiedliche Dosierung des Waschmittels in unterschiedlichen Regionen, da die Härtebereiche überall unterschiedlich sind. Es gibt zwei gängige Typen von Wasserenthärtern, Natriumphosphate und Natriumzeolithe. Aus Gewässerschutzgründen hat man Phosphate verstärkt durch Zeolithe ersetzt, mehr dazu im Kapitel über die Umweltaspekte. Phosphate überführen  $\text{Ca}^{2+}$  in lösliche Anionen, Zeolithe wirken als Ionenaustauscher, indem sie Calcium- durch leicht lösliche Natriumionen ersetzen. Folgende "Chemie" passiert dabei:



Im anschließendem Spülgang werden diese Rückstände entfernt.

Definition Wasserhärte: Unter Wasserhärte versteht man den Calciumgehalt des Wassers. "Hartes Wasser" enthält viel Calcium und "weiches Wasser" enthält wenig davon. Es gibt zwei verschiedene Messgrößen, die sich aber beide auf die Calciumkonzentration beziehen. dH ist hier da Kürzel für "deutsche Härte". Ferner existieren noch die Größen °e und °f für "englische" und "Französische Härte".

Härtegrad		°d	Konzentration an Calcium
	sehr weich	< 3,0	
1	weich	3,1 - 7,0	bis 1,4 mmol/l
2	mittel	7,1 - 14,0	1,3 - 2,5 mmol/l
3	hart	14,1 - 21,0	2,6 - 3,8 mmol/l
4	sehr hart	> 21,0	mehr als 3,8 mmol/l

Tabelle : Wasserhärtegrade



Abbildung: Demonstration von Verkalkung am Beispiel eines Wasserhahnes.

## 2) Adsorption der Tenside an der verschmutzten Textiloberfläche:

Nun adsorbieren Tenside an der Textilfaser, die hydrophilen "Köpfe" ragen in die wässrige Phase hinein während die hydrophoben Ketten an der Faser oder in den Schmutzpartikeln sitzen. Die Tenside bilden mit Schmutzpartikeln Mizellen, die anschließend in Lösung gehen. Nichtionische Tenside haben bei der Adsorption an der Textiloberfläche einen Vorteil gegenüber ionischen Tensiden, da sie auf der Textiloberfläche eine dichtere Schicht bilden können als ionische die sich statisch abstoßen. Um diesem Effekt auch bei ionischen Tensiden etwas entgegenzuwirken werden Elektrolytzusätze hinzugegeben. Dies sind in der Regel ionische Verbindungen (Natriumsalze wie Sulfate, Perborate etc; Der Markenname Persil

weist auf Perborate und Silikate hin) die diese statischen Abstoßungseffekte etwas kompensieren.

In Waschmitteln liegen in der Regel mehr als eine Tensidsorte vor, so dass sowohl die auf der Faser adsorbierte Schicht als auch die Mizellen um die Schmutzpartikel aus verschiedenen Tensiden bestehen. Üblicherweise ist es effektiver wenn der Schmutz in solchen Mischmizellen eingeschlossen ist. Man spricht dann von sogenannten synergetischen Effekten. In diesen Fällen werden pro Menge abgelöster Schmutz weniger Tenside benötigt.

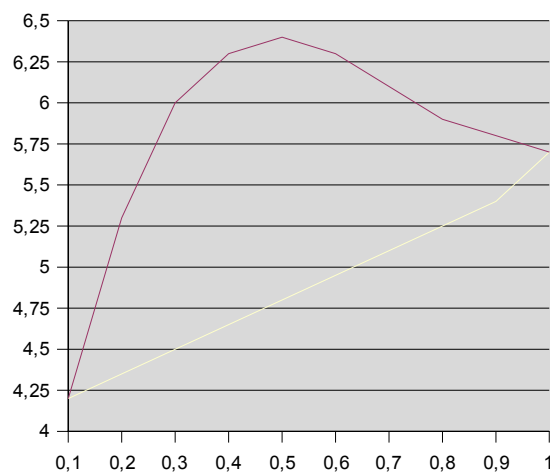


Abbildung: In diesem Graphen sind Waschwirkung in willkürlicher relativer Dimension über dem Molenbruch eines von zwei Tensiden aufgetragen. Die untere Linie zeigt die relativer Waschwirkung die sich nur aus den einzelnen Waschwirkungen ergibt, der obere Graph weist auf die synergetische Wirkung von Mischmizellen hin.

### 3) Ablösung des Schmutzes:

Die Schmutzpartikel werden wie eingangs erwähnt in Mizellen eingeschlossen. Währenddessen erfolgt auch die fortlaufende Zerkleinerung und der Abtransport der Partikel vom Gewebe. Die Zerkleinerung erfolgt durch die statische Abstoßung der Kopfgruppen der Tensidmoleküle, die das Schmutzteilchen förmlich "auseinanderreißen". Es bilden sich dann kleinere Mizellen. Deswegen verzichtet man nicht auf ionische Tenside aufgrund etwaiger oben erwähnter Nachteile. Ist der Schmutz in einer derart solubilisierten Form und das Textilgut mit einer Tensidschicht

beschichtet, so ist er bereit zum Abtransport.

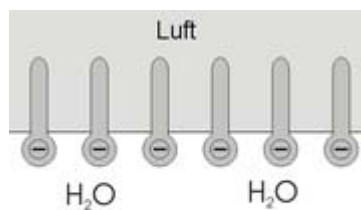
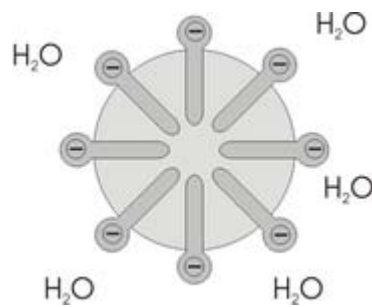


Abbildung: Einsatz von Tensiden, oben: gelöste Mizelle, unten: an Schmutz adsorbierte Tenside auf der Oberfläche

#### 4) Abtransport des Sulubilisates:

Im nachgeschalteten Spülgang werden zuerst die Schmutzpartikel abtransportiert und anschließend die immer noch auf der Textiloberfläche haftende Tensidschicht unter Zuhilfenahme mechanischer Einwirkung entfernt.

#### 5) Adsorption von Vergrauungsinhibitoren:

Ist der eigentliche Waschvorgang beendet, so muss man eine Wiederanlagerung der Schmutzes an die Kleidung verhindern. Dies tut man mit Vergrauungsinhibitoren. Sie haften gut am Schmutz und an der zu waschenden Kleidung und erhöhen gleichzeitig die Hydrophilie des Textilgutes. Insgesamt unterstützen diese Vergrauungsinhibitoren also den Waschvorgang. Man verwendet bestimmte Cellulosederivate zum Beispiel: Carboxymethylcellulose oder Hydroxymethylcellulose. In dem diese Stoffe das Zetapotential sowohl des Schmutzes als auch des Textilgutes erhöhen, erhöhen sie damit auch die abstoßenden Wechselwirkungen zwischen ihnen. Insgesamt bezeichnet man die

Effekte als sekundäre Wascheffekte.

## 6) Bleichen

Neben den geschilderten Prozessen des Waschvorganges gibt es das Bleichen, was in Kombination mit dem Waschen aber auch in Spezialfällen separat angewendet wird. Bleichen ist recht vielfältig und für mehrere Anwendungsgebiete praktikabel. Das reicht was die Stärke angeht von der Schmutzentfernung bis zur Entfärbung eines Textilstückes. Zudem gibt es Bleichmittel mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung.

Zum einen gibt es die Chlorbleiche deren exakte Wirkung noch nicht vollständig geklärt ist, wahrscheinlich handelt es sich um Redoxprozesse. Wesentlicher Stoff ist in dieser Anwendung das Natriumhypochlorid. ( $\text{NaOCl}$ ). Zum anderen findet die Peroxidbleichung Anwendung. So setzt Natriumperborat ab einer bestimmten Betriebstemperatur (etwa 370 K) Wasserstoffperoxid frei, was gegenüber dem Schmutz als Oxidationsmittel wirkt. 370 K entsprechen einem Kochwaschgang, der eher selten zur Anwendung kommt. Um die Wasserstoffperoxidbleichung auch bei anderen Temperaturen verwenden zu können, gibt man sogenannte Kaltbleichaktivatoren zum Waschmittel. Gegenüber der Chlorbleiche hat die Vorteile in Sachen Umweltverträglichkeit.

## 7) Adsorption von optischen Aufhellern an der Textilfaser.

Mit der Zeit vergilben Textilstücke, was im Allgemeinen ungewünscht. Deswegen sind in fast allen Waschmitteln sogenannte optische Aufheller enthalten. Diese wird im letzten Schritt des Waschens auf die Textiloberfläche aufgebracht und hält über Wasserstoffbrückenbindungen an der Oberfläche fest. Sie absorbieren ultraviolettes Licht und emittieren blau fluoreszierendes Licht, welches wiederum die Gelbstiche kompensiert und sich mit ihnen zu einen weiß addiert.

Ein eindrucksvolles Beispiel für einen natürlich vorkommenden Fluoreszenzfarbstoff bildet das Aesculin aus der Roßkastanie. Man braucht nur einen abgeschnittenen Kastanienzweig in ein Glas mit Wasser stellen und mit einer UV-Lampe (366 nm) bestrahlen. Man kann dabei beobachten, wie eine hellblau fluoreszierende Substanz aus dem Zweig austritt und sich im Wasser löst. Im Querschnitt ist die

farbstoffführende Schicht gut zu sehen. Bei dieser blau fluoreszierenden Substanz handelt es sich um ein 6,7-Dihydroxycumarinderivat ( Aesculin ). Dihydroxycumarine kommen auch in anderen Pflanzen vor (z. B. Tollkirsche, Stechapfel, Fingerhut, Esche) und können durch ihre Fluoreszenz nachgewiesen werden. Die bereits 1929 von Kraus beschriebene blaue Fluoreszenz von Cumarinen führte zur Entwicklung von optischen Aufhellern für Textilfasern.

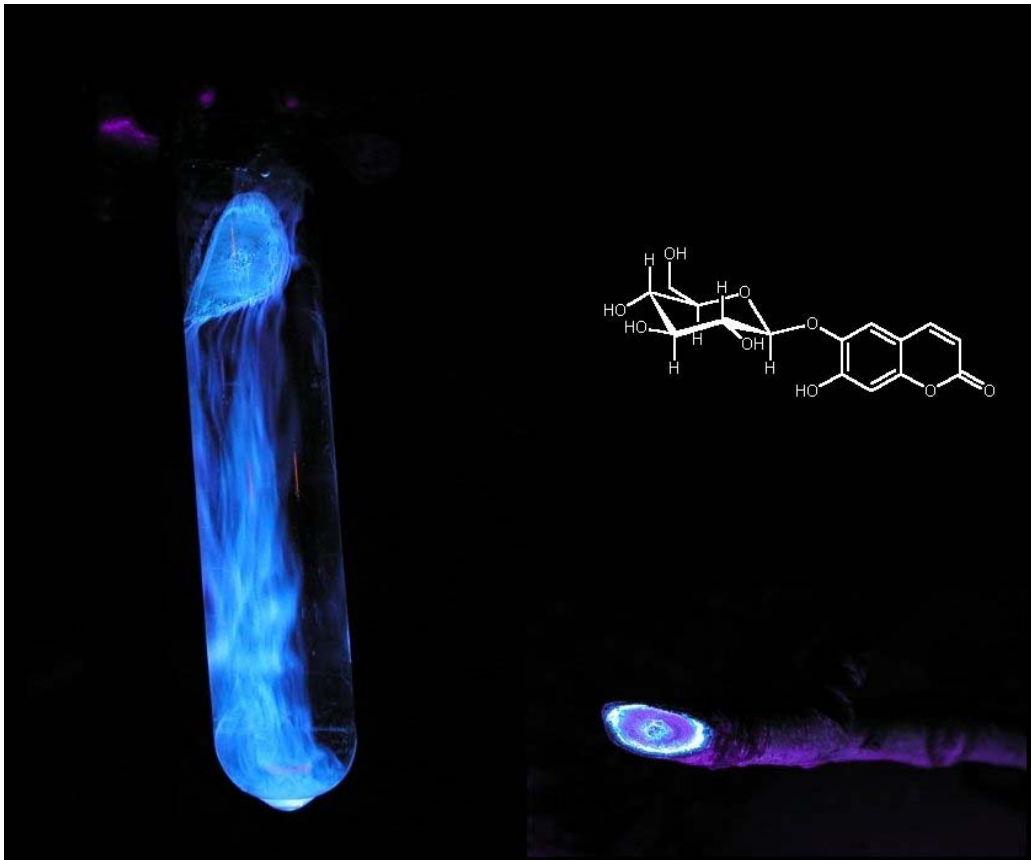


Abbildung: Fluoreszenz am Beispiel der Cumarine



Abbildung: Beispiel der Anwendung von Weißtönern an Briefmarken.

## 6 Gesetzgebung und Umwelteinfluss

”Ohne Wasser gibt es kein Leben,  
Wasser ist ein kostbares,  
für den Menschen unentbehrliches Gut.”<sup>1</sup>

Die Belastung der Umwelt durch von Menschen in die Natur eingebrachte Stoffe wird in den europäischen Industriestaaten durch verschiedene Regelungen und Gesetze begrenzt. In den vergangenen Jahren wurde bei der Gesetzgebung insbesondere den Stoffen, die über das Abwasser in die Gewässer gelangen, immer mehr Bedeutung beigemessen. Darunter fallen natürlich auch die Waschmittel, deren Einbringung in die Umwelt durch folgende Regelungen und Gesetze überwacht und begrenzt werden:

- Europäische Detergenzienverordnung
- Wasch- und Reinigungsmittelgesetz - WRMG
- Tensidverordnung - TensV
- Phosphathöchstmengeverordnung - PHöchstmengV
- Wasserhaushaltsgesetz - WHG
- Chemikalien-Verbotsverordnung – ChemVerbotsV
- Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz – LMBG
- Überwachung der Anforderungen des WRMG
- Biozidgesetz und Europäische Richtlinie 98/8/EG über das Inverkehrbringen von Bioziden

Die Detergenzienverordnung beispielsweise trifft für Begriffsdefinitionen, Anforderungen an Abbaubarkeit, Ausnahmegenehmigungen und Kennzeichnungsvorschriften unmittelbar geltende Regelungen. Im folgenden sollen einige Beispielinhaltsstoffe und deren Umweltauswirkungen beschrieben werden.

---

<sup>1</sup> Europarat; Europäische Wassercharta, Erster Grundsatz. Straßburg 1968



In der Waschlauge bzw. spätestens in der Kläranlage entsteht aus den Polyphosphaten Orthophosphat. Welche Rolle spielen diese Stoffe aus Wasch- und Reinigungsmitteln in der Umwelt? Phosphonate werden in Oberflächengewässern nur langsam abgebaut. Orthophosphat ist in Gewässern unerwünscht, weil es bei großer Zufuhr als Pflanzennährstoff dort übermäßiges Algenwachstum und in der Folge schädliche Eutrophierungserscheinungen hervorruft. In Deutschland werden somit auf Grund der Phosphathöchstmengenverordnung von 1980 und durch weitergehende freiwillige Maßnahmen der Waschmittelindustrie praktisch keine Phosphate mehr in Haushaltswaschmitteln eingesetzt.

Der Tensidgehalt in Gewässern ist im Vergleich zu anderen organischen Mikroverunreinigungen relativ hoch. Pro Jahr gelangen allein durch Haushaltswasch- und Reinigungsmittel etwa 180.000 t Tenside in das Abwasser. Der 90%ige Abbau (=bis zum Verlust der oberflächenaktiven Eigenschaften) gemäß Tensid-Verordnung wird von den heute in Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzten anionischen und nichtionischen Tensiden erfüllt.

Viele biozide Wirkstoffe sind mehr oder weniger persistent. Entsprechend ihrem Einsatzzweck sind sie sehr toxisch für Mikroorganismen, aber natürlich auch für Fische und andere Organismen. Besonders die phenol- und halogenhaltigen bioziden Wirkstoffe können bei entsprechenden Konzentrationen die Funktionstüchtigkeit von biologischen Kläranlagen beeinträchtigen.

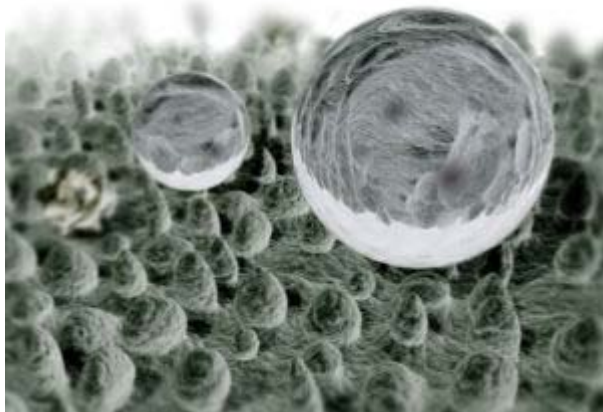
EDTA wird in Waschmitteln als Komplexbildner eingesetzt und ist biologisch nur schwer bzw. gar nicht abbaubar. In Kläranlagen wird es nicht zurückgehalten, da es auf Grund seiner guten Wasserlöslichkeit und geringen Adsorptionsneigung weder abgebaut noch an den Klärschlamm angelagert wird. Es ist somit davon auszugehen, dass fast die gesamte eingesetzte Menge in die Gewässer eingetragen wird. Die negative Wirkungsweise von EDTA und anderer Komplexbildner ist nicht auf stoffspezifische Toxizität zurückzuführen, sondern liegt in den Wechselwirkungen mit anderen Stoffen wie Schwermetallen und Mikronährstoffen, geht also von der Komplexbildungseigenschaft aus. So werden Schwermetalle, wenn sie als Schwermetall-EDTA-Komplex im Abwasser vorliegen, nicht mehr in Abwasserbehandlungsanlagen durch Ausfällung bzw. Anlagerung am Klärschlamm zurückgehalten, sondern gelangen in erhöhtem Maß in die Oberflächengewässer.

Die hohe Mobilität von Schwermetall-EDTA-Komplexen in Gewässern kann zu Trinkwasserbelastungen führen.

## 7 Ausblick

Über eine Million Tonnen Waschmittel werden jährlich in bundesdeutschen Haushalten zum Waschen verschiedenster Textilien verbraucht. Ziel muss in Zukunft sein, Ökologie und Ökonomie optimal zu vereinen. Das bedeutet, dass die Waschaktivität erhöht und die Umweltbelastungen verringert werden müssen. Ein

vielversprechender Schritt könnte sein, die Enzymeigenschaften und –aktivität zu optimieren (Stichwort: Biotechnologie). Eine weitere zukunftsweisende Maßnahme könnte die Veränderung der Materialeigenschaften der zu waschenden Objekte sein. Zu erwähnen ist hier der Lotus-Effekt an



Oberflächen (siehe Bild). Die Adhäsion zwischen Objekt Oberfläche und Wassertropfen (Superhydrophobie) ist dabei so gering, dass das Wasser leicht abperlen kann. Aufliegende Schmutzpartikel, die ebenfalls nur eine kleine Kontaktfläche besitzen, werden dadurch mitgerissen und weggespült. Anwendungsgebiete sind z.B. selbstreinigende Dachziegel und eine selbstreinigende Fassadenfarbe („Lotusan“). Weiterhin lassen sich wasserabweisende „easy-to-clean“-Oberflächen produzieren, die einen geringen Einsatz von Reinigungsmitteln erfordern.

## 8 Experimente

### 1. Versuch: Emulgiervermögen von Seife

#### *Geräte*

Reagenzgläser.

#### *Chemikalien*

Speiseöl, Seifenlösung, Wasser.

#### *Durchführung*

In zwei Reagenzgläser werden je 1 ml Speiseöl und 3 ml Wasser gegeben. In das zweite Reagenzglas fügt man zusätzlich 1 ml einer 5%igen Seifenlösung. Beide Gläser werden geschüttelt.

#### *Beobachtung*

Im ersten Reagenzglas bildet sich eine Emulsion, die sich jedoch nach kurzer Zeit wieder entmischt. Im zweiten Reagenzglas bildet sich neben einer stabilen Emulsion aus Wasser und Öl auch ein wenig Schaum.

#### *Auswertung*

Tensidmoleküle (z. B. die der Seife) besitzen einen hydrophilen und einen lipophilen Teil. Im zweiten Reagenzglas werden die Öltröpfchen mit den Tensidmolekülen umgeben, wobei die lipophilen Teile in die Tröpfchen hineinragen und die hydrophilen Teile nach außen abstehen. Da jedes Tröpfchen so von einer negativen geladenen Schicht umgeben ist, stoßen sich die Tröpfchen gegenseitig ab und können nicht, wie im ersten Reagenzglas, wieder zusammenlaufen.

## 2.Versuch: Dispergiervermögen von Seife

### *Geräte*

4 Erlenmeyerkolben (200 ml), Rührstab aus Glas, 2 Trichter, Filterpapier.

### *Chemikalien*

Wasser, Seifenlösung, Ruß.

### *Durchführung*

In zwei Erlenmeyerkolben gibt man 50 ml Wasser und ein wenig Ruß. In den zweiten fügt man zusätzlich noch 10 ml Seifenlösung hinzu. Beide Gemische werden gründlich gerührt. Anschließend werden beide Lösungen filtriert.

### *Beobachtung*

Im ersten Kolben ist das Filtrat farblos und der Ruß bleibt als Rückstand im Filterpapier. Im zweiten Kolben mit Seifenlösung verbleibt auch Ruß als Rückstand im Filterpapier. Ein Teil ist aber in Lösung gegangen, so daß das Filtrat gräulich gefärbt ist.

### *Auswertung*

Zunächst wird der Ruß mit den Tensidmolekülen der Seife so umgeben (emulgiert), daß die lipophilen Teile der Tenside zum Ruß und die hydrophilen Teile zum Wasser ausgerichtet sind. Gleichzeitig wird der Ruß von der Seife so zerteilt (dispergiert), daß er die Poren des Filterpapiers passieren kann, was mit Wasser allein nicht gelingt. Emulgier- und Dispergiervermögen von Tensiden sind die wichtigsten Voraussetzungen für das Waschen mit Seifen und Waschmitteln.

### 3. Versuch: Basische Reaktion von Seife mit Wasser

#### *Geräte*

2 Reagenzgläser, 2 Stopfen.

#### *Chemikalien*

Kernseife, Ethanol (F), destilliertes Wasser, Universalindikatorpapier.

#### *Durchführung*

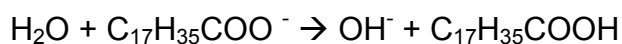
Es werden zwei Seifenlösungen aus ein wenig Kernseife und ca. 5 ml destilliertem Wasser bzw. 5 ml Ethanol hergestellt. Diese Lösungen werden verglichen und mit Universalindikatorpapier überprüft.

#### *Beobachtung*

Die Lösung von Seife in Ethanol bleibt klar und reagiert neutral. Die Lösung von Seife in Wasser ist dagegen leicht trübe und zeigt eine alkalische Reaktion an.

#### *Auswertung*

Einige Wassermoleküle reagieren direkt mit einem Teil der Seifenanionen. Dabei entstehen Hydroxid-Ionen und Fettsäuren:



Die entstehenden Fettsäuren sind wasserunlöslich und verursachen die Trübung. Dagegen reagiert Ethanol nicht mit den Fettsäureanionen.

#### 4. Versuch: Cellulasen in Waschmitteln

##### *Geräte*

2 Reagenzgläser.

##### *Chemikalien*

Color-Waschmittel (mit Cellulasen, ohne Bleichmittel), braune Zwiebelschalen.

##### *Durchführung*

In jedes Reagenzglas werden einige Zwiebelschalen gegeben und die Gläser zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Das erste Glas dient als Vergleich. Zum zweiten Glas einen Spatel des Vollwaschmittels geben. Gut schütteln. Die Ansätze einige Zeit, am besten einige Stunden, stehen lassen.

##### *Beobachtung*

In Glas 1 ist das Wasser gelb-braun gefärbt, die Zwiebelschalen zeigen aber noch ihre bräunliche Farbe. Die Lösung in Glas 2 ist dunkelbraun, die Schalen sind teilweise entfärbt.

##### *Auswertung*

Die braunen Farbstoffe sind in den oberen Zellschichten der Zwiebelschalen eingelagert. Sie können mit Wasser extrahiert werden, dieser Prozeß dauert jedoch relativ lange. Cellulasen greifen diese Zellschichten an, wobei die Farbstoffe schneller freigesetzt werden. Dadurch sind die Farbstoffe auch für Bleichmittel, z.B. aus Vollwaschmitteln, leichter angreifbar. Die gelösten Farbstoffe könnten bei Verwendung eines Waschmittel mit Bleichmittel wieder entfärbt werden.

## 9 Literatur

- Autorenkollektiv, Waschmittelchemie, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg, 1976
- Dörfler, Grenzflächen und Kolloidchemie, VCH, Weinheim, 1994
- <http://www.chemie.uni-ulm.de/experiment/edm0111.html>, 24.Juni 2006
- [http://www.ikw.org/pdf/broschueren/IKW\\_Taetigkeitsbericht\\_2006\\_i.pdf](http://www.ikw.org/pdf/broschueren/IKW_Taetigkeitsbericht_2006_i.pdf), 22.Juni 2006
- <http://www.wikipedia.de>; Stichwort: Lotus-Effekt, 23.Juni 2006
- <http://www.wikipedia.de>; Stichwort: Waschmittel, 22. Juni 2006
- P. Huhn, Seife - eine der ältesten Haushaltschemikalien, Praxis der Naturwissenschaften Chemie, 1/44 (1995), 19-21.
- R. Blume, Chemie für Gymnasien, Organische Chemie Themenheft 1, Cornelsen Verlag, Berlin 1994, 37.
- Stache, Tensidtaschenbuch, Carl Hanser Verlag, München, 1990
- [www.seifenundwaschmittel.de](http://www.seifenundwaschmittel.de), 23. Juni 2006