

REINIGUNGSMITTEL

VORWORT:

Unter Weglassung allen umfangreichen Begleitmaterials zu einer von mir konzipierten und ausgearbeiteten (und unter der dankenswerten Mitarbeit von Klaus Mischel [HS] und Reinhard Peppmeier [RS] halbjährlich eintägigen und mehrere Jahre laufenden) Lehrerfortbildungsveranstaltung im Regierungsbezirk Düsseldorf zum Thema "Reinigungsmittel" sind hier nur die Versuchsvorschriften, mögliche Beobachtungen sowie deren Auswertungen angegeben.

CHEMIE IM ALLTAG

Unter Alltagschemikalien sollen im weitesten Sinne Stoffe verstanden werden, die bestimmte Bedürfnisse von Menschen befriedigen sollen bzw. mit denen Menschen im Alltag in Kontakt kommen können.

Bedürfnisse	Stoffe	Beispiele
Ernährung	Lebensmittel	Luft, Wasser, Nahrungsmittel sowie darin enthaltene Verunreinigungen, Zusatzstoffe und Schadstoffe
Bekleidung	Naturfasern Kunstfasern Farbstoffe REINIGUNGSMITTEL	Baumwolle, Leinen, Wolle, Seide Polyester, Polyacrylnitril, Perlon, Nylon Textilfarben Waschmittel
Wohnung	Baustoffe Kunststoffe Metalle Farbstoffe Brennstoffe Pestizide REINIGUNGSMITTEL	Kalk, Zement, Beton, Glas, Holz PUR-Schaum, Gebrauchsgegenstände aus PE, PVC, PS etc. Aluminium, Stahl, Messing Anstrichfarben Heizöl, Gas, Holz, Kohle Holzschutzmittel, Insektizide Allzweckreiniger, Scheuermittel, Spezialreiniger
Gesundheit	Arzneistoffe Körperpflegemittel	Analgetika, Antibiotika Seife, Shampoo, Zahnpasta, Kosmetika, Duft-/Farbstoffe
Freizeit	Kunststoffe Farbstoffe Brennstoffe Lösemittel Stromquellen	Klebstoffe, Lacke Malfarben Benzin, Diesel, Wachs, Spiritus Terpentin(-Ersatz), Aceton Batterien, Akkus
Beruf	z.B. Büromaterial	Klebstoffe, Schreib-, Kopier-, Löschflüssigkeiten

REINIGUNGSMITTEL

für die Oberflächen von
Gegenständen Textilien Körpern

REINIGER (Putzmittel)	WASCHMITTEL	KOSMETIKA Körperpflegemittel
Allzweckreiniger	Universalwaschmittel	Seife
Scheuermittel	Feinwaschmittel	Shampoo
Geschirreiniger	Spezialwaschmittel	Duschgel
Abflussreiniger	Kompaktwaschmittel	Zahnpasta
WC-Reiniger	Baukastenwaschmittel	Reinigungsmilch
Badreiniger	Waschverstärker
Sanitärreiniger	Weichspüler	
Glasreiniger	Fleckentferner	
Entkalker	"chem." Reinigung	
Backofenreiniger	Teppichreiniger	
Metallreiniger	Polsterreiniger	
Fußbodenreiniger	
....		

Neben Reinigungswirkung und Materialschonung sind an ein Reinigungsmittel noch folgende Anforderungen zu stellen:

- einfache und bequeme Anwendung
- keine sichtbaren Rückstände
- angenehmer Duft
- ansprechendes Aussehen
- gute Hautverträglichkeit
- toxikologische Unbedenklichkeit
- ökologische Unbedenklichkeit
- lange Haltbarkeit
- akzeptabler Preis

REINIGERTYP	ANWENDUNGSBEREICH
Abflussreiniger	verstopfte Abflüsse und Rohre
Backofenreiniger	Backofen- und Grill-Innenräume
Scheuermittel	stark verschmutzte, kratzfeste Oberflächen
Sanitärreiniger	Desinfektion von Oberflächen im Sanitärbereich
WC-Reiniger	WC-Becken
Badreiniger	säurebeständige Oberflächen im Sanitärbereich
Entkalker	Heißwassergeräte, Wasserhähne, Perlatoren
Metallreiniger	Spülen, Herdplatten, Armaturen, "angelaufene" Metalloberflächen (z.B. Silber- Kupfer- Gegenstände)
Geschirrrreiniger	Geschirr, Besteck, Gläser, Töpfe,
Glasreiniger	Fenster, Spiegel o.ä.
Fußbodenreiniger	Fliesen, PVC-, Linoleum-, Holzböden
Allzweckreiniger	abwaschbare Oberflächen

AUSSAGEWERT VON VERPACKUNGSAUFSCHRIFTEN BEI REINIGERN

Bitte stellen Sie anhand der Verpackungsaufschriften wesentliche Aussagen ("Groß-" bzw. "Kleingedrucktes") von Herstellern zu ihrem jeweiligen Reiniger zusammen und vergleichen Sie ggf. mit analogen Produkten anderer Firmen:

Tabelle: Verpackungsaufschriften bei Reinigern

Produktname Hersteller	Reinigertyp	Inhaltsstoffe	Anwendungs-/ Gefahrenhinweise	Werbeaussagen

INHALTSSTOFFE VON R E I N I G E R N

a) Wirkstoffe:

Basen (Alkalien)
Säuren
Reibmittel
Bleichmittel
Lösemittel
Tenside
Enthärter
Konservierungsstoffe
Schaumstabilisatoren
....

Jeder Wirkstoff hat bestimmte Aufgaben beim Reinigungsvorgang zu erfüllen, entweder für sich allein oder (z.T. verstärkend) in Kombination mit anderen (sog. synergistische Wirkung, z.B. Unterstützung der Schmutzlösewirkung von Tensiden durch Phosphate).

b) Zusatzstoffe:

Stellmittel
Hydrotrope
Duftstoffe
Farbstoffe
Verdickungsmittel
Treibgase
Pflegekomponeenten
Hautschutzstoffe
....

Zusatzstoffe liefern keinen Beitrag zur Reinigungswirkung, sondern dienen lediglich als Hilfsmittel bei der industriellen Verarbeitung oder zur Verbesserung der Gebrauchsfähigkeit, des Geruchs oder des optischen Eindruckes.

INHALTSSTOFFE VON R E I N I G E R N

a) Wirkstoffe

Wirkstoffe	Synonyme	Beispiele	Wirkungsweise
Basen	Alkalien	Natrium-/Kaliumhydroxid Soda, Ammoniak-Lösung Metasilicate	Verstärkung der Schmutzablösung Verseifung von Fetten z.T. Korrosionsschutz von Metallen
Säuren	anorganische ("Mineral")-Säuren organische Säuren	Phosphorsäure Na-hydrogensulfat Ameisensäure Zitronensäure	Entfernungen von "Kalk"- Ablagerungen und Metalloxiden (z.B. Rost)
Reibmittel	Poliermittel Abrasivkomponenten Reinigungsminerale	Quarzmehl Kieselgur Marmormehl Kreide	mechanische Entfernung hartnäckiger Verschmutzungen mit feinen Körnungen zur Vermeidung von Kratzspuren
Bleichmittel	Entfärber	Na-percarbonat Na-perborat Na-hypochlorit	Entfernung von farbigen Verschmutzungen durch oxidative Zerstörung von Farbstoffen Geruchsbeseitigung durch Tötung von Mikroorganismen
Tenside	Detergentien Syndets	Seife LAS (lineare Alkylbenzol- sulfonate) FAS (Fettalkohol-sulfate) FAEO (Fettalkohol-ethoxylate)	Verringerung der Ober- bzw. Grenzflächenspannung Umnetzung fettiger Verun- reinigungen Abheben des Schmutzes
Enthärter	Komplexbildner Gerüststoffe "Builder"	Phosphate Zeolithe (z.B. Sasil) EDTA(Ethylendiamintetraacetat) NTA(Nitrilotriacetat)	Enthärtung des Wassers, Verhin-derung von Ablagerungen ("Kalk") Unterstützung des Reinigungs-vorgangs durch Aufbrechen des Schmutzes
Lösemittel		Alkohol Glykolether Benzin Terpentin(ersatz)	Verstärkung der Reinigungs- wirkung durch Lösen von Fetten, Harzen, Farb- und Lackresten

a) Zusatzstoffe (Hilfsstoffe):

Hilfsstoffe	Synonyme	Beispiele	Wirkungsweise
Stellmittel	"Füllstoffe"	Na-sulfat Celluloseether	bei Festprodukten: Erhaltung der Rieselfähigkeit durch Verhinderung von Klumpenbildung bei Flüssigprodukten: Verdickungsmittel
Hydrotrope	Lösungsvermittler	Harnstoff Alkohole Alkylarylsulfonate	Erhöhung der Löslichkeit (z.B. von Tensiden) Stabilisierung klarer Lösungen
Duftstoffe	Parfümöle	Zitronenöl	Verbesserung des Geruchs ("Frischeduft") Desodorierung unangenehmer -Schmutzgerüche
Farbstoffe		wasserlösliche Farbstoffe schwerlösliche Pigmente	Verbesserung des Aussehens Vermeidung von Verwechslungen
Konservierungsstoffe		Formaldehyd QAV (quartäre Ammonium-Verbindungen)	Verbesserung der Haltbarkeit
Pflegekomponenten		Wachse Silikonöl	Bildung eines schmutzabweisenden Überzugs
Hautschutzstoffe		Proteine Lanolin	Erhalt des Säuremantels der Haut Vermeidung von Austrocknen
Verdickungsmittel		fl. Kunststoffe	Stabilisierung von Suspensionen
Treibgase		Propan Butan	Feinverteilung der Wirkstoff-Lösung in Sprays
Antischaum-Mittel	Schaumstabilisatoren	Silikonöl Behenate	Regulierung der Schaumstärke (z.B. in Maschinenspülmitteln)

R E I N I G U N G S M I T T E L

V1: pH-Werte von Reinigungsmittel-Lösungen

- Geräte:** Reagenzgläser, Reagenzglasständer, evtl. pH-Meter
- Chemikalien:** verschiedene Reinigungsmittel, Wasser, Rotkohlsaft, Universalindikator-Lösung (1) bzw. pH-Papier (2) bzw. pH-Teststäbchen (3)
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
Reagenzglas ungefähr 0,5cm hoch mit Reinigungsmittel füllen, ca. 4ml Wasser zugeben und etwa 30sec vorsichtig schütteln. Ungelöste Bestandteile absetzen lassen und Lösung durch Abgießen auf 3 Reagenzgläser verteilen. Durch Zugabe von 2-4 Tropfen Rotkohlsaft bzw. Universalindikator-Lösung (1) sowie Eintauchen von pH-Papier (2) bzw. pH-Teststäbchen (3) Farbe und pH-Wert bestimmen (evtl. Vergleich mit pH-Meter-Werten).

Beobachtungen: Tabelle: pH-Werte von Reinigungsmittel-Lösungen

Handelsname/ Hersteller	Reinigertyp	Farbe Rotkohlsaft	Farbe (1) / (2) / (3)	pH-Wert (2) / (3)
	Scheuerpulver			
	Scheuermilch			
	Handspülmittel			
	Maschinenspülmittel			
	Klarspüler			
	Abflussreiniger			
	WC-Reiniger			
	Badreiniger			
	Sanitärreiniger			
	Sanitärreiniger(neu)			
	Glasreiniger			
	Entkalker			
	Backofenreiniger			
	Metallpolitur			
	Stahlputzmittel			
	Fußbodenreiniger			
	Kern-/Schmierseife			
	Neutralreiniger			
	Essigreiniger			

Beobachtungen:

Reinigungsmittel zeigen je nach Reinigertyp (manchmal sogar bei demselben Typ) in wässriger Lösung verschiedene pH-Werte.
 Wässrige Lösungen von Säuren färben pH-Papier rot.
 Wässrige Lösungen von Basen (sog. Laugen) färben pH-Papier blau.

Auswertung:

Reinigungsmittel lassen sich nach den pH-Werten in wässriger Lösung einteilen in sauer oder neutral oder alkalisch (=basisch) reagierende Stoffe.

Tabelle: Einteilung der Reinigungsmittel

stark sauer pH 0-3	schwach sauer pH4-6	neutral pH7	schwach alkalisch pH8-10	stark alkalisch pH11-14
Klarspüler	Essigreiniger	Handspülmittel	Scheuerpulver	Maschinenspülmittel
WC-Reiniger		Fußbodenreiniger	Scheuermilch	Abflussreiniger
Badreiniger		Neutralreiniger	Sanitärreiniger(neu)	Sanitärreiniger
Entkalker			Glasreiniger	Backofenreiniger
Stahlputzmittel			Metallpolitur	
			Kern-/Schmierseife	

R E I N I G U N G S M I T T E L

V2: Herstellung einer "pH-Orgel"

Geräte: Reagenzgläser, Messpipetten
Chemikalien: Salzsäure (c=1mol/l), Natronlauge (c=1mol/l) [Xi], abgekochtes dest. Wasser, Rotkohlsaft, Universalindikatorlösung (1) bzw. pH-Papier (2) bzw. pH-Teststäbchen (3), Pufferlösungen

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

a) Verdünnungsreihen:
 Genau 1ml Salzsäure (c=1mol/l) in Reagenzglas geben und mit genau 9ml abgekochtem dest. Wasser gut vermischen. Von dieser Lösung wieder genau 1ml entnehmen und erneut mit genau 9ml Wasser wie oben verdünnen. Entsprechend vorgehen bis zum 7. Reagenzglas. Ausgehend von Natronlauge (c=1mol/l) [Xi] analog verfahren. Jede Reagenzglasfüllung auf insgesamt drei Reagenzgläser aufteilen und nach Zugabe von 2-4 Tropfen Rotkohlsaft bzw. Universalindikatorlösung (1) sowie Eintauchen von pH-Papier (2) bzw. pH-Teststäbchen (3) Farbe und pH-Wert bestimmen.

b) Pufferlösungen:
 Pufferlösungen von pH 1-13 gemäß Vorschrift herstellen und jeweils 3ml in Reagenzgläser geben. Nach Zugabe von 2-4 Tropfen Rotkohlsaft bzw. Universalindikatorlösung (1) sowie Eintauchen von pH-Papier (2) bzw. pH-Teststäbchen (3) Farbe beobachten und mit Ergebnissen von a) vergleichen.

Beobachtungen: Tabelle: Färbungen und pH-Werte von Lösungen

Lösungen	pH-Wert berechnet	Farbe Rotkohl	pH-Wert gemessen
HCl (c=1mol/l)	0		
HCl (c=0,1mol/l)	1		
HCl (c=0,01mol/l)	2		
HCl (c=0,001mol/l)	3		
HCl (c=0,0001mol/l)	4		
HCl (c=0,00001mol/l)	5		
HCl (c=0,000001mol/l)	6		
HCl (c=0,0000001mol/l)	7		
NaOH (c=0,0000001mol/l)	7		
NaOH (c=0,000001mol/l)	8		
NaOH (c=0,00001mol/l)	9		
NaOH (c=0,0001mol/l)	10		
NaOH (c=0,001mol/l)	11		
NaOH (c=0,01mol/l)	12		
NaOH (c=0,1mol/l)	13		
NaOH (c=1mol/l)	14		

Tabelle: Färbungen und pH-Werte von Lösungen

Lösungen	pH-Wert berechnet	Farbe Rotkohl	pH-Wert gemessen
Pufferlösung	1		
Pufferlösung	2		
Pufferlösung	3		
Pufferlösung	4		
Pufferlösung	5		
Pufferlösung	6		
Pufferlösung	7		
Pufferlösung	8		
Pufferlösung	9		
Pufferlösung	10		
Pufferlösung	11		
Pufferlösung	12		
Pufferlösung	13		

Auswertung:

.....

Beobachtungen: Tabelle: Färbungen und pH-Werte von Lösungen

Lösungen	pH-Wert berechnet	Farbe Rotkohl	pH-Wert gemessen
HCl (c=1mol/l)	0	weinrot	0
HCl (c=0,1mol/l)	1	rot	1
HCl (c=0,01mol/l)	2	rotviolett	2
HCl (c=0,001mol/l)	3	rotlila	3-4
HCl (c=0,0001mol/l)	4	lila	4-5
HCl (c=0,00001mol/l)	5	blaulila	5-6
HCl (c=0,000001mol/l)	6	blaugrün	6-7
HCl (c=0,0000001mol/l)	7	blaugrün	7
NaOH (c=0,0000001mol/l)	7	blaugrün	7
NaOH (c=0,000001mol/l)	8	blaugrün	7-8
NaOH (c=0,00001mol/l)	9	"taubenblau"	7-8
NaOH (c=0,0001mol/l)	10	grünblau	8-9
NaOH (c=0,001mol/l)	11	grün	10-11
NaOH (c=0,01mol/l)	12	gelbgrün	12
NaOH (c=0,1mol/l)	13	gelb	13
NaOH (c=1mol/l)	14	gelb	14

Tabelle: Färbungen und pH-Werte von Lösungen

Lösungen	pH-Wert berechnet	Farbe Rotkohl	pH-Wert gemessen
Pufferlösung	1	rot	1
Pufferlösung	2	rotviolett	2
Pufferlösung	3	rotviolett	3
Pufferlösung	4	rotlila	4
Pufferlösung	5	lila	5
Pufferlösung	6	blaulila	6
Pufferlösung	7	blaugrün	7
Pufferlösung	8	"taubenblau"	8
Pufferlösung	9	grünblau	9
Pufferlösung	10	grün	10
Pufferlösung	11	grün	11
Pufferlösung	12	gelbgrün	12
Pufferlösung	13	gelb	13

Auswertung:

Da mit zunehmender Verdünnung der Salzsäure bzw. der Natronlauge der Einfluss des Wassers auf den pH-Wert immer größer wird und wegen der fehlenden Pufferung schon geringfügige Mengen an Säure bzw. Base (z.B. Inhaltsstoffe des Rotkohls oder Indikatorfarbstoffe) zu einer Verschiebung des pH-Wertes führen können, stimmen im Gegensatz zu den Pufferlösungen die berechneten und die gemessenen pH-Werte bei den Verdünnungsreihen häufig nicht überein.

Zusammenstellung von Versuchen zum Themengebiet

A B F L U S S R E I N I G E R

- V1: Wirkung von festen Abflussreinigern
- V2: Wirkung von Abflussreinigern auf verschiedene Stoffe
- V3: Wirkung von Abflussreinigern auf Eiweiß
- V4: "Schnell-Analyse" eines festen Abflussreinigers nach "Prof. PICK"
- V5: Verhalten der Abflussreiniger-Bestandteile in Wasser
- V6: Untersuchung des Zusammenwirkens der Abflussreiniger-Bestandteile
- V7: Nachweis von Ausgangsstoffen/Reaktionsprodukten fester Abflussreiniger
- V8: Bestimmung des Hydroxid-Gehalts in Abflussreinigern

A B F L U S S R E I N I G E R

V1: Wirkung von festen Abflussreinigern

- Geräte:** Porzellanschale, U-Rohr, Stativmaterial, Plastikschüssel, Thermometer
- Chemikalien:** **fester Abflussreiniger (z.B. Drano Rohrfrei (Thompson, Düsseldorf)) [C]**, Schmutzgemisch (z.B. Fett(-creme), Haare, Wolle, Zahnpasta, Watte(-stäbchen), WC-Papier, Salatblätter, Teeblätter, Kaffeesatz, Lehm(-Erde)), pH-Papier
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
Schmutzgemisch in Porzellanschale herstellen und damit U-Rohr nur in Biegung verstopfen, so dass Wasser nicht mehr durchlaufen kann. U-Rohr an Stativ befestigen und Plastikschüssel unterstellen. Auf die Seite des U-Rohres mit weniger Wasser gemäß Gebrauchsanweisung des Herstellers etwa 1-2 Teelöffelmengen Abflussreiniger [C] und ca. 3-fache Menge Wasser geben.
Temperaturänderung, Gasentwicklung, Geruch und pH-Wert beobachten.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Beobachtungen:

Nach langsamem Beginn erfolgt schließlich ein stürmisches Aufbrausen, verbunden mit einer starken Erwärmung und dem Geruch nach Ammoniak ("Salmiakgeist"). Das Gemisch reagiert stark alkalisch. Der Schmutzpfropfen wird gelockert und zerteilt, so dass Wasser wieder abfließen kann und dadurch der Flüssigkeitsstand in beiden U-Rohr-Schenkeln gleich hoch wird. Die Salatblätter werden schwarz.

Auswertung:

Starke Erwärmung und Gasentwicklung führen zum Aufbrechen der Verstopfung (mechanische Wirkung). Die stark alkalische Reaktion bewirkt zusätzlich eine teilweise Verseifung von Fetten, so dass das Gemisch einen Schaum bildet. Pflanzenteile werden zersetzt (chemische Wirkung).

A B F L U S S R E I N I G E R

V2: Wirkung von Abflussreinigern auf verschiedene Stoffe

- Geräte:** Reagenzgläser mit Stopfen bzw. Petrischalen, Glasstab
- Chemikalien:**
- 1): **fester Abflussreiniger (z.B. Drano Rohrfrei (Thompson, Düsseldorf))**
 - 2): **flüssiger Abflussreiniger (z.B. Abflussfrei flüssig (Yankee Polish Lüth, Reinbek)) [C]**
 - a) Haare, Wolle, Fleisch(-Wurst)
 - b) Fett (z.B. Kokosfett, Margarine, Pflanzenöl)
 - c) Watte, WC-Papier, Baumwolle
evtl. Zucker, Brot, Stärkekleister
 - d) Aluminium (-Folie, -Schraubverschluss, -Grieß),
Kupfer (-Blech, -Stücke),
Zink (-Draht, -Blech),
Eisen (-Nagel), nichtrostender Stahl (-Draht),
Messing (-Schraube)
 - e) Kunststoffe [z.B. PE (Plastiktüte),
Weich-PVC (weiche oder aufblasbare Spielzeuge),
PS (aufgeschäumt als Styropor),
PA (als Nylon bzw. Perlon: Strumpfhose, Ballonseide),
PUR (Schuhsohle, Montage-Schaum),
Silikone (Sanitär-Dichtungsmasse),
Gummi (Dichtungsring)]
 - f) Marmor, Glas, Emaille, Fliese (glasiert/unglasiert)
 - g) lackiertes Holz
 - h) Zahnpasta, Kalk, Lehm
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
- 1): Stoffe ca. 1cm hoch in Reagenzglas füllen (bzw. in Petrischale legen) und mit 2-3 Spatelspitzen festem Abflussreiniger [C] sowie ca. 2ml Wasser bedecken bzw. heiße Abflussreiniger-Lösung [C] auf Oberfläche von Stoffen tropfen und einwirken lassen. Nach 5/15/60min und längerer Zeit (Wochen/Monate) beobachten (z.B. Konsistenz mit Glasstab prüfen).
 - 2): Stoffe ca. 1cm hoch in Reagenzglas füllen (bzw. in Petrischale legen), ca. 2ml flüssigen Abflussreiniger [C] zutropfen bzw. auf Oberfläche von Stoffen tropfen und einwirken lassen. Nach 5/15/60min und längerer Zeit (Wochen/Monate) beobachten (z.B. Konsistenz mit Glasstab prüfen).

Beobachtungen: a)
.....
b)
.....
c)
.....
d)
.....
.....
e)
.....
f)
.....
g)
.....
h)
.....

Auswertung: a)
.....
b)
.....
c)
.....
d)
.....
e)
.....
f)
.....
g)
.....
h)
.....

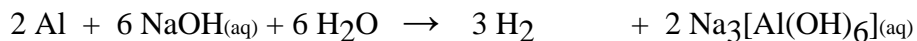
Beobachtungen:

- a) Die Stoffe werden mit der Zeit zu einer breiähnlichen Masse zerkleinert.
- b) Fette bilden mit der Zeit eine schäumende Emulsion.
- c) Die Stoffe werden nur unwesentlich in ihrer Konsistenz verändert, gelegentlich quellen sie etwas auf.
- d) - Aluminium löst sich unter Gas- und Wärmeentwicklung schnell auf.
- Bei Kupfer tritt an der Oberfläche nach längerer Einwirkung eine Blaufärbung auf.
- Zink löst sich unter Gas- und Wärmeentwicklung auf.
- Eisen bildet rotbraune Flocken, nichtrostender Stahl wird praktisch nicht angegriffen.
- Messing kann unter schwacher Gasentwicklung an der Oberfläche rau und leicht bläulich werden.
- e) PE und PS verändern sich nicht, Weich-PVC wird härter und brüchig.
Nylon und Perlon lösen sich mit der Zeit zu einer breiähnlichen Masse.
PUR wird weich und breiig.
Die Silikonmasse und Gummi werden durch die Laugen praktisch nicht angegriffen.
- f) Marmor wird nicht angegriffen.
Glas wird mit der Zeit matt, sich berührende Glas-gegenstände werden unlöslich miteinander "verkittet".
Manche Emaille-Sorte sowie die Glasur mancher Fliesen wird matt, die Fliesen selber bleiben unverändert.
- g) Die Lackschicht wirkt angegriffen.
- h) Zahnpasta-, Kalk- oder Lehmreste werden nicht verändert, auch nicht gelöst.

Auswertung:

- a) Die Protein-Bestandteile dieser Stoffe werden durch die starke Lauge so verändert, dass nicht nur eine Denaturierung durch Zerstörung der Tertiär- und Sekundärstruktur eintritt, sondern auch eine Zerlegung der Aminosäureketten durch Spaltung von Peptidbindungen.
- b) Fette werden durch die Lauge zerlegt in Glycerin und Seifen (= Natrium- bzw. Kaliumsalze langkettiger Fettsäuren), die eine emulsionsstabilisierende Wirkung haben und Schaum bilden können (vgl. Kapitel "Seifen und Spülmittel").
- c) (*Auf FEHLINGSche Lösung negativ reagierende = nichtreduzierende*) Mehrfach-Zucker wie das Disaccharid Saccharose (= Haushaltszucker = Rohrzucker = Rübenzucker) oder Vielfachzucker wie die Polysaccharide Cellulose (z.B. bei Baumwolle, Watte u.ä.) bzw. Stärke (*im wesentlichen ein Gemisch von Amylose und Amylopektin*) sind im Gegensatz zu den (*FEHLINGpositiven = reduzierenden*) Einfachzuckern wie den Monosacchariden Glucose (= Traubenzucker) oder Fructose (= Fruchtzucker) (*aufgrund ihrer alkalistabilen etherartigen Acetal-Bindung zwischen den Einfachzucker-Bausteinen*) weitgehend unempfindlich gegenüber Laugen. Durch verstärkte Wasser-Einlagerung zwischen die (untereinander verknäuelten oder miteinander verwundenen) Makromolekül-Ketten der Polysaccharide kann es allenfalls zu Quellvorgängen bei stärke- bzw. cellulosehaltigen Stoffen kommen.
- d) - Aluminium setzt sich mit Laugen um unter Bildung von Wasserstoff und Aluminiumhydroxid, das leicht zu Hydroxoaluminaten weiterreagiert:

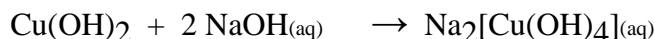
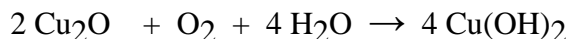
Aluminium + Natronlauge → Wasserstoff + Natrium-hydroxo-aluminat



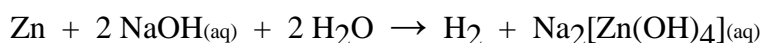
- Kupfer kann als Halbedelmetall allenfalls schwach reagieren:

An der Luft wird Kupfer langsam an der Oberfläche zu dem roten Kupfer(I)-oxid Cu_2O oxidiert, das fest haftet und für die typische Färbung des (eigentlich hellroten) Kupfers (vgl. Kupferfolie nach Reinigung in z.B. verd. Salzsäure) verantwortlich ist.

In alkalisch reagierender Umgebung kann es in Gegenwart von (Luft-)Sauerstoff weiteroxidiert werden zu dem blauen Kupfer(II)-hydroxid $\text{Cu}(\text{OH})_2$, das sich u.U. in sehr starken Laugen unter Bildung eines (ebenfalls blauen) Hydroxocuprats lösen kann:



- Zink reagiert ähnlich wie Aluminium mit Laugen unter Bildung von Wasserstoff und Zinkaten:



- Eisen wird in (luft- und kohlendioxidhaltigem) Wasser bzw. entsprechender Lauge unter Bildung von rotbraunem Eisen(III)-oxid-Hydrat (= "Rost") $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (= $2 \text{FeO}(\text{OH})$) oxidiert, das von der Oberfläche abblättert und in der Lauge nicht löslich ist:

$$4 \text{Fe} + 3 \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{FeO}(\text{OH})$$
 - Messing kann als Legierung von Kupfer und Zink mit Laugen unter Bildung von Kupfer(II)-hydroxid (bzw. ggf. auch Cuprat), Zinkat und Wasserstoff reagieren (s.o.).
- e)
- Da die Kunststoffe Polyethylen PE und Polystyrol PS unpolare CH-Verbindungen sind, finden die OH^- -Ionen keine Angriffsstellen (vgl. sichere Aufbewahrung von Natronlauge in PE-Flaschen).
 - In Weich-PVC werden als Weichmacher i.a. Ester (*der Phthalsäure*) verwendet, die durch Laugen gespalten werden (*in Alkohol und Alkalisalz der Phthalsäure*) und dadurch ihre weichmachende Wirkung verlieren.
 - Bei den Polyamiden Nylon und Perlon kann (ähnlich wie bei Estern) die Amid-Bindung durch Laugen zerlegt werden (*unter Bildung einer Amin- und einer Carboxylat-Gruppe*), so dass die Makromoleküle in kleine Bruchstücke gespalten werden können.
 - Bei Polyurethanen kann eine analoge Spaltung der gleichzeitig vorhandenen Ester- und Amid-Bindung eintreten.
 - Bei den Elastomeren Silikon und Gummi (= vulkanisierter Kautschuk) werden wegen fehlender Angriffsmöglichkeiten für OH^- -Ionen keine Bindungen gespalten.
- f)
- Marmor als (im wesentlichen) Calciumcarbonat bietet für Laugen keine Reaktionsmöglichkeiten.
 - Glas kann im Laufe der Zeit von Laugen unter Bildung löslicher Alkali-Silikate angegriffen werden. Diese Alkali-Silikate (= "Wasserglas") sind sehr säure-empfindlich, so dass schon bei kohlenstoffdioxidhaltiger feuchter (also "normaler") Luft eine Zersetzung unter Bildung von (letztlich polymerer) kristalliner Kieselsäure eintreten kann.
 - Dies gilt ähnlich für andere (z.B. nicht genügend hoch erhitzte) Silikate in Glasuren, während die gesinterten Silikate (*wegen kaum noch vorhandener Si-OH-Bindungen*) laugenstabil sind.
- g)
- Je nach Art des Lack-Grundstoffs (z.B. Polyester oder Polyurethane, s.o.) kann eine Reaktion mit Laugen eintreten.
- h)
- Zahnpasta enthält neben speziellen Wirkstoffen (z.B. gegen Karies), Schaumbildnern, Bindemitteln, Farb- und Geschmacksstoffen, Wasser und Feuchthaltemitteln im wesentlichen Putzkörper z.B. Schlammkreide (=Calciumcarbonat), die wie Kalk (=Calciumcarbonat) nicht mit Laugen reagiert.
 - Lehm als (im wesentlichen) Silikat-Wasser-Gemisch ist ebenfalls weitestgehend inert gegenüber Laugen.

Beobachtungen:

- a) Eiklar-Lösung bzw. unverdünntes Eiklar bilden bei Laugenzusatz einen durchsichtigen, gallertartigen Pfropfen. Beim Stehen lassen wird die Masse dünnflüssig.
- b) Bei Zugabe von Ethanol entsteht ein weißer, hochviskoser Niederschlag, der sich bei Laugenzusatz auflöst.

Auswertung:

- a) Die OH^- -Ionen bewirken zunächst eine Veränderung der Sekundärstruktur (= räumliche Anordnung der Aminosäure-Bausteine in der Proteinkette, z.B. eine schraubenförmige (α -Helix)Anordnung, in der zwischen der C=O-Gruppe eines Aminosäure-Bausteins und der N-H-Gruppe des darauf folgenden vierten Aminosäure-Bausteins intramolekulare Wasserstoffbrücken-Wechselwirkungen gebildet werden) bzw. Tertiärstruktur (= räumliche Anordnung z.B. einer solchen Helix, etwa eine bestimmte Faltung oder Knäuelung infolge weiterer Wasserstoffbrücken oder durch Disulfid-Bindungen), indem z.B. Wasserstoffbrücken ge- bzw. zerstört werden, so dass Eiweiße ihre spezifische Funktion (z.B. als Bio-Katalysatoren nach einem (nunmehr nicht mehr passenden) "Schlüssel-Schloss"-Prinzip) verlieren.
In einer länger dauernden Zeitreaktion kann schließlich auch die Primärstruktur (= Reihenfolge der Aminosäure-Bausteine in der Proteinkette) durch Spaltung der Peptid-Bindung zwischen den Aminosäure-Bausteinen zerstört werden.
- b) Die Zugabe von Ethanol bewirkt durch eine Veränderung von Wasserstoffbrücken sowie des Umfangs der Hydrathüllen (des sog. Hydratationsgrades) und der damit verbundenen Änderung der räumlichen Anordnung der Proteinkette eine Zerstörung der Tertiär- bzw. Sekundärstruktur. Diese sog. Denaturierung führt zu einer Löslichkeitsverringerng.
Die Zugabe von Lauge hat eine wieder verstärkte Hydratation zur Folge, so dass die Löslichkeit zunimmt. Im weiteren Verlauf kann es dann jedoch auch zu einer Zerstörung der Primärstruktur kommen (s.o.).

A B F L U S S R E I N I G E R

V4: "Schnell-Analyse" eines festen Abflussreinigers nach "Prof. PICK"

Geräte: (Öko-)Papierblätter (z.B. DIN A4), Pinzette, Uhrgläser, Reagenzgläser, Hammer, Amboss, Gasbrenner, Magnesiumrinne, Transformator, Kabel, Leitfähigkeitsprüfer, Glühlampe (evtl. Amperemeter)

Chemikalien: **fester Abflussreiniger (z.B. Drano Rohrfrei (Thompson, Düsseldorf)) [C]**
dest. Wasser

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
1 Teelöffelmenge Abflussreiniger [C] locker auf Blatt Papier verteilen (evtl. auf Zeitungsunterlage), mit Pinzette verschieden aussehende Bestandteile herauspicken und jeweils auf Uhrglas sammeln. Stoffeigenschaften untersuchen (z.B. Aussehen, Löslichkeit in Wasser, Verformbarkeit, Schmelzbarkeit, elektr. Leitfähigkeit im festen bzw. gelösten Zustand).

Beobachtungen:
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Auswertung:
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Beobachtungen:

- a) - graue Körnchen
- schwer löslich in Wasser
- mit Hammer zu Plättchen verformbar
- in Brennerflamme schmelzbar
- elektrisch leitfähig

----> **Substanz X**

- b) - weiße Körnchen, die nach kurzer Zeit feucht erscheinen und am Papier "kleben"
- klar löslich in Wasser
- bricht beim Verformen auseinander
- in Brennerflamme schmelzbar
- wässrige Lösung elektrisch leitfähig, Gasentwicklung an beiden Elektroden

----> **Substanz Y**

- c) - weiße Körnchen, die trocken erscheinen
- klar löslich in Wasser
- bricht beim Verformen auseinander
- in Brennerflamme schmelzbar
- wässrige Lösung elektrisch leitfähig, Gasentwicklung an beiden Elektroden

----> **Substanz Z**

Auswertung:

Fester Abflussreiniger (z.B. Drano Rohrfrei (Thompson, Düsseldorf) ist ein Gemisch von (mind.) drei verschiedenen Substanzen:

a) Substanz X:

- metallisch aussehender Feststoff
- keine Veränderung in Wasser
- plastisch verformbar
- Schmelztemperatur < Temperatur der Brennerflamme (ca. 800°C)
- Leiter 1.Ordnung (d.h. keine chemischen Reaktionen an den Elektroden: Metalle = Elektronenleiter, d.h. elektrische Leitfähigkeit durch frei bewegliche Elektronen als Ladungsträger)

Substanz X: relativ niedrig schmelzendes Metall

b) Substanz Y:

- hygroskopischer Feststoff
- gut löslich in Wasser
- spröde
- Schmelztemperatur < Temperatur der Brennerflamme (ca. 800°C)
- Leiter 2.Ordnung (d.h. chemische Reaktionen an den Elektroden: Ionenleiter = Elektrolyt, d.h. elektrische Leitfähigkeit durch frei bewegliche Ionen als Ladungsträger, die selbst oder deren Hydrat-Hülle an den Elektroden durch Elektronenaufnahme bzw. -abgabe "chemisch" verändert werden)

Substanz Y: hygroskopische, salzartige (Ionen-)Verbindung

c) Substanz Z:

- nichthygroskopischer Feststoff
- gut löslich in Wasser
- spröde
- Schmelztemperatur < Temperatur der Brennerflamme (ca. 800°C)
- Leiter 2.Ordnung (d.h. chemische Reaktionen an den Elektroden: Ionenleiter = Elektrolyt, d.h. elektrische Leitfähigkeit durch frei bewegliche Ionen als Ladungsträger, die selbst oder deren Hydrat-Hülle an den Elektroden durch Elektronenaufnahme bzw. -abgabe "chemisch" verändert werden)

Substanz Z: salzartige (Ionen-)Verbindung

A B F L U S S R E I N I G E R

V5: Verhalten der Abflussreiniger-Bestandteile in Wasser

Geräte: Reagenzgläser, Reagenzglasklammer, evtl. Thermometer (0°-150°C)

Chemikalien: Abflussreiniger-Bestandteile X, Y [C] , Z [O], Aluminium-Grieß (A), Natriumhydroxid-Granulat (B) [C], Natriumnitrat-Körner (C) [O], pH-Papier (evtl.: halbkonz. Salpeter-säure [C], Kalklauge [C], 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O])

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
 Jeweils 1 Spatelspitze X bzw. Y [C] bzw. Z [O] in Reagenzglas geben, mit ca. 1ml Wasser versetzen und etwa 1min lang schütteln. Temperaturänderung (evtl mit Thermometer), Gasentwicklung, Geruch und pH-Änderung (im Vergleich zu Wasser) beobachten. Analog mit den Substanzen A, B [C] und C [O] verfahren.

Beobachtungen:

Tabelle: Verhalten der Abflussreiniger-Bestandteile in Wasser

Bestandteil	T-Änderung	Gasentwicklung	Geruch	pH-Änderung
X				
Y				
Z				
A				
B				
C				

Auswertung:

.....

.....

.....

Evtl.: Prüfung auf Stellmittelzusatz:
 Aluminium-Granulat aus festem Abflussreiniger [C] entfernen. 1-2 Spatelspitzen der weißen Körnchen in ca. 1ml Wasser lösen und tropfenweise mit halbkonz. Salpetersäure [C] versetzen, bis Lösung sauer reagiert:

- Carbonat-Nachweis: schon bei Säurezugabe Gasentwicklung, evtl. CO₂-Nachweis mit Kalklauge [C] (z.B. Glasstab mit Tropfen Kalklauge in Gasraum halten)
- Chlorid-Nachweis : weißer Niederschlag bei Zutropfen einer 5%igen Silbernitratlösung [C] [O]

Beobachtungen:

Tabelle: Verhalten der Abflussreiniger-Bestandteile in Wasser

Bestandteil	T-Änderung	Gasentwicklung	Geruch	pH-Änderung
X	----	----	----	evtl. pH>7
Y	Erwärmung	----	----	pH 14
Z	(Abkühlung)	----	----	evtl. pH>7
A	----	----	----	----
B	Erwärmung	----	----	pH 14
C	Abkühlung	----	----	----

Evtl. : entstehendes Gas trübt Kalklauge bzw.
Bildung eines schwerlöslichen Niederschlags in AgNO₃-Lösung

Auswertung:

a) Substanz X = Aluminium (A) [Schmelztemperatur 660°C]

b) Substanz Y = Natriumhydroxid (B) [Schmelztemperatur 318°C]

c) Substanz Z = Natriumnitrat (C) [Schmelztemperatur 306°C]

Die bei Natriumhydroxid (B) auftretende Erwärmung bei Wasserzugabe (sog. Lösungswärme) rührt daher, dass die Summe der Hydratisierungsenergien für die Na⁺- und die OH⁻-Ionen deutlich größer ist als die relativ niedrige Gitterenergie des Ionenverbands {(Na⁺)₁(OH⁻)₁} (vgl. Schmelztemperatur).

Bei Natriumnitrat (C) ist die Summe der Hydratisierungsenergien für die Na⁺- und die NO₃⁻-Ionen etwas kleiner als die ebenfalls relativ niedrige Gitterenergie des Ionenverbands {(Na⁺)₁(NO₃⁻)₁} (vgl. Schmelztemperatur), so dass bei Wasserzugabe die zur Überwindung der Gitterenergie erforderliche Energie der Umgebung entnommen wird, die sich dadurch abkühlt.

In keinem Fall laufen bei Wasserzugabe zu den isolierten Substanzen chemische Reaktionen unter Gas- bzw. Geruchsentwicklung ab. Natriumhydroxid (B) ist verantwortlich für die alkalische Reaktion des Abflussreinigers.

X und Z reagieren nur im Falle einer Kontamination durch Y (=B) alkalisch.

Evtl. : Bildung von schwerlöslichem CaCO₃ bzw.
Bildung von schwerlöslichem AgCl.

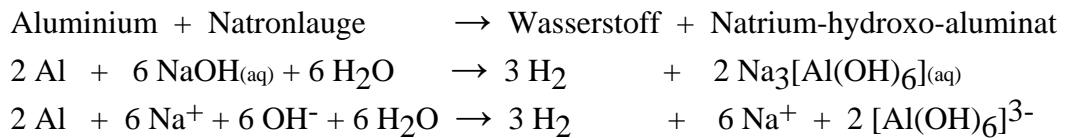
Beobachtungen: Tabelle: Zusammenwirken der Substanzen A, B und C

Kombinationen	T-Änderung	Gasentwicklung	Geruch	pH-Änderung
A + B	Erwärmung	++++, brennbar	----	stark basisch
A + C	Abkühlung	----	----	----
B + C	Erwärmung	----	----	stark basisch
A + B + C	Erwärmung	++++, nicht brennbar	++++ nach "Riechsalz"	stark basisch

Auswertung:

a) Kombination (A+B):

Exotherme Reaktion von Aluminium mit Natronlauge unter Bildung von Wasserstoff und Natrium-hydroxo-aluminat (als Wort-, Formel- und Teilchen-Gleichung):



Analog zu Na und Ca könnte auch Al schon allein mit Wasser reagieren zu Aluminiumhydroxid und Wasserstoff, wenn nicht die Oxidhaut an der Oberfläche des Aluminiums die Umsetzung behindern würde. Daher läuft die Reaktion nur dann ab, wenn sich mit Hydroxidionen ein gut löslicher Hydroxo-Komplex des Aluminiums bilden und somit die Reaktion an einer freien Aluminium-Oberfläche weiterlaufen kann.

b) Kombination (A+C):

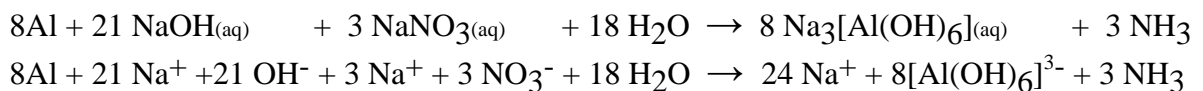
Abgesehen von der durch Natriumnitrat hervorgerufenen Abkühlung bei Wasserzugabe (vgl. Abflussreiniger V5) keine Veränderungen.

c) Kombination (B+C):

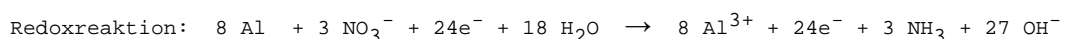
Abgesehen von Lösungswärme und alkalischer Reaktion des Natriumhydroxids keine Veränderungen.

d) Kombination (A+B+C):

Stark exotherme Reaktion unter Bildung von Natriumaluminat und des typisch riechenden Gases Ammoniak (als Formel- und Teilchen-Gleichung):



Genau genommen läuft dabei eine Elektronenübertragungsreaktion (=Redoxreaktion) ab, bei der Al-Atome unter Elektronenabgabe zu Al^{3+} -Ionen "oxidiert", NO_3^- -Ionen unter Elektronenaufnahme zu NH_3 -Molekülen "reduziert" werden:



A B F L U S S R E I N I G E R

V7: Nachweis von Ausgangsstoffen/Reaktionsprodukten fester Abflussreiniger

Geräte: Reagenzgläser, Klammer, Brenner, Magnesiastäbchen, Cobaltglas, Glasstab, Filtriergerät, Magnesiarinne

Chemikalien: Bestandteile X, Y [C], Z [O] (bzw. Substanzen A, B [C], C [O]), pH-Papier
kalt gesättigte Eisen(II)-sulfat-Lösung [Xi],
20%ige Schwefelsäure [C], konz. Schwefelsäure [C],
Nitrat-Teststäbchen
konz. Salzsäure [C], Ammoniumchlorid [Xn], 0,1%ige
Cobalt(II)-nitrat-Lösung [T],
(evtl. 5%ige Aluminiumsulfat-Lösung, 10%ige Natriumhydroxid-
Lösung [C])

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

a) Ausgangsstoffe:

- Nachweis von Natrium- bzw. Kalium-Verbindungen:
Mit glühendem Magnesiastäbchen etwas X aufnehmen und an Saum der rauschenden Brennerflamme halten. Flammenfärbung ohne und mit Cobaltglas beobachten. Nach Ausglühen bzw. Abbrechen der Spitze des Magnesiastäbchens mit den anderen Stoffen Y [C] und Z [O] wiederholen.
- Nachweis von (Alkali-)Hydroxid [C]:
Wenige Körnchen Y [C] (bzw. B [C]) auf angefeuchtetes pH-Papier legen
- Nachweis von Nitrat:
 - "Ringprobe":
Wenige Körnchen Z [O] (bzw. C [O]) in 1ml Wasser lösen, mit gleicher Menge kalt gesättigter Eisen(II)-sulfat-Lösung [Xi] und 1 Tropfen 20%iger Schwefelsäure [C] versetzen und vorsichtig mit 2ml konz. Schwefelsäure [C] unterschichten (im schräg gehaltenen Reagenzglas herunterlaufen lassen).
 - Nitrat-Teststäbchen (vgl. Gebrauchsanweisung)

b) Reaktionsprodukte:

- Nachweis von Ammoniak [C]:
Bei der Reaktion des Abflussreinigers [C] mit Wasser angefeuchtetes pH-Papier bzw. Glasstab mit 1 Tropfen konz. Salzsäure [C] an Öffnung des Reagenzglases in Gasraum halten.
- Nachweis von Aluminium-Verbindungen:
1ml der Abflussreiniger-Lösung [C] mit Ammoniumchlorid [Xn] versetzen, bis beim Aufkochen weißer Niederschlag ausfällt. Filtrieren, auswaschen und etwas davon auf Magnesiarinne geben, mit 1 Tropfen einer stark verdünnten Cobalt(II)-nitrat-Lösung [T] befeuchten und in der rauschenden Brennerflamme bis zur Türkisfärbung glühen.
(Evtl. zum Vergleich: 1ml 5%ige Aluminiumsulfat-Lösung mit etwas 10%iger Natriumhydroxid-Lösung [C] und Ammoniumchlorid [Xn] versetzen, bis beim Aufkochen Niederschlag ausfällt. Etc. s.o.)

Beobachtungen: a)
.....
.....
b)
.....
.....
c)
.....
.....
d)
.....
.....
e)
.....
.....

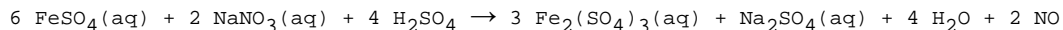
Auswertung: a)
.....
.....
b)
.....
.....
c)
.....
.....
d)
.....
.....
e)
.....
.....

Beobachtungen:

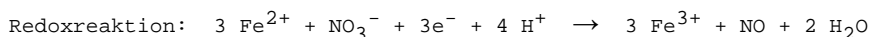
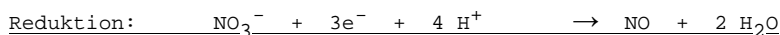
- a) gelbe Flammenfärbung bei Y, Z, B, C (mit Cobaltglas keine, evtl. bei Z rote Flammenfärbung)
- b) Blaufärbung von pH-Papier bei Y und B (evtl. auch bei X und Z infolge Kontamination durch Y)
- c) - brauner Ring an Grenzfläche konzentrierte Schwefelsäure/
Eisen(II)-sulfat-Lösung
- Violett-Färbung des Teststäbchens
- d) weißer Rauch
- e) (Grün-blaue) Türkisfärbung

Auswertung:

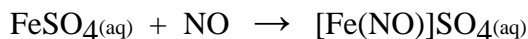
- a) Die gelbe Flammenfärbung bei Y, Z, B und C deutet jeweils auf eine Natrium-Verbindung. Da Natrium-Verbindungen schon in Spuren eine gelbe Flammenfärbung verursachen, die u.U. andere Färbungen überdecken kann, betrachtet man die Flammenfärbung durch ein (blaues) Cobaltglas: Die Komplementärfarbe Gelb wird dabei "gelöscht" und die bei Z evtl. auftretende rote Färbung ergibt sich als Mischfarbe von (Cobalt-)Blau mit der für Kalium-Verbindungen eigentlich typischen violetten Flammenfärbung, d.h. je nach Hersteller kann Z auch eine Kalium-Verbindung sein.
- b) Die gute Löslichkeit und die alkalische Reaktion von Y und B in Wasser deuten auf Alkalimetall-Hydroxide (im Zusammenhang mit (a) auf Natriumhydroxid).
- c) - Bildung von braun gefärbtem Eisen(II)-nitroso-sulfat:



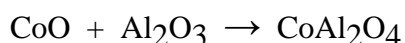
Genau genommen ist dies eine Redoxreaktion, bei der Fe^{2+} - durch Elektronenabgabe zu Fe^{3+} -Ionen "oxidiert", NO_3^- -Ionen durch Elektronenaufnahme zu NO-Molekülen reduziert werden:



Das entstandene Stickstoffmonoxid NO bildet dann mit noch vorhandenem überschüssigem Eisen(II)-sulfat die Komplex-Verbindung Eisen(II)-nitroso-sulfat:



- Bildung eines Azo-Farbstoffs in der Reaktionszone des Teststäbchens.
- d) Bildung eines (kristallinen) Feststoffs, nämlich Ammoniumchlorid (= "Salmiak"), aus dem bei der Reaktion des Abflussreinigers mit Wasser entstehenden Gas Ammoniak (= "Salmiakgeist") und dem aus konzentrierter Salzsäure freiwerdenden Gas Chlorwasserstoff:
$$\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$$
- e) Bei starkem Erhitzen entsteht aus Cobalt(II)-nitrat Cobalt(II)-oxid bzw. aus Aluminiumhydroxid Aluminiumoxid, die gemeinsam einen blau gefärbten Spinell (sog. Thénards Blau) bilden:



A B F L U S S R E I N I G E R

V8: Bestimmung des Hydroxid-Gehalts in Abflussreinigern

Geräte: Waage, Pipette, 50ml-Bürette, Peleusball, 250ml-Weithals-Erlenmeyerkolben, weiße Unterlage

Chemikalien: 1) **fester Abflussreiniger** (z.B. Drano Rohrfrei (Thompson, Düsseldorf))
 2) **flüssiger Abflussreiniger** (z.B. Abflussfrei flüssig (Yankee Polish Lüth, Reinbek)) [C]
 Salzsäure (c=1mol/l), Bromthymolblau-Indikator-Lösung (0,1g Bromthymolblau in 100ml 20%igem Ethanol)

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
 1): 2g festen Abflussreiniger [C] im Erlenmeyerkolben genau abwiegen, in ca. 50ml Wasser lösen, Ende der Reaktion abwarten und dann mit Salzsäure gegen 2-4 Tropfen Bromthymolblau-Lösung [Umschlagsbereich: (gelb) pH6,0 - pH7,4 (blau)] bis zur Grünfärbung titrieren.
 2): Genau 5g flüssigen Abflussreiniger [C] mit ca. 50ml Wasser im Erlenmeyerkolben verdünnen und mit Salzsäure gegen 2-4 Tropfen Bromthymolblau-Lösung bis zur Grünfärbung titrieren.
 Versuche jeweils mindestens dreimal wiederholen.

Beobachtungen: Tabelle: Verbrauch an Salzsäure (c=1mol/l) in [ml]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
Abflussreiniger (fest)											
Abflussreiniger (flüssig)											

Auswertung: 1):

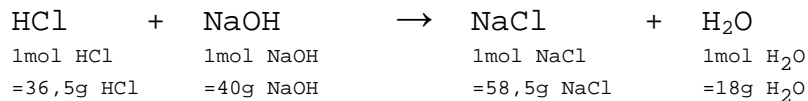
 2):

Beobachtungen: Tabelle: Verbrauch an Salzsäure (c=1mol/l) in [ml]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
Abflussreiniger (fest)	29,5	31,1	30,2	29,9	30,6	28,8	31,4	29,3	30,5	28,9	30,02
Abflussreiniger (flüssig)	22,5	21,8	22,3	21,6	21,7	22,2	22,3	21,8	21,7	22,4	22,04

Auswertung:

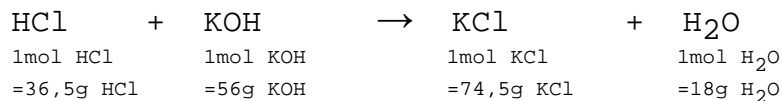
- 1): 2,0g fester Abflussreiniger benötigt zur Neutralisation 30ml Salzsäure (c=1mol/l).
30ml Salzsäure (c=1mol/l) enthalten 0,03mol HCl und neutralisieren gemäß



auch 0,03mol NaOH (= 0,03mol·40g/mol) = 1,2g NaOH.

Folglich enthält der feste Abflussreiniger $1,2\text{g} \cdot 100\% / 2,0\text{g} =$
60 (Massen-)% Natriumhydroxid.

- 2): 5,0g flüssiger Abflussreiniger benötigt zur Neutralisation 22ml Salzsäure (c=1mol/l).
22ml Salzsäure (c=1mol/l) enthalten 0,022mol HCl und neutralisieren gemäß



auch 0,022mol KOH (= 0,022·56g/mol) = 1,232g KOH.

Folglich enthält der flüssige Abflussreiniger $1,232\text{g} \cdot 100\% / 5\text{g} =$
ca. 25 (Massen-)% Kaliumhydroxid.

A B F L U S S R E I N I G E R

Rahmenrezeptur für feste Abflussreiniger		Rahmenrezeptur für flüssige Abflussreiniger	
Alkalihydroxid	ca. 50-70%	Alkalihydroxid	ca. 25%
Natriumnitrat	ca. 15%	organische Lösemittel	ca. 3%
Aluminium	ca. 2%	Tenside	ca. 2%
Stellmittel	ca. 0-15%	Wasser	ca. 70%

Bei festen Abflussreinigern ist der Hauptbestandteil i.a. Natriumhydroxid, das sich in Wasser unter starker Wärmeentwicklung löst (*sog. Lösungsenergie = Differenz der Gitter- und Hydratationsenergien*). Die entstehende stark alkalisch reagierende Lösung (**VORSICHT!! STARK ÄTZEND!! HAUT UND BESONDERS SCHLEIMHÄUTE (AUGEN, NASE, MUND) SCHÜTZEN!!!!**) ist in der Lage, im Schmutz enthaltene Fette (*durch "Verseifung" = Spaltung von Esterbindungen unter Bildung von Seifen, die eine zusätzlich schmutzlösende Wirkung entfalten*) und Proteine (*durch Spaltung von Amidbindungen unter Bildung der Na-Salze von Aminosäuren*) zu zerlegen. Erleichtert wird dies noch durch die starke Erwärmung. (*Nichtreduzierende*) Kohlenhydrate wie Cellulose und Stärke werden dagegen (*wegen ihrer alkalistabilen Acetalgruppierungen*) chemisch nicht angegriffen, allenfalls kann es zu Aufquellungen kommen.

Die Lockerung der Verstopfung wird gefördert durch einen "Wirbeleffekt" (**VORSICHT!! SPRITZGEFAHR!!!!**), der durch die Bildung von gasigem Ammoniak aus Natriumnitrat in "Zusammenarbeit" mit der hochkonzentrierten Lauge und Aluminium entsteht (ohne Nitratzusatz würde brennbarer und im Gemisch mit Luft explosionsfähiger Wasserstoff entstehen).

Um die Rieselfähigkeit des Produkts zu erhalten, also ein Zusammenbacken zu verhindern, werden die hygroskopischen Natriumhydroxid-Körnchen mit einer dünnen Wachsschicht überzogen bzw. *sog. Stellmittel* zugesetzt, die Luftfeuchtigkeit als Kristallwasser binden können (*z.B. kalzierte [= wasserfreie] Soda Na_2CO_3 zu $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$*).

Die flüssigen Abflussreiniger bestehen zu mehr als 2/3 aus Wasser, in dem als Hauptbestandteil i.a. Kaliumhydroxid gelöst ist. Die stark alkalische Lösung hat die gleiche Funktion wie bei festen Abflussreinigern, nur fehlen Erwärmung und "Wirbeleffekt" als zusätzliche schmutzlockernde Faktoren. Stattdessen sind geringe Mengen an Tensiden zugefügt sowie Lösemittel für Fette und ähnlich lösliche Stoffe. Manchmal ist auch noch Natriumhypochlorit enthalten, das für eine schnellere (*oxidative*) Zerkleinerung von Haaren und eine gewisse Desinfektion sorgen soll.

B A C K O F E N R E I N I G E R

Rahmenrezeptur für Backofenreiniger	
Alkalihydroxid	5-10%
Tenside	2-10%
Lösemittel	5-10%
Hydrotrope	1-2%
Verdickungsmittel	2-3%
Antischaummittel	0-1%
Treibgas	2-10%
Wasser	ad 100

Backofenreiniger sollen "selbsttätig auch hartnäckige Verkrustungen beseitigen". Zu diesem Zweck enthalten sie starke Basen (z.B. *Natriumhydroxid*), die vor allem bei höherer Temperatur die angebrannten, fettigen und z.T. verkohlten Speisereste aufquellen bzw. verseifen und damit leichter löslich machen können. Unterstützt wird dies durch Tenside und Lösemittel (z.B. *Ethanol, Glykole, Glykolether*). Um auch an senkrechten Flächen eine ausreichend lange Einwirkzeit zu gewährleisten, werden die Backofenreiniger entweder mit Hilfe von Verdickungsmitteln hochviskos eingestellt oder als Aerosole angeboten, so dass sich auf der Oberfläche ein gut haftender Schaum bildet. Als Treibgas wird i.a. ein (brennbares!!!!) Propan/Butan-Gemisch verwendet (**VORSICHT!! EXPLOSIONSGEFAHR IN GASBACKÖFEN!!**).

Aufgrund der stark alkalischen Reaktion (pH13-14) sind die Backofenreiniger ähnlich gefährlich einzustufen wie die Abflussreiniger. Infolge der feinen Verteilung der Wirkstoffe beim Sprühen sind insbesondere Schleimhäute stark gefährdet (z.B. Nies- und Hustenreiz oder Augengefährdungen, etwa beim vorzeitigen Öffnen des Backofens zwecks Kontrolle des Reinigungseffektes). Außerdem greift die starke Lauge lackierte Flächen, Linoleum und Aluminium-Teile an.

Schließlich ist der zeitliche Aufwand bei der Verwendung von Backofenreinigern oft größer als bei der normalen Reinigung mit Scheuerpulver, Bürste, Plastikkratzern oder tensidhaltigen Stahlwollekissen (am besten sofort nach Gebrauch des Backofens!!): Um die Lauge zu verdünnen (**GUMMIHANDSCHUHE!!**) und Reinigerreste möglichst vollständig zu entfernen, muss nach Gebrauch abgelöster Schmutz mit viel Wasser entfernt und mehrfach nachgewaschen werden (evtl. zur "Neutralisation" mit Essigwasser).

S C H E U E R M I T T E L

- V1: Wirkungsvergleich von Scheuerpulver und Scheuermilch
- V2: Korngrößen- und Härtevergleich der Reibmittel in Scheu-
pulver und Scheuermilch
- V3: Ermittlung des Reibmittelanteils in Scheuerpulver und
Scheuermilch
- V4: Vergleich und Identifizierung der Reibmittel

S C H E U E R M I T T E L

V1: Wirkungsvergleich von Scheuerpulver und Scheuermilch

- Geräte:** Gegenstände/Materialien mit glatter Oberfläche:
Glas (z.B. Objektträger, entgratete Glasbruchstücke, Reagenzgläser)
Metalle (z.B. Folien, Bleche, Rohrstücke o.ä. von Aluminium, Kupfer, Eisen, nichtrostendem Stahl, Weißblech, Messing), Essbesteck
Kunststoffteile (z.B. Schüsseln, Plexiglasstücke, Küchenarbeitsflächen)
Geschirr, Fliesen (glasiert/unglasiert)
Emaile
lackiertes Holz
(weißer) Baumwolllappen bzw. (Papier-)Küchentuch
- Chemikalien:** Scheuerpulver (z.B. **Ata [Henkel, Düsseldorf], Leonti [Luhns, Wuppertal]**)
Scheuermilch (z.B. **Klarin [Reinelt, Friedberg]**)
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
Materialproben gemäß Gebrauchsanweisung mit Lappen oder Papier scheuern und nach dem Trocknen prüfen (z.B. mit Fingernagel darüber streichen), ob Oberfläche glatt blieb oder matt (bzw. "riefig") wurde und ob auf Lappen oder Papier Abriebspuren sind.
- Beobachtungen:**
- Auswertung:**

Beobachtungen:

Scheuerpulver: nur bei Stahl und Messing bleibt die Oberfläche glatt, die Oberfläche der anderen Materialien wird matt.

Scheuermilch : nur bei Kunststoffen und lackierten Flächen wird die Oberfläche matt, die Oberfläche der anderen Stoffe bleibt glatt.

Das Reibtuch bzw. -papier wird bei Scheuerpulver durch Abrieb bei (nichtoxidierten) Metalloberflächen dunkel gefärbt, kaum dagegen bei Scheuermilch.

Auswertung:

Scheuerpulver ist nur für widerstandsfähige (harte, kratzfeste) Oberflächen geeignet:

Härte des Reibmittels in Scheuerpulver
> Härte des Reibmittels in Scheuermilch

Daher ist Scheuermilch auch für empfindlichere (weniger harte) Oberflächen geeignet (z.B. Glas, Aluminium, Kupfer, Emaille).

S C H E U E R M I T T E L

V2: Korngrößen- und Härtevergleich der Reibmittel in Scheuerpulver und Scheuermilch

Geräte: Waage, (gleichgroße) Reagenzgläser, cm-Maß, Filtriergerät, Trockenschrank

Chemikalien: Scheuerpulver (z.B. **Ata [Henkel, Düsseldorf], Leonti [Luhns, Wuppertal]**)
Scheuermilch (z.B. **Klarin [Reinelt, Friedberg]**)
Wasser

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
5g Scheuermittel in Reagenzglas mit 10ml Wasser kräftig schütteln und etwa 15min stehen lassen, überstehende Lösung vorsichtig dekantieren. Vorgang zweimal wiederholen.
Nochmals 10ml Wasser zugeben, gut umrühren und nach ca. 10min Höhe des Bodensatzes und Höhe der klaren Lösung messen und zeichnerisch festhalten. Etwas von beiden Bodensätzen abfiltrieren, bei 120°C im Trockenschrank trocknen und Härte durch Reiben zwischen Daumen und Zeigefinger bzw. Verstreichen auf dem Handrücken vergleichen.

Beobachtungen:
.....
.....
.....
.....
.....

Auswertung:
.....
.....
.....
.....
.....

Rezept zur Herstellung eines extra feinen Scheuerpulvers für empfindliche Flächen:

150g Schlämmkreide, 80g Soda, 50g Seifenflocken, 5Tropfen Zitronenöl.
Seifenflocken fein mahlen, mit Schlämmkreide und Soda gut verrühren, Zitronenöl einrühren, abfüllen.
Haltbarkeit ca. 8 Monate.

Beobachtungen:

- Das Reibmittel von Scheuermilch bleibt länger in der Schwebelage, sinkt also langsamer unter als das Reibmittel von Scheuerpulver.
- Beim Rühren eines Scheuermittel-Wasser-Gemischs mit einem Glasstab vernimmt man bei Scheuerpulver ein stärkeres (Schleif-)Geräusch als bei Scheuermilch. Nach dem Trocknen fühlt sich das Reibmittel von Scheuermilch weicher an als das Reibmittel von Scheuerpulver.

Auswertung:

- Unter der Voraussetzung, dass die Dichten der beiden verschiedenartigen Reibmittel etwa gleich groß sind (*Reibmittel in Scheuerpulver i.a. Quarz(-mehl) [Dichte ca. 2,6g/cm³], Reibmittel in Scheuermilch i.a. Marmor(-mehl) [Dichte ca. 2,7g/cm³]*), lässt sich über die unterschiedliche Sinkgeschwindigkeit (*nach Entfernung von dabei störenden Inhaltsstoffen wie z.B. Tensiden und Verdickungsmitteln durch mehrfaches Aufschlännen mit Wasser*) grob ein Korngrößenvergleich anstellen:

Korngröße: Reibmittel (Scheuermilch) < Reibmittel (Scheuerpulver)

- Aufgrund des (Schleif-)Geräuschs und des (Reib-)Gefühls kann man einen groben Härtevergleich vornehmen:

Härte Reibmittel (Scheuermilch) < Härte Reibmittel (Scheuerpulver)

(Nach der MOHSSchen Härteskala: Härte (Marmor) = 3, Härte (Quarz) = 7)

S C H E U E R M I T T E L

V3: Reibmittelanteil in Scheuerpulver und Scheuermilch

Geräte: 100ml-Bechergläser, Waage, Saugflasche, Nutsche, Filterpapier, Wasserstrahlpumpe, Trockenschrank

Chemikalien: Scheuerpulver (z.B. **Ata [Henkel, Düsseldorf]**, **Leonti [Luhns, Wuppertal]**)
Scheuermilch (z.B. **Klarin [Reinelt, Friedberg]**)
Wasser

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
10g Scheuermittel genau abwiegen und in 100ml Wasser einrühren. Größten Teil absetzen lassen, erst überstehende Flüssigkeit, danach Rest abnutschen. Filterrückstand mehrfach mit Wasser auswaschen und dann bei 120°C im Trockenschrank trocknen. Anschließend zurückwiegen.

Beobachtungen:
.....
.....
.....
.....
.....

Auswertung:
.....
.....
.....
.....
.....

Beobachtungen:

Die Reibmittel sinken nur langsam ab und lassen sich schwer filtrieren.

- Ausgehend von 10g Scheuerpulver bleiben ca. 8g zurück.
- Ausgehend von 10g Scheuermilch bleiben ca. 5g zurück.

Auswertung:

Aufgrund der geringen Korngröße setzen sich die Reibmittel nur langsam ab und verstopfen schnell die Filterporen.

- Der Reibmittelanteil in Scheuerpulver liegt bei ca. 80%.
- Der Reibmittelanteil in Scheuermilch liegt bei ca. 50%.

S C H E U E R M I T T E L

V4: Vergleich und Identifizierung der Reibmittel

- Geräte:** Reagenzgläser, Glasstab, Gaseinleitungsrohr, Magnesiastäbchen, Brenner, Tropfpipetten, Becherglas, evtl. Taschenspektroskop
- Chemikalien:** Isolierte Reibmittel aus Scheuerpulver (z.B. **Ata [Henkel, Düsseldorf]**, **Leonti [Luhns, Wuppertal]**) bzw. Scheuermilch (z.B. **Klarin [Reinelt, Friedberg]**)
- a) 10%ige Salzsäure [**Xi**], Kalklauge [**C**]
 - b) Magnesium-Pulver [**F**], 10%ige Salzsäure [**Xi**]
 - c) 10%ige Bariumchlorid-Lösung [**Xn**], 10%ige Salzsäure [**Xi**]
- pulverisierte Proben von Calciumcarbonat, Silicium-dioxid (z.B. Kieselgur), Calciumsulfat (z.B. Gips, (Schul-)Kreide)
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
- a) Carbonat-Nachweis:
Spatelspitze beider Reibmittel-Proben mit 1-2ml 10%iger Salzsäure [**Xi**] versetzen und bei Gasentwicklung Glasstab mit Tropfen Kalklauge [**C**] in Gasraum halten bzw. Gas in Kalklauge einleiten.

(Evtl.: Nachweis von Calcium-Verbindungen:
Ausgeglühtes Magnesiastäbchen in obige salzsaure Lösung tauchen und in Saum der nichtleuchtenden Brennerflamme halten, Flammenfärbung prüfen;
ggf. mit Taschenspektroskop charakteristische Linien beobachten.)
- Falls Carbonat-Nachweis negativ bzw. auch in überschüssiger Salzsäure schwer löslicher Rückstand:
- b) Silikat-Nachweis:
2g gut getrocknete Reibmittel-Probe intensiv mit 0,5g Magnesium-Pulver [**F**] vermischen (bzw. direkt 1g Scheuerpulver + 1g Magnesium-Pulver [**F**] einsetzen) und in schräg eingespanntem Reagenzglas stark erhitzen, bis Reaktion unter Aufglühen einsetzt (**VORSICHT! SPRITZGEFAHR!**).
Nach Erkalten kleine Portionen des Reaktionsprodukts unter Abzug in Becherglas mit ca. 20ml 10%ige Salzsäure [**Xi**] geben. Nach Beendigung der Verpuffungen Rückstand abfiltrieren und neutral waschen.

Evtl. in Reagenzglas überführen, 10%ige Natronlauge [**C**] zugeben, entstehendes Gas [**F**] pneumatisch auffangen und auf Brennbarkeit prüfen
bzw.: getrockneten Rückstand mit gleichgroßer Menge Natriumhydroxid [**C**] versetzen und dieses schmelzen, Knallgasprobe [**!**] bzw. Brennbarkeit prüfen.
Dekantierte Lösung vorsichtig mit 10%iger Salzsäure ansäuern.

Beobachtungen:

a) Carbonat-Nachweis:

Bei Zugabe von Salzsäure zu dem Reibmittel aus Scheuermilch bildet sich ein Gas, das Kalklauge trübt.

Die salzsaure Lösung färbt die nichtleuchtende Brennerflamme gelb-rot, das Spektrum zeigt eine rote und eine grüne Linie links bzw. rechts von einer gelben Linie.

b) Silikat-Nachweis:

Bei starkem Erhitzen des Reibmittels aus Scheuerpulver (bzw. direkt des Scheuerpulvers) mit Magnesium setzt unter Aufglühen eine Reaktion ein, die selbständig weiterläuft unter Bildung eines bräunlichen Reaktionsprodukts, das mit Salzsäure unter Gasentwicklung reagiert, wobei sich das entstehende Gas an der Luft von selbst unter Rauchentwicklung entzündet und in der Flüssigkeit ein grauer, unlöslicher Stoff zurückbleibt.

Bei Zugabe von Natronlauge löst sich dieser graue Stoff unter Bildung eines brennbaren Gases.

Beim Ansäuern der alkalischen Lösung bildet sich ein voluminöser bis gallertartiger weißer Niederschlag.

(In einer Natriumhydroxid-Schmelze bildet sich ebenfalls ein Gas, das eine positive Knallgasprobe zeigt und brennbar ist.)

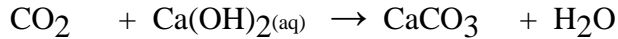
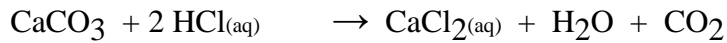
c) Sulfat-Nachweis:

Im salzsauren Filtrat bildet sich nach Zugabe von Bariumchlorid-Lösung ein schwerlöslicher Niederschlag.

Auswertung:

a) Carbonat-Nachweis:

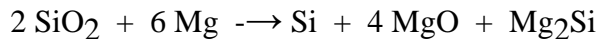
Bei dem Reibmittel in Scheuermilch handelt es sich um Calciumcarbonat, das mit Salzsäure unter Bildung von gasigem Kohlenstoffdioxid reagiert, das seinerseits mit Kalklauge schwerlösliches Calciumcarbonat bildet:



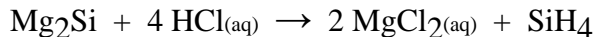
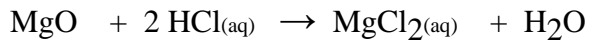
Für Ca-Verbindungen typisch sind die "ziegelrote" Flammenfärbung bzw. im Spektrum eine rote und eine grüne Spektrallinie zu beiden Seiten der gelben Na-Linie. Letztere ist vor allem deshalb zusätzlich zu beobachten, da Na-Verbindungen (etwa aus anderen Inhaltsstoffen, z.B. Tensiden) in Spuren bei der Aufarbeitung mitgeschleppt werden können.

b) Silikat-Nachweis:

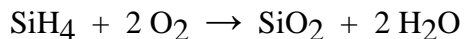
Siliciumdioxid reagiert in einer Redoxreaktion mit Magnesium unter Bildung von Silicium, Magnesiumoxid und Magnesiumsilicid:



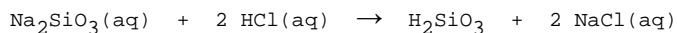
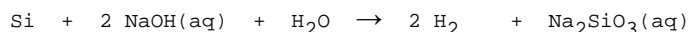
Mit Salzsäure setzt sich dann das Magnesiumoxid um zu Magnesiumchlorid und Wasser, das Magnesiumsilicid dagegen zu Magnesiumchlorid und Siliciumwasserstoff (= Silan), wobei das vorher entstandene Silicium ungelöst zurückbleibt:



Silan reagiert spontan mit (Luft-)Sauerstoff unter Bildung von (festem) Siliciumdioxid und Wasser:



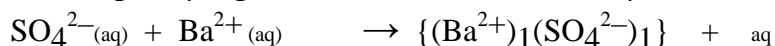
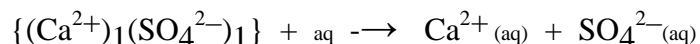
Silicium schließlich kann sich mit Natronlauge umsetzen zu Wasserstoff und einer Natriumsilikat-Lösung ("Wasserglas"-Lösung), aus der sich beim Ansäuern (letztlich polymere) Kieselsäure abscheidet:



c) Sulfat-Nachweis:

Erhitzen von Calciumsulfat in Salzsäure führt zu einer gewissen Löslichkeitserhöhung bzw. zur stärkeren Freisetzung von Calcium- und Sulfat-Ionen als beim bloßen Erwärmen in Wasser.

Die Sulfat-Ionen lagern sich dann mit Barium-Ionen zu schwerlöslichem Bariumsulfat zusammen:



S C H E U E R M I T T E L

	Rahmenrezeptur für	
	Scheuerpulver	Scheuermilch
Reibmittel	80-95% (i.a. Quarzmehl)	ca. 50% (i.a. Marmormehl)
Tenside	1-5%	1-5%
Komplexbildner	1-5%	1-5%
Alkalien	1-5%	1-2%
Bleichmittel	0-5%	----
Verdickungsmittel	----	1-2%
Lösemittel	----	1-2%
Duft-/Farbstoffe	++++	++++
Wasser	----	ad 100

Scheuermittel sind geeignet für hartnäckige Verschmutzungen (z.B. eingetrocknete oder eingebrannte Substanzen) auf weitgehend unempfindlichen Oberflächen. Die Reinigung erfolgt hauptsächlich durch die mechanische Wirkung des wasserunlöslichen Reibmittels während des Wischens. Tenside, Komplexbildner und Alkalien haben lediglich eine unterstützende Funktion.

a) Scheuerpulver:

In Scheuerpulvern wird als Reibmittel überwiegend Quarzmehl verwendet, das aufgrund seines hohen Härtegrades von 7 trotz einer Korngröße $< 0,1\text{mm}$ zu Kratzern etwa bei Emaile, weichen Metallen (Aluminium, Silber, z.T. auch Messing), Kunststoffen (Plexiglas, PVC-Böden), Glas und lackierten Oberflächen führen kann. Als Bleichmittel mit zusätzlich desinfizierender Wirkung (*oxidative Zerstörung mikrobieller Krankheitserreger*) werden heute anstelle der schneller wirkenden chlorabspaltenden Stoffe, deren unangenehmer Geruch oft durch Parfümzugabe überkompensiert wurde, aus toxikologischen und ökologischen Gründen zumeist Peroxo-Verbindungen verwendet, die in Wasser Wasserstoffperoxid freisetzen, das bei Raumtemperatur langsam unter Sauerstoffbildung zerfällt. Um einen (*vor allem durch Spuren von Schwermetallverbindungen katalysierten*) vorzeitigen Zerfall der Peroxo-Verbindungen zu verhindern bzw. zu vermindern, können Stabilisatoren (z.B. *Magnesiumsilikat*) zugesetzt werden.

b) Scheuermilch:

Flüssige Scheuermittel werden wegen ihrer schonenderen Wirkung besonders bei empfindlichen Oberflächen eingesetzt, sind aber in der Herstellung aufwendiger und damit teurer. Sie bestehen etwa zur Hälfte aus dem deutlich weicheren Marmormehl (Härtegrad 3, Korngrößenverteilung $0,01-0,04\text{mm}$), das wegen seiner Dichte von ca. 3g/cm^3 die Zugabe von Verdickungsmitteln (z.B. *flüssige Polyacrylate oder Cellulose-Ether*) erfordert, damit die in Wasser eigentlich instabile Suspension ausreichend lagerfähig wird. Zur Verstärkung der Reinigungswirkung werden Lösemittel zugesetzt (z.B. *Glykolether für Fette, Wachse, Lackreste*).

S A N I T Ä R R E I N I G E R

- V1: pH-Wert und Bleichwirkung von Sanitärreinigern
- V2: Desinfektions- und Desodorierungswirkung von Sanitärreinigern
- V3: "Chlor"-Reiniger = "Klo"-Reiniger?
- V4: Nichteignung von Sanitärreinigern
- V5: Herstellung von Natriumhypochlorit(-Lösung)
- V6: Nachweis von Inhaltsstoffen in Dan Klorix®
- V7: Nachweis von Inhaltsstoffen in Domestos fresh®
- V8: Herstellung und Reaktionen von Wasserstoffperoxid
- V9: Bestimmung des Oxidationsmittelgehalts in Sanitärreinigern
- V10: Volumetrische Bestimmung des Wasserstoffperoxid-Gehalts in Domestos fresh® Sanitärreiniger (*Lever Sunlicht, Hamburg*)
- V11: Redox-Bestimmung des Wasserstoffperoxid-Gehalts in Domestos fresh® Sanitärreiniger (*Lever Sunlicht, Hamburg*)

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V1: pH-Wert und Bleichwirkung von Sanitärreinigern

- Geräte:** Reagenzgläser, (Stopp-)Uhr, Schraubdeckelgläser bzw. Bechergläser, Petrischalen, Glasstab
- Chemikalien:** 1) *Dan Klorix Hygienereiniger (Colgate-Palmolive, Hamburg)*
2) *Domestos fresh Sanitärreiniger (Lever Sunlicht, Hamburg)*
- a) pH-Papier, Universalindikator-Lösung, Rotkohlsaft, Natriumhydrogencarbonat
b) Rotwein, Heidelbeersaft, Sauerkirschsaft, Schwarze-Johannisbeeren-Most, Möhrensaft
c) gebleichtes/ungebleichtes Papier mit Bleistiftstrichen, verschiedenfarbigen Tinten- und Faserschreiberstrichen, (rote) Blütenblätter, Benzin **[F]**
d) farbige Stoffreste (z.B. blue jeans)
e) weiße Textilien aus Baumwolle, Viskose, Polyester oder Polyamid mit Farbflecken (vgl.b)), Gras-, Kaffee-, Tee-, Rost-, Stock-, Fettflecken, "geräucherte" Gardinen(-reste)
f) rohe Baumwolle, Jute, Stroh, Holz, 10%ige Natriumcarbonat-Lösung **[Xi]** bzw. Seife

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

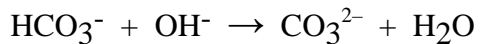
- a) Angefeuchtetes pH-Papier in Probe von **1)** und **2)** halten bzw. Universalindikator-Lösung oder Rotkohlsaft zugeben, pH-Wert und Entfärbungszeit bei **1)** und **2)** vergleichen.
Ca. 1ml **1)** mit etwa gleicher Menge Natriumhydrogencarbonat versetzen, pH-Wert und Entfärbungszeit mit obigen Werten vergleichen.
- b) Je 1-2ml der farbigen Lösungen mit der gleichen Menge **1)** bzw. **2)** versetzen und Entfärbung vergleichen.
- c) Papier-Proben und (mit etwas Benzin abgeriebene) Blütenblätter in **1)** bzw. **2)** legen.
- d) Auf farbige Stoffreste **1)** bzw. **2)** tropfen und einwirken lassen.
- e) Auf Flecken in weißen Textilien **1)** bzw. **2)** tropfen und einwirken lassen.
- f) Pflanzliches Rohmaterial kurz in 10%iger Natriumcarbonat-Lösung **[Xi]** aufkochen oder mit Seife waschen, um Fett zu entfernen, und dann in **1)** bzw. **2)** legen.
Von Zeit zu Zeit Farbe und mit Glasstab Konsistenz prüfen.

Beobachtungen:

- a) Bei **1)**: pH 12-13, schnelle Entfärbung des pH-Papiers, der Universalindikator-Lösung und des Rotkohlsaftes.
Bei **2)**: pH 9, langsame Entfärbung des pH-Papiers, der Universalindikator-Lösung und des Rotkohlsaftes.
Bei **1)** + Natriumhydrogencarbonat: pH 8-9, noch schnellere Entfärbung als bei **1)** allein.
- b) Bei **1)** schnellere, bei **2)** langsamere Entfärbung bzw. Gelbfärbung der farbigen Lösungen.
- c) Ungebleichtes Papier wird aufgehellt.
Farbige Striche werden verschieden schnell entfärbt, Bleistiftstriche werden nicht entfärbt.
Rote Blütenblätter werden zunächst blau, dann hellgelb.
- d) Der "Blue-jeans"-Farbstoff wird farblos bis gelblich.
- e) Farb-, Gras-, Stock-, Tee- und Nikotin-Flecken werden relativ gut, Fett-Flecken kaum und Rost-Flecken gar nicht entfernt.
- f) Die hellbraun gefärbten Rohmaterialien werden aufgehellt, eine Veränderung der Konsistenz tritt nicht auf.

Auswertung:

- a) Sowohl **1)** wie **2)** reagieren alkalisch, d.h. es liegen viele OH^- -Ionen vor. Der Zusatz von NaHCO_3 zu **1)** bewirkt eine Erniedrigung des pH-Werts, da die Menge an OH^- -Ionen durch Reaktion mit den HCO_3^- -Ionen im Zuge einer "Neutralisationsreaktion" abnimmt:



Die Indikatorfarbstoffe werden oxidativ zerstört, wobei **1)** verglichen mit **2)** ein stärkeres Oxidationsmittel enthalten muss, das in einem (mit dem von **2)** vergleichbaren) pH-Bereich von 8-9 noch schneller wirkt.

- b) Pflanzliche Farbstoffe wie Anthocyan-Farbstoffe (z.B. in Kirschsaft) oder Carotin-Farbstoffe (z.B. in Möhrensaft) werden oxidativ zerstört, wobei der schnelleren Wirkung zufolge **1)** ein stärkeres Oxidationsmittel enthält als **2)**.
- c) Es findet eine oxidative Zerstörung der Farbstoffe (bei rotem Blütenfarbstoff evtl. kurzzeitig mit einer vorherigen Blaufärbung wg. der alkalischen Reaktion verbunden) statt, mit Graphit, dem "Farbstoff" des "Blei"-Stifts dagegen tritt keine chemische Reaktion ein.
- d) Der Farbstoff Indigo wird zu einem gelblichem Produkt oxidiert.
- e) Die Farbstoffe in den Flecken werden weitgehend oxidativ zerstört.
Bei Fetten läuft keine schnelle fettspaltende und damit fleckentfernende Reaktion ab, allenfalls kann bei Raumtemperatur aufgrund der Alkalität der Sanitärreiniger eine langsame Verseifung bzw. durch ihren Gehalt an Oxidationsmittel eine partielle Addition an die C=C-Doppelbindung von ungesättigten Fetten stattfinden.
Bei Rost [$\approx \text{FeO}(\text{OH})$] ist keine Weiteroxidation möglich, ebenso tritt keine (fleckentfernende) Komplexierung der Eisen-Ionen auf.
- f) In Roh-Cellulose werden gelb-braune Farbstoffe zerstört, ohne dass die (alkalisch stabile und weitgehend oxidationsresistente) Cellulose-Struktur wesentlich verändert wird.

Bei **1)** handelt es sich lt. Herstellerangabe im wesentlichen um eine alkalisch eingestellte Natriumhypochlorit-Lösung, aus der als eigentlicher Wirkstoff das sehr starke Oxidationsmittel Hypochlorige Säure HOCl entsteht.

2) enthält das Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid H_2O_2 als Wirkstoff.

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V2: Desinfektions- und Desodorierungswirkung von Sanitärreinigern

- Geräte:** Reagenzgläser, Objektträger, Mikroskop, Petrischalen
- Chemikalien:**
- 1) **Dan Klorix Hygienereiniger (Colgate-Palmolive, Hamburg)**
 - 2) **Domestos fresh Sanitärreiniger (Lever Sunlight, Hamburg)**
- a) abgestandenes Blumenwasser, Heuaufguss, Abwasser
- b) stinkende Vasen bzw. Siphons bzw. Mülleimer bzw. Putzlappen, Schwefelwasserstoffwasser [T], 2%ige Bariumchlorid-Lösung [Xn]
- c) verschimmelttes Brot [T+], veralgte und/oder vermooste Gegenstände
- d) Fleisch(-wurst)
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN! ABZUG!!!!**
- a) Organismen in 1 Tropfen Blumenwasser oder Heuaufguss (**VORSICHT!! INFEKTIONSGEFAHR!!**) oder Abwasser (**VORSICHT!! INFEKTIONSGEFAHR!!**) unter Mikroskop vor und nach Zugabe von 1 Tropfen **1)** bzw. **2)** beobachten.
Geruch der Proben vor und nach Zugabe einer gleichgroßen Menge von **1)** bzw. **2)** vergleichen.
- b) Geruch der stinkenden Proben vor und nach Zugabe einer gleichgroßen Menge von **1)** bzw. **2)** vergleichen.
Mit Schwefelwasserstoffwasser [T] analog verfahren. Außerdem jeweils ca. 1ml Bariumchlorid-Lösung [Xn] zu gleicher Menge unbehandeltem bzw. behandeltem Schwefelwasserstoffwasser [T] sowie zu **1)** bzw. **2)** geben.
- c) Verschimmelttes Brot [T+], veralgte und/oder vermooste Gegenstände mit 1:10 verdünnter Lösung von **1)** bzw. **2)** bedecken.
- d) Fleisch(-wurst)-Stücke ca. 1-2 Wochen in Wasser (**VORSICHT!! INFEKTIONSGEFAHR!!**) bzw. in **1)** bzw. in **2)** aufbewahren, Farbe der Fleisch(-wurst)-Stücke und Geruch in der Wasser-Probe mit Farbe und Geruch von den mit **1)** bzw. **2)** behandelten Proben vergleichen.
1) bzw. **2)** zu jeweils gleicher Menge der unbehandelten Wasser-Probe geben und Geruch vergleichen.

Beobachtungen:

- a) Bei entsprechender Vergrößerung (z.B. 1000x) kann man verschiedene lebende Mikroorganismen beobachten, die nach Zugabe von Sanitärreiniger absterben, wobei **1)** schneller wirkt als **2)**. Der unangenehme Geruch der Wasser-Proben verschwindet.
- b) Der üble Geruch der stinkenden Gegenstände verschwindet nach Zugabe von **1)** schneller als nach Zugabe von **2)**. Der Geruch nach faulen Eiern verschwindet nach Zugabe von **1)** schneller als nach Zugabe von **2)**. Bei Zugabe von Bariumchlorid-Lösung tritt nur in den mit **1)** bzw. **2)** behandelten Proben ein weißer Niederschlag auf.
- c) Der Schimmel verschwindet weitgehend. Die veralgten/vermoosten Gegenstände werden von **1)** schnell entfärbt bzw. aufgehellt. Bei Zusatz von **2)** tritt nur eine langsame Entfärbung ein, die von einer Bläschenbildung begleitet wird.
- d) In Wasser wird das Fleisch grau und ein sehr unangenehmer Geruch tritt auf, der bei Zugabe mit **1)** schnell, von **2)** langsam verschwindet. In **1)** bzw. **2)** bleibt das Fleisch rötlich gefärbt und der Geruch verändert sich kaum.

Auswertung:

- a) Oxidative Eingriffe in Enzymkomplexe und Redoxketten sowie wegen der alkalischen Umgebung Denaturierungsvorgänge bei Proteinen (zer-)stören für das Leben bedeutsame chemische Prozesse und bewirken daher den Tod der Mikroorganismen.
- b) Es findet eine Oxidation z.B. von übelriechenden Schwefel-Verbindungen zu weitgehend geruchlosen Produkten statt. Schwefelwasserstoff z.B. wird im alkalischen Bereich zu Sulfat oxidiert:
- Verhältnisformel"gleichung" (= Beschreibung von Vorgängen auf der Stoff-Ebene):
 - 1): $\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + 4 \text{HOCl}(\text{aq}) + 6 \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 4 \text{NaCl}(\text{aq}) + 6 \text{H}_2\text{O}$
 - 2): $\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 6 \text{H}_2\text{O}$
 - Teilchen"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Teilchen-Ebene):
 - 1) $\text{H}_2\text{S} + 4 \text{HOCl} + 6 \text{Na}^+ + 6 \text{OH}^- \rightarrow 6 \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{Cl}^- + 6 \text{H}_2\text{O}$
 - 2) $\text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{Na}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 6 \text{H}_2\text{O}$
- c) Bei Zugabe von **1)** (relativ schnell) bzw. **2)** (langsamer) tritt eine oxidative Zerstörung von für Schimmelpilze lebenswichtigen Stoffen ein (vgl.a). Der grüne (Blatt-)Farbstoff Chlorophyll wird ebenfalls oxidativ zerstört. Bei **2)** kann eine Gasentwicklung erfolgen, bei der wahrscheinlich eine (durch pflanzliche Enzyme katalysierte) Zersetzung des Wasserstoffperoxids in Sauerstoff und Wasser stattfindet.
- d) Beim Stehen lassen in Wasser findet eine Zersetzung des Fleisches durch (allgegenwärtige) Mikroorganismen statt, wobei Farbstoffe verändert werden und übelriechende Produkte entstehen. Bei Zugabe von **1)** bzw. **2)** erfolgt eine oxidative Zerstörung von Geruchsstoffen sowie von Stoffen, die für die Weiterentwicklung von Mikroorganismen wichtig sind, während (Fleisch-)Farbstoffe weitgehend unverändert bleiben. Wird **1)** bzw. **2)** von vornherein zugesetzt, so werden (allgegenwärtige) Mikroorganismen zerstört, so dass aufgrund einer Desinfektions- = Konservierungswirkung nur verzögert ein mikrobieller Abbau stattfindet.

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V3: "Chlor"-Reiniger = "Klo"-Reiniger?

Geräte: Reagenzgläser, Gasbrenner, Messzylinder
Chemikalien: Dan Klorix Hygienereiniger (*Colgate-Palmolive, Hamburg*)
a) Calciumcarbonat (gekörnt/gepulvert)
b) WC-Reiniger (flüssig), Entkalker, Essig, Essigessenz [Xi], Kaliumiodid-Stärke-Papier, 10%ige Natronlauge [C]

Durchführung: SCHUTZBRILLE AUFSETZEN! ABZUG!!!!

a) Ca. 1ml Hypochlorit-Reiniger (= "Chlor"-Reiniger) mit 1 Spatelspitze Calciumcarbonat versetzen und Löslichkeit prüfen. Gasentwicklung?.

b) pH-Wert der angegebenen Flüssigkeiten messen und damit ca. 1ml Hypochlorit-Reiniger schwach ansäuern. Vorsichtig Geruch prüfen und zur Hälfte angefeuchtetes Kaliumiodid-Stärke-Papier in Gasraum halten. Dann mit einigen Tropfen 10%iger Natronlauge wieder alkalisch machen und erneut Geruch prüfen.

c) 1-2ml Hypochlorit-Reiniger kurz aufkochen, Geruchsvergleich mit kalter Probe vornehmen. Außerdem in kalte, 1:1 sowie 1:10 mit Wasser verdünnte und in aufgekochte Probe (ebenfalls 1:1 und 1:10 verdünnt) zur Hälfte angefeuchtetes Kaliumiodid-Stärke-Papier tauchen.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Herstellung von Kaliumiodid-Stärke-Papier:

0,5g lösliche Stärke in 100ml heißes Wasser einrühren, kurz aufkochen und nach Erkalten 0,5g Kaliumiodid zugeben. Mit dieser Lösung Filterpapier tränken, trocknen und in Streifen schneiden.

Beobachtungen:

- a) Calciumcarbonat bleibt ungelöst, es erfolgt keine Gasentwicklung.
- b) Die angegebenen Flüssigkeiten haben pH-Werte zwischen 3 und 5. Gibt man sie zu dem Hypochlorit-Reiniger, so entwickelt sich ein gelbgrünes Gas, dessen Geruch an Schwimmbäder erinnert und das angefeuchtetes Kaliumiodid-Stärke-Papier blau färbt. Bei Zugabe eines Natronlauge-Überschusses nimmt die Geruchsintensität wieder ab.
- c) Beim Erwärmen macht sich neben einem stärkeren Geruch nach Parfüm auch der Schwimmbadgeruch deutlicher bemerkbar. Das Kaliumiodid-Stärke-Papier bleibt in unverdünntem und 1:1 verdünntem Reiniger praktisch unverändert (Blaufärbung lediglich an der Randzone feucht-trocken). Erst bei einer Verdünnung 1:10 tritt eine Blaufärbung auf. In der aufgekochten Probe ist auch bei einer Verdünnung 1:10 die Blaufärbung allenfalls schwach.

Auswertung:

- a) Calciumcarbonat reagiert mit keinem der Inhaltsstoffe, d.h. Dan Klorix ist ungeeignet zum Lösen von Kalkstein z.B. in WC-Becken
---> Gefahr der nachträglichen Zugabe von WC-Reiniger ---> Bildung von sehr giftigem Chlorgas (vgl. b))
- b) Bei $\text{pH} < 7$, also im sauren Medium, erfolgt eine Chlorentwicklung aus einem der Inhaltsstoffe:
Lt. Herstellerangaben ist einer der Inhaltsstoffe eine Natriumhypochlorit-Lösung, die z.B. durch Einleiten von Chlor in Natronlauge hergestellt werden kann (vgl. Sanitärreiniger V5):

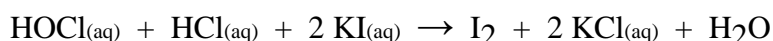


Dies ist eine Gleichgewichtsreaktion und das chemische Gleichgewicht liegt im alkalischen Bereich (vgl. pH-Wert von Dan Klorix) weit auf der rechten Seite. Bei Säurezusatz, d.h. Zugabe von H^+ -Ionen, reagieren diese mit den OH^- -Ionen der Natronlauge zu H_2O -Molekülen, so dass die OH^- -Ionen dadurch aus dem Gleichgewicht entfernt werden. Zur Wiedereinstellung des Gleichgewichts (nach dem LE CHATELIERSchen Prinzip vom kleinsten Zwang) werden sie durch verstärkte Rückreaktion nachgebildet, was gleichzeitig die Bildung von mehr Chlor-Molekülen mit sich bringt.

In dem angefeuchteten Teil des Kaliumiodid-Stärke-Papiers kann das Chlor dann zunächst mit dem Wasser zu Salzsäure und zu Hypochloriger Säure HOCl reagieren:



Diese ist ein sehr starkes Oxidationsmittel und reagiert (im sauren Bereich) mit Kaliumiodid weiter zu Iod:

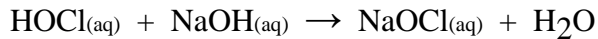


Iod bildet dann mit Stärke eine charakteristisch blau gefärbte Einschlussverbindung (*Iod-Moleküle passen genau in die Hohlräume, die durch den schraubenförmigen Aufbau der Stärke- bzw. genauer der Amylose-Moleküle gegeben sind*).

Die Chlor-Entwicklung lässt sich anhalten durch Zugabe eines Laugenüberschusses, da durch die Umsetzung der OH^- -Ionen mit den Cl_2 -Molekülen das Gleichgewicht wieder nach rechts verschoben wird.

- c) Auch durch Erwärmen, wobei sich der Geruch der zugesetzten naturgemäß leichtflüchtigen Duftstoffe zunächst ebenfalls stärker bemerkbar macht, lässt sich die Lage des Gleichgewichts beeinflussen, da Chlorgas aus dem Gleichgewichtsraum entweicht und zur Neueinstellung des Gleichgewichts wieder nachgebildet werden muss. Demgemäß nimmt auch die Menge an HOCl ab, so dass mit Kaliumiodid kaum noch eine Reaktion stattfindet.

In unverdünntem Dan Klorix ist aufgrund des hohen pH-Werts die Konzentration an HOCl nur sehr gering, da das Gleichgewicht weitestgehend auf der rechten Seite liegt:



Nur an der Randzone feucht-trocken, wo wegen der geringeren Alkalität eine etwas größere Menge HOCl vorliegen kann, findet eine Reaktion mit dem Kaliumiodid statt.

Bei Verdünnung mit Wasser verringert sich der pH-Wert und das Gleichgewicht verschiebt sich im Sinne des LE CHATELIERSchen Prinzips verstärkt nach links, so dass die HOCl-Menge zunimmt.

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V4: Nichteignung von Sanitärreinigern

- Geräte:** Reagenzgläser, Glasstäbe, Schere
- Chemikalien:**
- 1) Dan Klorix Hygienereiniger (*Colgate-Palmolive, Hamburg*)
 - 2) Domestos fresh Sanitärreiniger (*Lever Sunlight, Hamburg*)
- a) vgl. Sanitärreiniger V3
 - b) vgl. Sanitärreiniger V1
 - c) (dunkle) Haare
 - d) verschiedene farblose Textilfasern (z.B. Baumwolle, Viskose, Polyester, Polyamid, Wolle, Seide, Lycra, Elasthan), Leder
 - e) Metalle in Folien- oder Blechform, z.B. Aluminium, Silber, Kupfer, Eisen, Zink
 - f) Ammoniak-Lösung (1:1 verdünnt) [**Xi**]

- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
- Text der Verpackungsaufschrift bei **1)** und **2)** genau lesen: Anwendungs- und Warnhinweise sowie Unverträglichkeiten notieren; Bilder interpretieren.
- a) Säuren und saure Reiniger:
vgl. Sanitärreiniger V3
 - b) farbige Textilien:
vgl. Sanitärreiniger V1
 - c) (dunkle) Haare:
längere Haarsträhne abschneiden, durch Waschen mit Seife o.ä. entfetten und mit **1)** bzw. **2)** bedecken. Von Zeit zu Zeit Farbe und (mit Glasstab) Konsistenz prüfen.
 - d) verschiedene Textilfasern:
farblose Textilproben oder andere entsprechend gekennzeichnete Textilien sowie Leder mit **1)** bzw. **2)** bedecken und stehen lassen. Von Zeit zu Zeit Konsistenz mit unbehandelter Probe vergleichen.
 - e) Metalle:
Kleine Folien- oder Blechstücke von Aluminium, Silber, Kupfer, Eisen, Zink u.a. mit **1)** bzw. **2)** bedecken und stehen lassen.
 - f) Ammoniak(="Salmiakgeist")-Lösung:
Ca. 1ml 1:1 verdünnte Ammoniak-Lösung [**Xi**] mit ca. 1ml **1)** bzw. **2)** versetzen und vorsichtig Geruchsvergleiche durchführen.
Bei Gasentwicklung brennenden Holzspan in Gasraum halten.

Haarbleichmittel-"Rezepte":

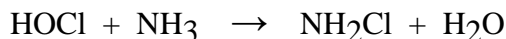
- 15g 10%ige Wasserstoffperoxid-Lösung + 100g Wasser + 4 Tropfen konz. Ammoniak-Lösung [**C**], 10-20min einwirken lassen, gut auswaschen.
- 200ml 12%ige Wasserstoffperoxid-Lösung + 0,15ml Schwefelsäure [**C**] + 0,1ml konz. Salzsäure [**C**], mit konz. Ammoniak-Lösung [**C**] schwach alkalisch machen, 10-20min einwirken lassen, gut auswaschen.

Beobachtungen:

- a) vgl. Sanitärreiniger V3
- b) vgl. Sanitärreiniger V1
- c) Dunkle Haare werden gebleicht und außerdem in **1)** brüchig zer-
kleinert.
- d) Polyester- (z.B. Trevira) und Polyamidfasern (z.B. Nylon), Wolle,
Seide, Leder, Lycra und Elastan werden gebleicht und die
Gewebe teilweise zerstört, wobei **1)** schneller wirkt als **2)**.
Baumwolle und Viskose werden ohne Gewebeveränderung nur
gebleicht.
- e) - Aluminium und Zink lösen sich in **1)** und (langsamer) in **2)**
unter Gas- und Wärmeentwicklung "auf".
- Die Oberfläche von Silber wird in **1)** matt, die Lösung grau-
trübe. Bei Kupfer wird die Oberfläche in **1)** und **2)** dunkel,
die Lösung bläulich-trübe.
- Eisen bildet rotbraune Flocken in **1)** und **2)**.
- f) Bei Zugabe von **2)** zu Ammoniak-Lösung tritt keine Veränderung
auf.
Bei Zugabe von **1)** macht sich ein stark hustenreizender,
andersartiger Geruch als bei **1)**, **2)** oder Ammoniak bemerkbar;
beim Stehen lassen kann es zu einer merklichen Gasentwicklung
kommen, wobei ein brennender Holzspan erlischt.

Auswertung:

- a) vgl. Sanitärreiniger V3
- b) vgl. Sanitärreiniger V1
- c) Farbstoffe in dunklen Haaren werden oxidativ zerstört. Außerdem kann es in 1) zu einer oxidativen Veränderung der Struktur von Proteinen sowie infolge der stark alkalischen Reaktion zu einer teilweisen Denaturierung (unter Spaltung verschiedener Bindungen) kommen, so dass Haare brüchig werden.
- d) Farbstoffe in (noch ungebleichten) Naturfasern werden oxidativ zerstört.
Bei Polyestern kann das alkalische Milieu eine Esterspaltung und damit einen Abbau der Makromoleküle bewirken.
Bei synthetischen (Nylon) oder natürlichen Polyamiden (Wolle, Seide, Leder) kann es (ggf. zusammen mit oxidativen Strukturveränderungen) im alkalischen Bereich zu einer analogen Spaltung von Amid-Bindungen und damit der Makromolekül-Ketten kommen.
Bei Elastomeren (Lycra, Elasthan) ist außerdem eine oxidative Spaltung von Bindungen zwischen miteinander vernetzten Makromolekülsträngen möglich.
Die Bindungen in Cellulose sind weitgehend alkalistabil, so dass allenfalls durch Quellungs- bzw. Oxidationsvorgänge Gewebeveränderungen eintreten können.
- e) - Aluminium und Zink reagieren exotherm unter der Einwirkung von Lauge zu Wasserstoff und Aluminat bzw. Zinkat (vgl. Abflussreiniger V2).
- Die Halbbedelmetalle Silber und Kupfer können durch die (allerdings verschieden starken) Oxidationsmittel oberflächlich oxidiert werden zu grau-braunem Silberoxid bzw. schwarzem Kupfer(II)-oxid, das in der alkalischen Lösung u.U. zu blauem, schwerlöslichem Kupfer(II)-hydroxid weiterreagieren kann.
- Eisen kann durch die Oxidationsmittel im alkalischen Milieu zu rotbraunem Eisen(III)-oxid-Hydrat (= "Rost") $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bzw. $\text{FeO}(\text{OH})$ oxidiert werden, das von der Oberfläche abblättert und in der Lauge nicht löslich ist.
- f) Aus hypochloriger Säure, die in geringen Konzentrationen in Natriumhypochlorit-Lösung auftritt, und Ammoniak ("Salmiakgeist"), der z.B. in Allesreinigern, Glasreinigern oder Metallreinigern enthalten sein kann, bildet sich Chloramin NH_2Cl (stark hustenreizend, Allergisierung möglich):



Ggf. kann es zu einer Weiterreaktion des reaktiven Chloramins kommen (z.B. Chlorierung bzw. Aminierung von Stoffen) oder in Wasser auch zum Zerfall unter Bildung von Stickstoff:



S A N I T Ä R R E I N I G E R

V5: Herstellung von Natriumhypochlorit(-Lösung)

- Geräte:** Gasentwickler, 100ml-Erlenmeyerkolben bzw. Gaswaschflaschen, passend durchbohrte Stopfen und gebogene Glasrohre, Becherglas, Stoppuhr, Reagenzgläser, Tropfpipetten, Magnetrührer mit Rührfisch, Elektrolyse-Apparatur (100ml-Becherglas, Kohle-Elektroden, Abstandhalter, Krokodil-klemmen, Kabel, Gleichstrom-Spannungsquelle), Klarsichtfolie
- Chemikalien:** Kaliumpermanganat [Xn] [O], konzentrierte Salzsäure [C], Wasser, 10%ige Natronlauge [C], 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O], halbkonzentrierte Salpetersäure [C], gesättigte Kochsalz-Lösung, pH-Papier
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN! ABZUG!!!!**
- a) Einleiten von Chlor in Wasser bzw. Natronlauge: Chlor [T] durch Zutropfen von konzentrierter Salzsäure [C] auf festes Kaliumpermanganat [Xn] [O] in Gasentwickler herstellen und 3-5min lang unter Kühlung (Becherglas mit Eis/Wasser) in 100ml-Erlenmeyerkolben bzw. Gaswaschflaschen mit Wasser bzw. 10%iger Natronlauge [C] leiten (wobei das Gaseinleitungsrohr möglichst etwas oberhalb der Lauge enden und allenfalls nur wenig eintauchen sollte). In die Lösung von Chlor [T] in Wasser (A) und die Lösung von Chlor [T] in Natronlauge (B) [C] angefeuchtetes pH-Papier kurz eintauchen, schnell pH-Wert ablesen und Entfärbungszeiten vergleichen. Zu ca. 1ml (A) 5-10 Tropfen 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O] geben. Farbänderung sowie Niederschlagsbildung beobachten und erneut mit angefeuchtetem Indikatorpapier pH-Wert und Entfärbungszeit ermitteln. 3-4ml (A) tropfenweise mit 10%iger Natronlauge [C] versetzen, bis Färbung und Chlorgeruch verschwinden. pH-Wert und Entfärbungszeit des Indikatorpapiers bestimmen. Dann halbkonzentrierte Salpetersäure [C] zutropfen, bis der Chlorgeruch [T] wieder wahrnehmbar wird. Evtl. aus (B) Natriumhypochlorit-Hexahydrat durch Kühlen auf -10°C (Tiefkühlfach) ausfällen.
- b) Elektrolyse einer Kochsalz-Lösung: Gesättigte Kochsalz-Lösung in 100ml-Erlenmeyerkolben unter Rühren und guter Kühlung (z.B. als Kühlbad Becherglas mit Eis/Wasser bzw. noch besser mit Mischung von Eis:Kochsalz = 3:1) etwa 10min lang elektrolysieren (4-8V Gleichspannung), dabei Gefäß mit Klarsichtfolie möglichst dicht abdecken. Nach Beendigung der Stromzufuhr angefeuchtetes Indikatorpapier kurz eintauchen und schnell pH-Wert ablesen. Evtl. Natriumhypochlorit-Hexahydrat durch Kühlen auf -10°C (Tiefkühlfach) ausfällen. Evtl. mit erhaltener Lösung und mit (B) Bleichversuche u.a. durchführen (vgl. Sanitärreiniger V1).

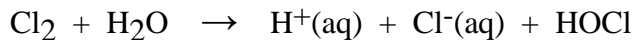
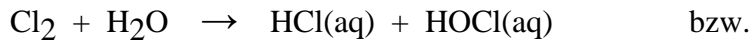
Beobachtungen:

- a) Einleiten von Chlor in Wasser (A) bzw. in Natronlauge (B):
Beim Einleiten von Chlor in Wasser werden das Wasser und der Gasraum darüber nach und nach gelbgrün gefärbt. Bei Kühlung auf Temperaturen um 0°C entsteht außerdem ein grünlich-gelber, kristalliner Niederschlag. Das Indikatorpapier färbt sich zunächst rot ($\text{pH} \approx 3-4$) und wird dann schnell farblos. Nach Zugabe von Silbernitrat-Lösung beobachtet man eine langsame Entfärbung des Wassers und die zunehmende Bildung eines weißen Niederschlags. Eingetauchtes Indikatorpapier wird deutlich rot ($\text{pH} \approx 1-2$) und noch schneller entfärbt.
Bei Zugabe von Natronlauge zu (A) nehmen Gelbfärbung und Chlorgeruch deutlich ab. Das Indikatorpapier färbt sich blau und wird verglichen mit (A) etwas langsamer entfärbt. Beim Ansäuern färbt sich die Lösung erneut gelblich und ein deutlicher Geruch nach Chlor tritt wieder auf.
Beim Einleiten von Chlor in Natronlauge bleiben die Lauge und der Gasraum darüber weitgehend farblos. Das Indikatorpapier färbt sich zunächst blau ($\text{pH} \approx 13-14$) und wird dann relativ schnell (verglichen mit (A) etwas langsamer) farblos. Die Lösung besitzt einen chlorähnlichen Geruch.
- b) Elektrolyse einer Kochsalz-Lösung:
Bei der Elektrolyse der gesättigten Kochsalz-Lösung treten an beiden Elektroden Gasblasen auf, am (+)-Pol gelbgrün gefärbt, am (-)-Pol farblos. Man erhält eine schwach gelbliche Lösung mit chlorähnlichem Geruch, in der Indikatorpapier zunächst blau gefärbt und dann schnell entfärbt wird.

Auswertung:

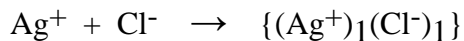
a) Einleiten von Chlor in Wasser bzw. Natronlauge:

Beim Einleiten von Chlor in Wasser löst sich eine beträchtliche Menge Chlor (ca. 2l Chlor/1 Wasser zu gelbgrünem "Chlorwasser"). Bei Temperaturen um 0°C entstehen kristalline "Käfig"-Verbindungen (sog. Clathrate), bei denen Chlor-Moleküle in Hohlräume eingeschlossen werden, die beim Erstarren von (Chlor-)Wasser zu Eis gebildet werden. Von dem in Wasser gelösten Chlor setzt sich nur ein geringer Teil in einer Gleichgewichtsreaktion um zu Salzsäure und Hypochloriger Säure, d.h. das Gleichgewicht liegt weit auf Seiten der Edukte:



Die Salzsäure ist als starke Säure für die Rotfärbung des Indikatorpapiers verantwortlich, da die von der Säurestärke her sehr schwache Hypochlorige Säure kaum H⁺-Ionen zur Verfügung stellt. Als sehr starkes Oxidationsmittel bewirkt sie jedoch die recht schnelle Entfärbung des pH-Papiers durch oxidative Zerstörung der Indikator-Farbstoffe.

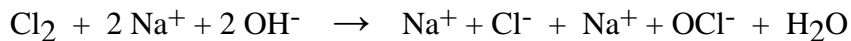
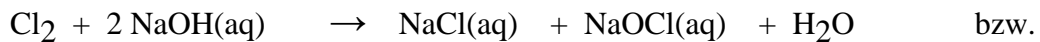
Bei der Zugabe von Silbernitrat-Lösung lagern sich die Ag⁺-Ionen mit den Cl⁻-Ionen zusammen unter Bildung eines Ionenverbandes von (schwerlöslichem) Silberchlorid AgCl:



Dadurch werden Cl⁻-Ionen aus dem Gleichgewicht entfernt und müssen dem LE CHATELIERSchen Prinzip zufolge zur Wiederherstellung des Gleichgewichts durch verstärkte Hinreaktion nachgeliefert werden. Vernachlässigt man gewisse Verdünnungseffekte durch Zugabe der Silbernitrat-Lösung, so muss zum einen die gelbgrüne Färbung des Chlorwassers schwächer werden, da Cl₂-Moleküle verstärkt mit H₂O-Molekülen reagieren, zum anderen aber muss die Lösung auch stärker sauer reagieren, da mit der Bildung der Cl⁻-Ionen auch vermehrt H⁺-Ionen auftreten. Gleichzeitig steigt die Konzentration an HOCl-Molekülen, so dass die Oxidationswirkung der Lösung ebenfalls zunehmen muss.

Auch durch Zugabe von Natronlauge zu Chlorwasser wird das Gleichgewicht nach rechts, also auf die Seite der Reaktionsprodukte verschoben, da die OH⁻-Ionen mit den H⁺-Ionen zu H₂O-Molekülen reagieren. Somit werden zur Wiedereinstellung des Gleichgewichts H⁺-Ionen durch Umsetzung von Cl₂- und H₂O-Molekülen nachgeliefert. Gleichzeitig wird auch wieder mehr Hypochlorige Säure gebildet, die jedoch mit der starken Natronlauge in einer Neutralisationsreaktion weiterreagiert zu Natriumhypochlorit und Wasser (s.u.). Daher liegt nur wenig freie Hypochlorige Säure vor, so dass die Oxidationswirkung (z.B. gegenüber Indikator-Farbstoffen) etwas abgeschwächt ist. Umgekehrt wird durch Ansäuern das Gleichgewicht wieder gestört, so dass es sich durch verstärkten "Verbrauch" der H⁺-Ionen unter Bildung von Chlor- und Wasser-Molekülen wieder einstellen muss.

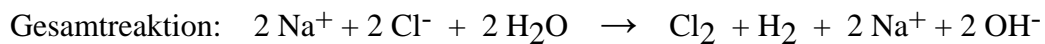
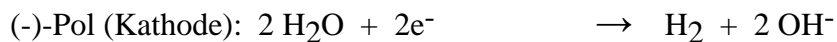
Beim Einleiten von Chlor in Natronlauge stellt sich ein Gleichgewicht ein, das überwiegend auf der rechten Seite, also der Seite der Produkte liegt:



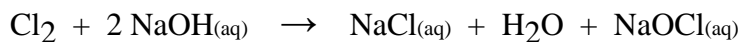
Dementsprechend ist die Konzentration an freier Hypochloriger Säure nur gering und somit die Oxidationswirkung weniger ausgeprägt.

b) Elektrolyse einer Kochsalz-Lösung:

Bei der Elektrolyse einer nicht zu verdünnten Kochsalz-Lösung entstehen an der Anode Chlor, an der Kathode Wasserstoff und (Natron-)Lauge (sog. Chlor-Alkali-Elektrolyse):



Falls Anoden- und Kathodenraum nicht (z.B. durch eine Membran) getrennt sind, erfolgt eine Weiterreaktion des entstandenen Chlors mit der gebildeten Natronlauge zu einer kochsalzhaltigen Natriumhypochlorit-Lösung:



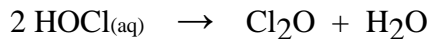
Bei (nicht allzu) tiefen Temperaturen kristallisiert dann vorzugsweise nicht das Natriumchlorid, sondern das Natriumhypochlorit-Hexahydrat aus (s.u.).

Anmerkungen zur Hypochlorigen Säure HOCl:

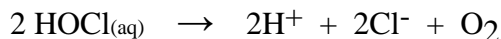
Die Hypochlorige Säure ist eine sehr schwache Säure, d.h. in wässriger Lösung liegt nur eine sehr geringe Konzentration an H^+ Ionen vor:



Außerdem steht sie in wässriger Lösung auch mit ihrem gasigen und chlorähnlich riechenden Anhydrid Cl_2O im Gleichgewicht:

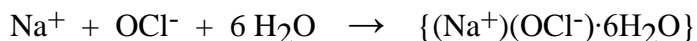


Gleichzeitig ist die Hypochlorige Säure aber ein sehr starkes Oxidationsmittel. Schon im Dunkeln, schneller bei Tageslicht, sehr schnell im Sonnenlicht zerfällt sie unter Sauerstoffentwicklung (daher ist Chlorwasser auch in braunen Flaschen nur begrenzt haltbar):

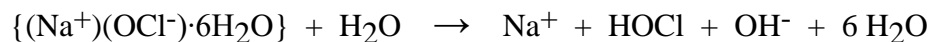


Der zunächst atomar entstehende Sauerstoff ist hochreaktiv und kann mit vielen Stoffen reagieren, z.B. Farbstoffe durch Oxidation zerstören (---> bleichende Wirkung von feuchtem Chlor durch intermediär entstehende Hypochlorige Säure bzw. O-Atome).

Mit starken Basen (z.B. Natronlauge) reagiert die Hypochlorige Säure in einer Neutralisationsreaktion zu Wasser und Natriumhypochlorit-Lösung, aus der bei (nicht allzu) tiefen Temperaturen dann vorzugsweise das Natriumhypochlorit (= Natriumsalz der Hypochlorigen Säure) als Hexahydrat auskristallisiert:



Da Natriumhypochlorit das Salz einer sehr schwachen Säure und einer sehr starken Base ist, findet beim Lösen in Wasser eine recht weitgehende Spaltung des Wassers unter Bildung von Hypochloriger Säure und OH^- -Ionen statt:



Daher reagiert eine wässrige Natriumhypochlorit-Lösung alkalisch und stellt auch ein sehr starkes Oxidationsmittel dar. In alkalischer Lösung dagegen bilden sich verstärkt Hypochlorit-Ionen, so dass die Oxidationsfähigkeit etwas abgeschwächt wird. Dadurch und weil infolge der geringeren Konzentration an HOCl-Molekülen die Zersetzung verringert wird, sind alkalische eingestellte Hypochlorit-Lösungen stabiler, besser haltbar und leichter handhabbar, da bei ihrer (sachgemäßen) Anwendung nicht so leicht die Gefahr besteht, in den neutralen oder gar sauren Bereich zu gelangen mit der Folge einer Entwicklung von Chlor.

---> Anwendung von Hypochlorit-Lösungen schon erstmals vor 200 Jahren:
ab 1792 Fabrikation von "Eau de Javelle" ($KOCl$ -Lösung)
ab 1820 Fabrikation von "Eau de Labarraque" ($NaOCl$ -Lösung)
sowie der durch Einleiten von Chlor in Kalklauge erhältliche Chlorkalk [= Calciumchloridhypochlorit $CaCl(OCl)$] und ihre Anwendung als Bleich- und Desinfektionsmittel

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V6: Nachweis von Inhaltsstoffen in Dan Klorix®

Geräte: Reagenzgläser, Bechergläser
Chemikalien: **Dan Klorix Hygienereiniger (Colgate-Palmolive, Hamburg)**
Indikatorpapier, Natriumhydrogencarbonat, Indigo-Lösung (Mikrospatelspitze Indigocarmin = Indigo-disulfonsäure in Wasser lösen), Essigsäure [C], 5%ige Bleiacetat-Lösung [Xn], halbkonzentrierte Salpetersäure [C], 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O]
Kalklauge [C]
10%ige Salzsäure [Xi], 10%ige Ammonium-molybdat-Lösung, 10%ige Oxalsäure-Lösung [Xn], alkalische Stannit-Lösung (10ml 10%ige Zinn(II)-chlorid-Lösung [Xn] mit frisch hergestellter 10%iger Natronlauge [C] versetzen bis zur klaren Lösung)

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN! ABZUG!!!!**

- a) Hypochlorit-"Nachweis":
 - Indigo-Probe:
Ca. 2ml Dan Klorix durch Zugabe von Natriumhydrogencarbonat auf etwa pH8 bringen, dann ca. 1ml Indigo-Lösung zugeben.
 - Bleiacetat-Probe:
Ca. 2ml Dan Klorix mit 3-4 Tropfen essigsaurer 5%iger Bleiacetat-Lösung [Xn] versetzen und bis zur Bildung eines braunen Niederschlages kurz aufkochen.
- b) Chlorid-Nachweis:
Ca. 2ml Dan Klorix tropfenweise mit halbkonz. Salpetersäure [C] ansäuern und einige Tropfen 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O] zugeben.
- c) Carbonat-Nachweis:
Ca. 2ml Dan Klorix tropfenweise mit Kalklauge [C] versetzen.
- d) (Meta-)Silikat-Nachweis:
 - Kieselgel-Probe:
Ca. 1ml Dan Klorix tropfenweise mit 10%iger Salzsäure [Xi] ansäuern.
 - Molybdat-Probe:
Ca. 1ml Dan Klorix (1:10 verdünnt) mit der 5fachen Menge 10%iger Ammoniummolybdat-Lösung versetzen, unter tropfenweiser Zugabe von 10%iger Oxalsäure-Lösung [Xn] ansäuern und leicht erwärmen. Dann nach Abkühlen soviel alkalische Stannit-Lösung [Xn] [C] zugeben, dass aus der gelben eine dunkelblaue, aber klare Lösung entsteht.

Beobachtungen:

- a) Hypochorit-"Nachweis":
- Indigo-Probe:
Die Indigo-Lösung wird entfärbt.
 - Bleiacetat-Probe:
Beim Aufkochen tritt eine Braunfärbung ein.
- b) Chlorid-Nachweis:
Beim Ansäuern tritt ein deutlicher Chlorgeruch auf und es scheiden sich gallertartige Klümpchen ab. Bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung entsteht ein weißer Niederschlag.
- c) Carbonat-Nachweis:
Bei Zugabe von Kalklauge erfolgt eine weißliche Trübung.
- d) (Meta-)Silikat-Nachweis:
- Kieselgel-Probe:
Beim Ansäuern (**Chlorgeruch!!!!**) erstarrt die Lösung gallertartig. Es riecht deutlich nach Chlor.
 - Molybdat-Probe:
Beim Ansäuern (**Chlorgeruch!!!!**) färbt sich die Lösung zunächst gelb, nach Zugabe der Stannit-Lösung dann intensiv blau, selbst bei vorheriger stärkerer Verdünnung.

Auswertung:

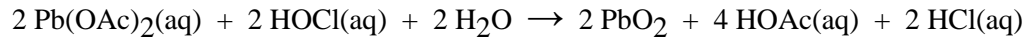
a) Hypochlorit-Nachweis:

- Indigo-Probe:

Es findet eine Oxidation von Indigo statt, wahrscheinlich mit Angriff auf die C=C-Doppelbindung und/oder die NH-Gruppe des Indigo-Moleküls.

- Bleiacetat-Probe:

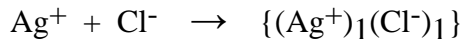
Die Blei(II)-Verbindung Bleiacetat wird zum Bleidioxid oxidiert (OAc = Acetat-Rest):



b) Chlorid-Nachweis:

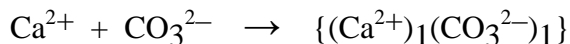
Bei Säurezugabe findet eine verstärkte Chlor-Entwicklung statt (vgl. Sanitärreiniger V3ff).

Aus dem ebenfalls vorhandenen Silikat entsteht beim Ansäuern Kieselsäure (vgl. d). Die Anwesenheit von Chlorid-Ionen (vgl. Herstellung von Natriumhypochlorit bzw. Zersetzung von HOCl, Sanitärreiniger V5)) wird durch Bildung von (schwerlöslichem) Silberchlorid bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung nachgewiesen:



c) Carbonat-Nachweis:

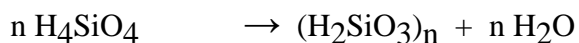
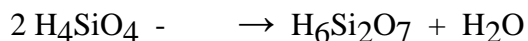
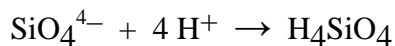
Bei Anwesenheit von Carbonat-Ionen entsteht bei Zugabe von Kalklauge (schwerlösliches) Calciumcarbonat:



d) (Meta-)Silikat-Nachweis:

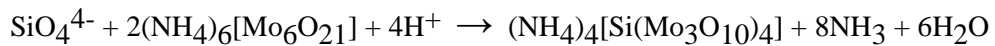
- Kieselgel-Probe:

Beim Ansäuern entsteht aus dem Silikat zunächst Kieselsäure, die unter Wasserabspaltung in einer Kondensationsreaktion unter Oligo- und Polymerisierung weiterreagiert zu Produkten wechselnder Zusammensetzung, z.B.:



Die Kieselsäure-Teilchen lagern sich (je nach pH-Wert verschieden schnell und andersartig) zu größeren Teilchenverbänden bis hin zu (polymeren) Riesen-Teilchen (z.B. Kieselgel) zusammen und können dabei größere Wassermengen in Hohlräumen einschließen.

- Molybdat-Probe:
Zunächst entsteht nach Säurezugabe (gelbes) Ammonium-molybdatosilikat:



Dieses ergibt dann mit einem Reduktionsmittel (z.B. alkalischer Stannit-Lösung, Ascorbinsäure, Zinn-Folie) relativ instabile Produkte wechselnder Zusammensetzung verschiedener Oxidationsstufen von Molybdän, sog. "Molybdänblau". Hierdurch wird die Empfindlichkeit des Nachweises um etwa den Faktor 100 gesteigert, so dass darauf geachtet werden muss, keine anderen löslichen Silikate über die Reagenzien einzuschleppen (z.B. aus Glasgefäßen, in denen Natronlauge aufbewahrt wurde ---> daher alkalische Stannit-Lösung mit frisch zubereiteter Natronlauge herstellen).

Der Oxalsäurezusatz hätte die Aufgabe, bei eventuellem Phosphat-Gehalt den Nachweis störende (ebenfalls gelbe, aber schwerer lösliche) Ammonium-molybdato-phosphate zu zerstören.

Hersteller-Zitat: Dan KLORIX-Garantie:

"Der Wirkstoff von Dan KLORIX zerfällt bei der Anwendung zu Wasser, Sauerstoff und Kochsalz. Dan KLORIX ist frei von Säuren, enthält weder Phosphate noch Konservierungsmittel."

- Anmerkungen:
- a) Genannter Zerfall ohne merkliche Chlorfreisetzung nur, wenn während gesamter Anwendung alkalische Bedingungen garantiert sind
 - b) Keine Angaben zur stark alkalischen Reaktion ("frei von Säuren", ha-ha!!)
 - c) Wären Phosphate (als "Enthärter" für Leitungswasser) überhaupt sinnvoll?
 - d) Was sollen Konservierungsmittel bei einem desinfizierend wirkenden Reiniger?

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V7: Nachweis von Inhaltsstoffen in Domestos fresh®

- Geräte:** Reagenzgläser, Gasbrenner, Tropfpipetten
Chemikalien: **Domestos fresh Sanitärreiniger (Lever Sunlicht, Hamburg)**
- a) Glimmspan, Diethylether [**F+**] (bzw. Ethylacetat [**F**] oder Amylalkohol [**Xn**]), schwefelsaure Kaliumdichromat-Lösung (10ml 10%ige $K_2Cr_2O_7$ -Lösung [**T**] + 10ml 20%ige Schwefelsäure [**C**]), 30%ige Schwefelsäure [**C**], ca. 1%ige Titanylsulfat-Lösung, 10-30%ige Wasserstoffperoxid-Lösung [**C**]
 - b) Pflanzenöl
 - c) Essigsäure [**C**], 5%ige Silbernitrat-Lösung [**C**], 10%ige Bariumchlorid-Lösung [**Xn**], Tetranatriumdiphosphat, Dinatriumhydrogenphosphat

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- a) Wasserstoffperoxid-Nachweis:
 - Nachweis von "aktivem Sauerstoff":
Ca. 2ml Domestos fresh auf 70-80°C erwärmen, bei Gasentwicklung Glimmspan-Probe vornehmen.
 - Dichromat-Probe:
Ca. 2ml Domestos fresh mit ca. 2ml Diethylether [**F+**] (bzw. (weniger gefährlich) Ethylacetat [**F**] oder Amylalkohol [**Xn**]) überschichten, mit einigen Tropfen schwefelsaurer Kaliumdichromat-Lösung [**T**] [**C**] versetzen und vorsichtig schütteln. Färbung der Etherschicht beobachten.
 - Titanylsulfat-Probe:
Ca. 0,5ml Domestos fresh mit gleicher Menge 30%iger Schwefelsäure [**C**] ansäuern und mit ca. 1ml etwa 1%iger Titanylsulfat-Lösung versetzen.
Blindproben ausgehend von 10-30%iger Wasserstoffperoxid-Lösung [**C**] durchführen!
- b) Tensid-Nachweis (vereinfacht):
Ca. 1ml Pflanzenöl mit 2ml Domestos fresh bzw. 2ml Wasser versetzen, schütteln und Schaum- bzw. Emulsionsbildung sowie Entmischung vergleichen.
- c) Pyrophosphat(=Diphosphat)-Nachweis:
 - Silbernitrat-Probe:
Ca. 1ml Domestos fresh mit einigen Tropfen Essigsäure [**C**] neutralisieren und 5%ige Silbernitrat-Lösung [**C**] zutropfen.
 - Bariumchlorid-Probe:
Ca. 1ml Domestos fresh mit Essigsäure ansäuern und 10%ige Bariumchlorid-Lösung [**Xn**] zutropfen.
Zum Vergleich beide Proben mit verdünnten Lösungen von Tetranatriumdiphosphat und Dinatriumhydrogenphosphat durchführen.

Beobachtungen:

a) Wasserstoffperoxid-Nachweis:

- Nachweis von "aktivem Sauerstoff":
Bei höheren Temperaturen setzt bei Domestos fresh bzw. noch deutlicher bei Wasserstoffperoxid-Lösung die Entwicklung eines Gases ein, das einen glimmenden Holzspan zum Entflammen bringt.
- Dichromat-Probe:
Unter leichter Erwärmung wird die orange-rote Kaliumdichromat-Lösung in Domestos fresh oder in Wasserstoffperoxid-Lösung dunkelgrün, die Ether-Schicht wird tiefblau gefärbt.
- Titansulfat-Probe:
Die farblose Titansulfat-Lösung wird schon durch geringe Mengen Domestos fresh oder Wasserstoffperoxid-Lösung orange gelb.

b) Tensid-Nachweis (vereinfacht):

Beim Schütteln von Domestos fresh mit Pflanzenöl erhält man ein schäumendes, trübes Gemisch, das sich auch nach längerer Zeit nicht entmischt.

Wasser und Pflanzenöl ergeben zunächst auch ein trübes Gemisch, das keinen Schaum zeigt und sich schnell wieder in zwei Phasen trennt.

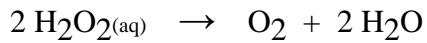
c) Pyrophosphat (=Diphosphat)-Nachweis:

- Silbernitrat-Probe:
Bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung zu Domestos fresh oder zu einer Tetranatriumdiphosphat-Lösung bildet sich ein weißer Niederschlag. In Dinatriumhydrogenphosphat-Lösung tritt ein gelber Niederschlag auf.
- Bariumchlorid-Probe:
Bei Zugabe von Bariumchlorid-Lösung zu Domestos fresh oder zu einer Tetranatriumdiphosphat-Lösung beobachtet man keinen Niederschlag. In Dinatriumhydrogenphosphat-Lösung entsteht ein weißer Niederschlag.

Auswertung:

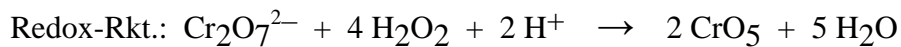
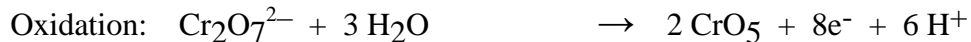
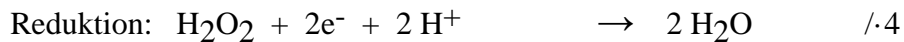
a) Wasserstoffperoxid-Nachweis:

- Nachweis von "aktivem Sauerstoff":
Beim Erhitzen zerfällt das gelöste Wasserstoffperoxid unter Bildung von Sauerstoff und Wasser:



Die im Vergleich zur Luft höhere Sauerstoff-Konzentration im Reagenzglas fördert die Verbrennung des glimmenden Holzspans.

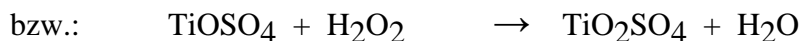
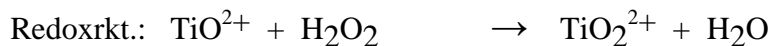
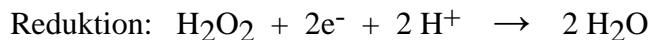
- Dichromat-Probe:
Wasserstoffperoxid bewirkt unter diesen Reaktionsbedingungen eine Oxidation der Dichromat-Ionen zu Chrom(VI)-peroxid-Molekülen CrO_5 [= $\text{CrO}(\text{O}_2)_2$]:



In Ether bleibt Chrom(VI)-peroxid zwar eine gewisse Zeit stabil, zerfällt aber auch dabei wie schon in saurer Lösung unter Sauerstoff-Entwicklung und Bildung einer grünen Chrom(III)-Verbindung:



- Titansulfat-Probe:
Mit Wasserstoffperoxid findet eine Reaktion des farblosen Titansulfats TiOSO_4 , das überwiegend Titanyl-Ionen TiO^{2+} enthält, zu einer gelben Peroxo-Verbindung TiO_2SO_4 statt, in der Peroxotitanyl-Ionen TiO_2^{2+} auftreten:



b) Tensid-Nachweis (vereinfacht):

Es bildet sich eine stabile O/W-Emulsion durch Umhüllung der Öltröpfchen mit dem hydrophoben Ende der Tensidteilchen, so dass die dann außen liegenden hydrophilen Enden von Wassermolekülen umgeben sind und aufgrund ihrer gegenseitigen Abstoßung (*bei anionischen Tensiden durch die negativ geladenen Endgruppen, bei nicht-ionischen Tensiden durch die polaren Endgruppen*) ein Zusammenschluss der Öltröpfchen verhindert wird.

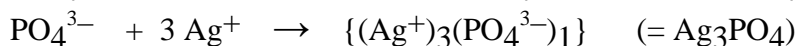
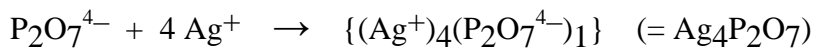
In reinem Wasser dagegen ist wegen der sehr unterschiedlichen zwischenmolekularen Wechselwirkungen (*bei Wasser: schwache van-der-Waals- + (stärkere) Dipol-Dipol- + (noch stärkere) Wasserstoffbrücken-Wechselwirkungen; bei Öl: (praktisch nur) schwache van-der-Waals-Wechselwirkungen*) die durch mechanische Zerteilung des Öls hervorgerufene Bildung kleiner Tröpfchen nicht von Dauer, da die Wassermoleküle wegen der bei weitem überwiegenden unpolaren Gruppierungen keine Tendenz zu einer dauerhaften Umhüllung der Öltröpfchen zeigen und wegen der starken zwischenmolekularen Wechselwirkungen lieber unter "ihresgleichen" bleiben ("similia similibus solvuntur") (vgl. auch Tenside).

c) Pyrophosphat (=Diphosphat)-Nachweis:

Um eine frühzeitige Zersetzung des Wasserstoffperoxids zu verhindern und die Lager- und Gebrauchsdauer zu verlängern, werden häufig als Stabilisierungsmittel Diphosphate zugesetzt:

- Silbernitrat-Probe:

Mit Diphosphat-Ionen erfolgt die Bildung eines weißen schwerlöslichen Niederschlages von Silberdiphosphat $\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (anstelle eines gelben schwerlöslichen Niederschlages an Silber- (ortho)phosphat Ag_3PO_4 , wenn Phosphat-Ionen PO_4^{3-} vorliegen):



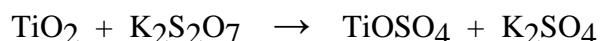
- Bariumchlorid-Probe:

Mit Diphosphat-Ionen entsteht kein schwerlöslicher Niederschlag im Gegensatz zu Orthophosphaten (Bildung von weißem $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$).

Vgl. hierzu Werbe-Aufschrift des Herstellers auf Verpackung:
PHOSPHATFREI (????)

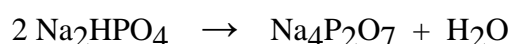
Herstellung von Titanylsulfat (= Titanoxidsulfat TiOSO_4):

Durch starkes Erhitzen mit Kaliumdisulfat (oder Kaliumhydrogensulfat KHSO_4 , das sich unter Wasserabspaltung in Kaliumdisulfat umwandelt) wird das schwerlösliche Titandioxid (= Weißpigment "Titanweiß") "aufgeschlossen", d.h. in eine leichter lösliche Verbindung überführt:



Herstellung von Tetranatriumdiphosphat:

Dinatriumhydrogenphosphat wird beim Erhitzen unter Wasserabspaltung in Tetranatriumdiphosphat umgewandelt:



S A N I T Ä R R E I N I G E R

V8: Herstellung und Reaktionen von Wasserstoffperoxid

- Geräte:** 100ml-Erlenmeyerkolben, Eisbad, Filtriergerät, Reagenzgläser, Thermometer, Wasserbad, Gasbrenner, Petrischalen
- Chemikalien:** 10-30%ige Wasserstoffperoxid-Lösung [C]
a) 20%ige Schwefelsäure [C], Bariumperoxid [Xn, O], Bariumcarbonat [Xn]
b) 10%ige Salzsäure [Xi] , 10%ige Natronlauge [C], Glimmspan
c) 3%ige Wasserstoffperoxid-Lösung, Phosphorsäure [C], Tetranatriumdiphosphat, Mangandioxid [Xn]
d) rohe Kartoffel, 5%ige Bleiacetat- [Xn] oder Kupfersulfat-Lösung [Xn]
e) Kaliumiodid, 20%ige Schwefelsäure [C], Stärke (Lösung bzw. -Kleister), Kaliumiodid-Stärke-Papier
f) verd. schwefelsaure Kaliumpermanganat-Lösung [Xn], Chlorkalk [C], Silberoxid, Chlorwasser [T]
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
- a) Herstellung einer Wasserstoffperoxid-Lösung [C]:
Zu 25ml eiskalter 20%iger Schwefelsäure [C] portionsweise 5g Bariumperoxid [Xn] [O] unter Eiskühlung zugeben. Dann vorsichtig mit festem Bariumcarbonat [Xn] neutralisieren, bis Gasentwicklung beendet ist. Absetzen lassen und filtrieren, Filtrat [C] ggf. für folgende Umsetzungen verwenden.
- b) Thermische Zersetzung in Abhängigkeit vom pH-Wert:
Je 1 Reagenzglas mit ca. 2ml neutraler bzw. (mit einigen Tropfen 10%iger Salzsäure [Xi]) angesäuerter bzw. (mit einigen Tropfen 10%iger Natronlauge [C]) alkalisch gemachter Wasserstoffperoxid-Lösung [C] in siedendes Wasserbad stellen und Temperatur ermitteln, bei der deutliche Gasentwicklung einsetzt. Glimmspanprobe.
- c) Wirkung von Katalysatoren bzw. Stabilisatoren:
Zu ca. 2ml neutraler bzw. mit 0,5ml Phosphorsäure [C] bzw. mit 1 Spatelspitze Tetranatriumdiphosphat versetzter Wasserstoffperoxid-Lösung [C] Spatelspitze Mangandioxid [Xn] geben und Gasentwicklung vergleichen.

d) Wirkung von Enzymen:
Von gesäubertem roher Kartoffel vier ca. 0,5cm dicke Scheiben abschneiden. Eine davon ca. 3-5min in Wasserdampf halten, eine weitere kurz in Bleiacetat- [Xn] oder Kupfersulfat-Lösung [Xn] tauchen. Eine unbehandelte Scheibe in Petrischale mit Wasser, eine weitere zusammen mit der gebrühten und der in die Schwermetallsalz-Lösung getauchten mit 3%iger Wasserstoffperoxid-Lösung bedecken (oder Wasserstoffperoxid-Lösung auftropfen) und Gasentwicklung in beiden Petrischalen vergleichen. (Evtl. 100ml-Erlenmeyerkolben ca. 2cm hoch mit Kartoffelschnitzeln füllen und mit 3%iger Wasserstoffperoxid-Lösung übergießen, Glimmspanprobe.)

e) Wirkung als Oxidations- bzw. Reduktionsmittel:

- Oxidationsmittel:

- Kaliumiodid-Probe (allg. Nachweis von Oxidationsmitteln):

Ca. 2ml 3%ige Wasserstoffperoxid-Lösung mit 1 Spatelspitze Kaliumiodid versetzen, mit einigen Tropfen 20%iger Schwefelsäure [C] ansäuern und nach Auftreten einer Gelbfärbung 1-2 Tropfen Stärke-Lösung zugeben. Alternativ: (ggf. angesäuertes) angefeuchtetes Kaliumiodid-Stärke-Papier eintauchen.

- Dichromat-Probe (vgl. Sanitärreiniger V7)

- Titanylsulfat-Probe (vgl. Sanitärreiniger V7)

- Reduktionsmittel:

- Ca. 2ml stark verdünnte schwefelsaure Kaliumpermanganat-Lösung [Xn] mit ca. 2ml Wasserstoffperoxid-Lösung [C] versetzen, Glimmspanprobe.

Evtl. zusätzliche Versuche:

- Spatelspitze Chlorkalk [C] mit ca. 2ml Wasserstoffperoxid-Lösung [C] und einigen Tropfen 10%iger Schwefelsäure [Xi] versetzen, Glimmspanprobe.

- Spatelspitze Silberoxid mit ca. 2ml Wasserstoffperoxid-Lösung [C] versetzen, Glimmspanprobe.

- Ca. 2ml frisch hergestelltes Chlorwasser [T] mit ca. 2ml Wasserstoffperoxid-Lösung [C] schütteln. Glimmspanprobe, vorsichtige Geruchsprobe, pH-Messung Chlorwasser [T] vorher/nachher vornehmen.

f) Bleichwirkung:

vgl. Sanitärreiniger V1

g) Desinfektions-/Desodorierungswirkung:

vgl. Sanitärreiniger V2

GGF. ALLE VERSUCHE MIT 10%IGER WASSERSTOFFPEROXID-LÖSUNG [C] ZUM VERGLEICH DURCHFÜHREN!

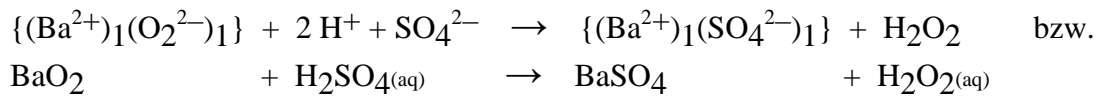
Beobachtungen:

- a) Herstellung einer Wasserstoffperoxid-Lösung:
Unter Erwärmung setzt die Bildung eines weißen Niederschlags ein. Bei der Zugabe von Bariumcarbonat findet eine starke Gasentwicklung statt, die Gesamtmenge des Niederschlages nimmt weiter zu.
- b) Thermische Zersetzung in Abhängigkeit vom pH-Wert
Beim Erwärmen erfolgt im alkalischen Bereich eine starke, im sauren Bereich eine weniger starke Gasentwicklung mit positiver Glimmspanprobe.
- c) Wirkung von Katalysatoren bzw. Stabilisatoren:
Bei Zugabe von Braunstein setzt eine stürmische Gasentwicklung ein, die bei vorherigem Zusatz von Phosphorsäure oder Tetranatriumdiphosphat deutlich schwächer ausfällt.
- d) Wirkung von Enzymen:
Während in Wasser überhaupt keine Gasentwicklung zu beobachten ist, bilden sich mit Wasserstoffperoxid nur an der ungebrühten, nicht an der gebrühten oder mit Schwermetallsalz-Lösung behandelten Kartoffelscheibe Gasbläschen (positive Glimmspanprobe).
- e) Wirkung als Oxidations- bzw. Reduktionsmittel:
- Oxidationsmittel:
 - Kaliumiodid-Probe (allg. Nachweis von Oxidationsmitteln):
Nach dem Ansäuern tritt in der Wasserstoffperoxid-Kaliumiodid-Lösung eine Gelbfärbung auf, die nach Zusatz von Stärke blau wird.
Kaliumiodid-Stärke-Papier wird direkt blau gefärbt.
 - Dichromat-Probe (vgl. Sanitärreiniger V7)
 - Titanyl-sulfat-Probe (vgl. Sanitärreiniger V7)
 - Reduktionsmittel:
 - Kaliumpermanganat-Lösung wird unter Gasentwicklung (positive Glimmspanprobe) entfärbt.
 - Bei Zugabe von Wasserstoffperoxid-Lösung und anschließendem Ansäuern entwickelt sich ein Gas, das allenfalls schwach nach Chlor riecht und eine positive Glimmspanprobe zeigt.
 - Das graubraune Silberoxid wird unter Gasentwicklung (positive Glimmspanprobe) weiß.
 - Die Gelbfärbung und der Chlorgeruch des Wassers verschwinden unter Bildung eines Gases mit positiver Glimmspanprobe.
Das pH-Papier wird durch Chlorwasser schwach rot und schnell entfärbt, nach Wasserstoffperoxidzugabe ist es deutlich rot und wird nicht entfärbt.
- f) vgl. Sanitärreiniger V1
- g) vgl. Sanitärreiniger V2

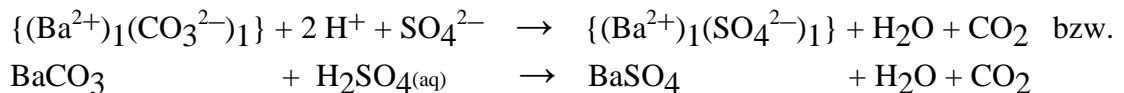
Auswertung:

a) Herstellung einer Wasserstoffperoxid-Lösung:

In saurer Lösung nehmen die Peroxid-Ionen O_2^{2-} des Bariumperoxids zwei H^+ -Ionen unter Bildung von Wasserstoffperoxid-Molekülen H_2O_2 auf, die Barium-Ionen reagieren mit den Sulfat-Ionen zu schwerlöslichem Bariumsulfat:



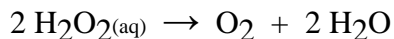
Die überschüssigen H^+ -Ionen werden durch die Carbonat-Ionen aus nachträglich zugesetztem Bariumcarbonat unter Bildung von Wasser und Kohlenstoffdioxid, die ebenfalls überschüssigen Sulfat-Ionen durch die Barium-Ionen des Bariumcarbonats unter Bildung von schwerlöslichem Bariumsulfat abgefangen:



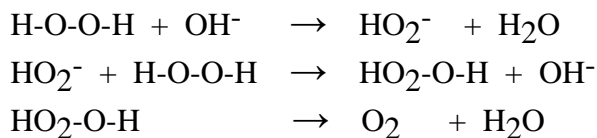
Somit bleibt im Filtrat eine (durch teilweise Reaktion zwischen CO_2 und H_2O allenfalls schwach saure) wässrige Lösung von Wasserstoffperoxid zurück.

b) Thermische Zersetzung in Abhängigkeit vom pH-Wert:

Vor allem bei höherer Temperatur tritt ein Zerfall von Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser ein (*sog. "Disproportionierung"*):



Verlangsamt wird diese Reaktion durch Säurezusatz, beschleunigt dagegen wird sie im alkalischen Medium, wobei die Hydroxid-Ionen katalytisch wirken (*Abspaltung eines H^+ -Ions unter Bildung eines Hydroperoxid-Ions, das ein Wasserstoffperoxid-Molekül nucleophil angreift unter Rückbildung des Hydroxid-Ions*):



Da durch Hydrolyse von Silikaten auch aus Glas im Laufe der Zeit OH^- -Ionen freigesetzt werden, sollten wässrige Wasserstoffperoxid-Lösungen in paraffinierten Glas- oder besser in Polyethylen-Flaschen aufbewahrt werden.

c) Wirkung von Katalysatoren bzw. Stabilisatoren:

Durch Anlagerung und Zerfall von Wasserstoffperoxid-Molekülen an der Oberfläche des festen Katalysators (z.B. MnO_2) erfolgt eine heterogene Katalyse der Disproportionierung des H_2O_2 . Der Zusatz von Phosphorsäure bzw. Diphosphat als Stabilisator (= Inhibitor) bewirkt eine Hemmung der Zerfallsreaktion, indem die Phosphat-Ionen bzw. (noch wirksamer) die Diphosphat-Ionen aktive Zentren an der Katalysator-Oberfläche blockieren.

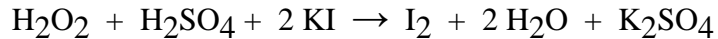
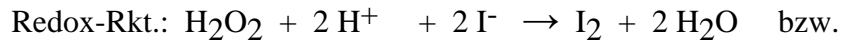
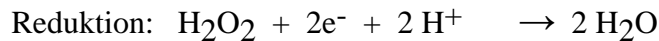
d) Wirkung von Enzymen:

Auch bestimmte Enzyme (z.B. Katalase oder Peroxidase) besitzen eine katalytische Wirkung auf den Wasserstoffperoxid-Zerfall (*im Organismus sollen besonders reaktive und damit möglicherweise zellschädigende radikalische Oxo- oder Peroxo-Zwischenprodukte abgefangen werden*). Diese ist auf die Struktur der Enzyme (bestimmte räumliche Anordnungen der Sekundär- und Tertiärstrukturen mit der Funktion eines "Schlüssel-Schloss-Prinzips" für das jeweilige Substrat) zurückzuführen, die durch die Einwirkung von Wärme und/oder bestimmte Schwermetallverbindungen meist irreversibel ge- bzw. zerstört wird.

e) Wirkung als Oxidations- bzw. Reduktionsmittel:

- Oxidationsmittel:

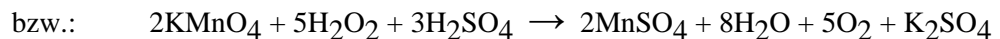
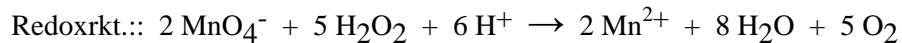
- Kaliumiodid-Probe (allg. Nachweis von Oxidationsmitteln):
Es erfolgt eine "Oxidation" der Iodid-Ionen zu Iod-Molekülen, die mit der Stärke-"Helix" eine Einschluss-Verbindung bilden:



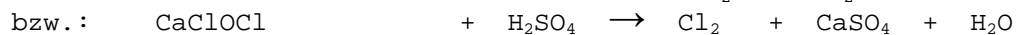
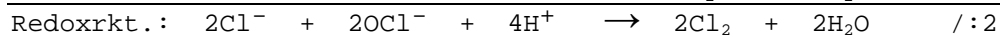
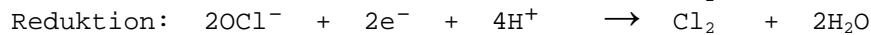
- Dichromat-Probe (vgl. Sanitärreiniger V7)
- Titansulfat-Probe (vgl. Sanitärreiniger V7)

- Reduktionsmittel:

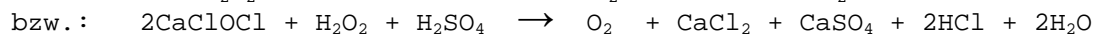
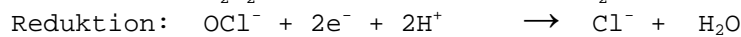
- Wasserstoffperoxid ist ein recht schwaches Reduktionsmittel und reagiert nur mit starken Oxidationsmitteln, z.B. mit (angesäuerter) Kaliumpermanganat-Lösung unter Bildung von Sauerstoff:



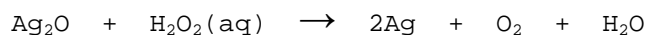
- Chlorkalk (= Calciumchloridhypochlorit) würde bei Säurezugabe zunächst analog zu Natriumhypochlorit in einer Redoxreaktion (speziell: einer Symproportionierung) unter Bildung von Chlor zersetzt:



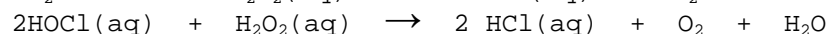
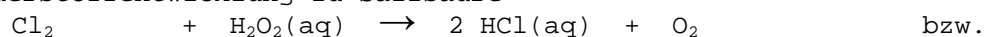
Bei vorherigem Zusatz von Wasserstoffperoxid-Lösung reagiert Chlorkalk dagegen vorzugsweise unter Sauerstoffentwicklung zu Calciumchlorid bzw. Calciumsulfat:



- Silberoxid reagiert mit Wasserstoffperoxid unter Sauerstoffentwicklung zu Silber:



- Chlor (bzw. hypochlorige Säure) reagiert mit Wasserstoffperoxid unter Sauerstoffentwicklung zu Salzsäure:



f) vgl. Sanitärreiniger V1

g) vgl. Sanitärreiniger V2

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V9: Bestimmung des Oxidationsmittelgehalts in Sanitärreinigern

Geräte: 1ml-Pipette (bzw. 10ml-Pipette, 100ml-Messkolben), Peleusball, 50ml-Bürette, 250ml-Weithals-Erlenmeyerkolben, weiße Unterlage

Chemikalien: 1) **Dan Klorix Hygienereiniger (Colgate-Palmolive, Hamburg)**
2) **Domestos fresh Sanitärreiniger (Lever Sunlight, Hamburg)**

Wasser, Kaliumiodid-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$), 5%ige Salzsäure, Natriumthiosulfat-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$), Stärke(-Lösung bzw. -Kleister)

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN! ABZUG!!!!**
1ml Sanitärreiniger (bzw. 10ml Sanitärreiniger auf 100ml verdünnen, davon 10ml abmessen) im Erlenmeyerkolben nacheinander mit ca. 50ml Wasser, 20ml Kaliumiodid-Lösung und 1-2ml 5%iger Salzsäure versetzen, so dass der pH-Wert ca. 5 beträgt. Unter ständigem Schwenken mit Natriumthiosulfat-Lösung titrieren, bis das ursprünglich braune Gemisch nur noch schwach gelb gefärbt ist. Nach Zugabe von ca. 1ml Stärke(-Lösung bzw. -Kleister) bis zur vollständigen Entfärbung weitere Natriumthiosulfat-Lösung aus Bürette zutropfen. Versuche jeweils mindestens dreimal wiederholen.

Beobachtungen:

Tabelle: Verbrauch an Natriumthiosulfat-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$) in [ml]

Sanitärreiniger	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
Dan Klorix											
Domestos(fresh)											

.....
.....
.....
.....

Auswertung:
.....
.....
.....
.....

Beobachtungen:

Tabelle: Verbrauch an Natriumthiosulfat-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$) in [ml]

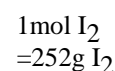
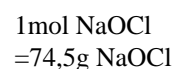
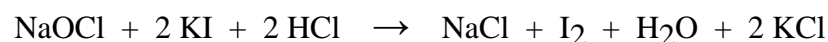
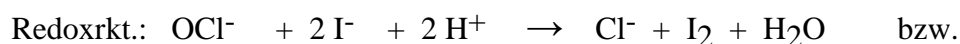
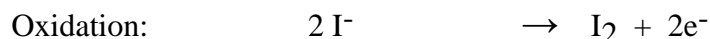
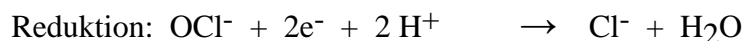
Sanitärreiniger	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
Dan Klorix											10,7
Domestos(fresh)											23,6

Das braune Reaktionsgemisch wird bei der Titration mit Natriumthiosulfat-Lösung gelb, nach Stärkezusatz dunkelblau und beim Weitertitrieren schließlich farblos.

Auswertung:

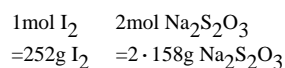
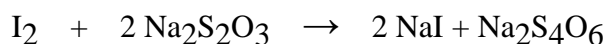
- a) Bestimmung des Gehalts an "aktivem Chlor" in **Dan Klorix Hygienereiniger (Colgate-Palmolive, Hamburg)**:

Der Inhaltsstoff Natriumhypochlorit reagiert im schwach sauren Bereich mit Kaliumiodid unter Bildung von Iod:



Demnach entsteht aus 1mol NaOCl genau 1mol I₂.

Das entstandene Iod reagiert dann bei der Titration mit Natriumthiosulfat zu Natriumiodid und Natriumtetrathionat:

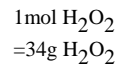
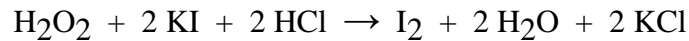
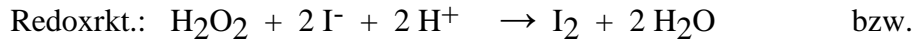
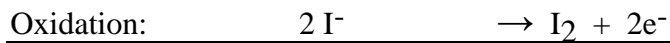
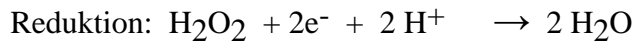


Nach dieser Gleichung benötigt 1mol Iod genau 2mol Natriumthiosulfat.

Bei einem Verbrauch von 10,7ml Natriumthiosulfat-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$) haben 0,00107mol Na₂S₂O₃ mit der Hälfte dieser Stoffmenge, also mit 0,000535mol I₂ reagiert, die aus 0,000535mol NaOCl (= 0,000535mol · 74,5g/mol = 0,04g NaOCl) entstanden sind. Diese 0,04g NaOCl sind in 1ml Lösung (Dichte praktisch 1g/cm³) enthalten, d.h. der Gehalt beträgt $0,04\text{g} \cdot 100\%/1\text{g} = 4\%$.

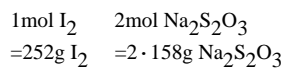
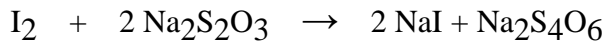
b) Bestimmung des Gehalts an "aktivem Sauerstoff" in **Domestos fresh Sanitärreiniger (Lever Sunlicht, Hamburg)**:

Der Inhaltsstoff Wasserstoffperoxid reagiert im schwach sauren Bereich mit Kaliumiodid unter Bildung von Iod:



Demnach entsteht aus 1mol H₂O₂ genau 1mol I₂.

Das entstandene Iod reagiert dann bei der Titration mit Natriumthiosulfat zu Natriumiodid und Natriumtetrathionat:



Nach dieser Gleichung benötigt 1mol Iod genau 2mol Natriumthiosulfat.

Bei einem Verbrauch von 23,6ml Natriumthiosulfat-Lösung (c=0,1mol/l) haben 0,00236mol Na₂S₂O₃ mit der Hälfte dieser Stoffmenge, also mit 0,00118mol I₂ reagiert, die aus 0,00118mol H₂O₂ (= 0,00118mol · 34g/mol = 0,04g H₂O₂) entstanden sind. Diese 0,04g H₂O₂ sind in 1ml Lösung (Dichte praktisch 1g/cm³) enthalten, d.h. der Gehalt beträgt 0,04g · 100%/1g=4%.

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V10: Volumetrische Bestimmung des Wasserstoffperoxid-Gehalts in Domestos fresh® (Lever Sunlicht, Hamburg)

Geräte: Waage, Gasentwickler-Apparatur (100ml-Erlenmeyerkolben, doppelt durchbohrter Stopfen, Gasableitungsrohr, Tropftrichter), Kolbenprober (bzw. Gaseinleitungsrohr, 250ml-Messzylinder, pneumatische Wanne), Magnetrührer

Chemikalien: **Domestos fresh Sanitärreiniger (Lever Sunlicht, Hamburg)**
5%ige Kaliumpermanganat-Lösung [**Xn**], Wasser, 10%ige Schwefelsäure [**Xi**], 3%ige Wasserstoffperoxid-Lösung

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
4g Sanitärreiniger genau abwiegen, mit 10%iger Schwefelsäure [**Xi**] deutlich ansäuern und Rührfisch zugeben. Gasentwickler-Apparatur auf Magnetrührer zusammenbauen und ca. 10ml 5%ige Kaliumpermanganat-Lösung [**Xn**] in Tropftrichter füllen. Gasableitungsrohr mit Kolbenprober verbinden (bzw. mit Gaseinleitungsrohr zum pneumatischen Auffangen des entstehenden Sauerstoffs). Kaliumpermanganat-Lösung [**Xn**] bis auf kleinen Rest unter Rühren langsam zutropfen.
Wenn Gasentwicklung beendet ist, Volumen ablesen. Zum Vergleich anstelle von Sanitärreiniger 3%ige Wasserstoffperoxid-Lösung verwenden.

Beobachtungen:
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

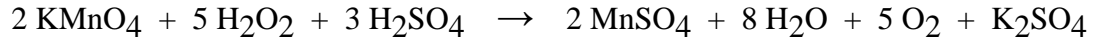
Auswertung:
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Beobachtungen:

Es entstehen durchschnittlich 95ml Sauerstoff.

Auswertung:

Kaliumpermanganat reagiert mit Wasserstoffperoxid nach folgender Reaktionsgleichung (vgl. Sanitärreiniger V8):



$$\begin{aligned} &5 \text{mol H}_2\text{O}_2 \\ &= 5 \cdot 34 \text{g H}_2\text{O}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &5 \text{mol O}_2 \\ &= 5 \cdot 32 \text{g O}_2 (= 5 \cdot 24 \text{l O}_2) \end{aligned}$$

Somit liefern 5mol H₂O₂ (= 5mol·34g/mol = 170g H₂O₂) genau 5mol O₂ = 5mol·32g/mol = 5mol·24l/mol O₂ (bezogen auf Zimmertemperatur 20°C=293K und Normaldruck 1013hPa).

Einfacher: 1mol (= 34g) H₂O₂ 2O₂ ergibt 1mol (= 24l) O₂.

Wenn 4g Domestos fresh 95ml (= 0,095l) Sauerstoff liefern, dann sind diese aus 34g/mol·0,095l/24l/mol = 0,135g H₂O₂ entstanden, d.h. Domestos fresh enthält 0,135g·100%/4g = **3,4% H₂O₂**.

S A N I T Ä R R E I N I G E R

V11: Bestimmung des Wasserstoffperoxid-Gehalts in Domestos fresh (Lever Sunlicht, Hamburg)

- Geräte:** Waage, 50ml-Bürette, 250ml-Weithals-Erlenmeyerkolben, weiße Unterlage
- Chemikalien:** **Domestos fresh Sanitärreiniger (Lever Sunlicht, Hamburg)**
Kaliumpermanganat-Lösung (c=0,1mol/l) [Xn], 10%ige Schwefelsäure [Xi], Wasser, 3%ige Wasserstoffperoxid-Lösung
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
5g Sanitärreiniger genau abwiegen, mit 10%iger Schwefelsäure [Xi] deutlich ansäuern, dann mit Wasser auf ca. 50ml verdünnen und mit Kaliumpermanganat-Lösung [Xn] titrieren, bis die Sanitärreiniger-Lösung eben schwach violett gefärbt bleibt.
Zum Vergleich anstelle von Sanitärreiniger 3%ige Wasserstoffperoxid-Lösung verwenden.
Versuche jeweils mindestens dreimal wiederholen.

Beobachtungen:

Tabelle: Verbrauch an Kaliumpermanganat-Lösung (c=0,1mol/l) in [ml]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
3%ige H ₂ O ₂ (aq)											
Domestos(fresh)											

.....

Auswertung:

.....

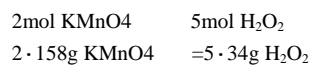
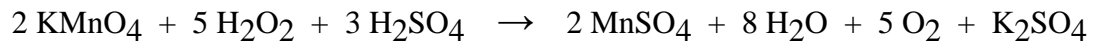
Beobachtungen:

Tabelle: Verbrauch an Kaliumpermanganat-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$) in [ml]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
3%ige $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$											17,6
Domestos(fresh)											20,0

Auswertung:

Kaliumpermanganat reagiert mit Wasserstoffperoxid nach folgender Reaktionsgleichung (vgl. Sanitärreiniger V8):



Somit benötigen 5mol H_2O_2 ($= 5\text{mol} \cdot 34\text{g/mol} = 170\text{g H}_2\text{O}_2$) genau 2mol KMnO_4 ($= 2\text{mol} \cdot 158\text{g/mol} = 316\text{g KMnO}_4$).

5g einer 3%igen Wasserstoffperoxid-Lösung enthalten 0,15g H_2O_2 , die $316\text{g} \cdot 0,15\text{g}/170\text{g} = 0,2788\text{g KMnO}_4$ benötigen. Eine Kaliumpermanganat-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$) enthält 15,8g KMnO_4/l , also in 1ml Lösung 0,0158g KMnO_4 . Demnach werden $0,2788\text{g}/0,0158\text{g/ml} = 17,6\text{ml}$ Kaliumpermanganat-Lösung benötigt, die also 5g einer 3%igen Wasserstoffperoxid-Lösung entsprechen.

5g Domestos fresh verbrauchen 20ml Kaliumpermanganat-Lösung ($c=0,1\text{mol/l}$). Diese Menge enthält 0,002mol, also 0,316g KMnO_4 , die mit 0,005mol H_2O_2 , also 0,170g H_2O_2 reagiert haben. Somit sind in 5g Domestos fresh 0,170g H_2O_2 enthalten. Daraus ergibt sich für den prozentualen Gehalt: $0,17\text{g} \cdot 100\%/5\text{g} = 3,4\% \text{H}_2\text{O}_2$.

S A N I T Ä R R E I N I G E R

	Rahmenrezeptur für	
	Hypochlorit-Reiniger	Wasserstoffperoxid-Reiniger
Natriumhypochlorit	1-5%	----
Wasserstoffperoxid	----	1-5%
Alkalien	5-10%	0-5%
Tenside	0-5%	0-5%
Komplexbildner	----	++++
Farb-/Duftstoffe	++++	++++
Wasser	ad 100	ad 100

Sanitärreiniger, oft auch als Hygienereiniger bezeichnet, sollen in erster Linie zur Desinfektion im sanitären Bereich dienen.

a) Hypochlorit-Reiniger (z.B. **Dan Klorix Hygienereiniger (Colgate-Palmolive, Hamburg)**):

Als Wirkstoff wird eine Natriumhypochlorit-Lösung eingesetzt. Bei sachgemäßer Anwendung entstehen daraus Kochsalz und "aktiver Sauerstoff" (*infolge des Zerfalls der intermediär gebildeten hypochlorigen Säure bildet sich Sauerstoff "in statu nascendi", d.h. es entstehen hochreaktive O-Atome, die außer der Dimerisierung zu O₂-Molekülen viele Reaktionen eingehen können*), wodurch Farbstoffe und (Mikro-) Organismen zerstört werden können (Bleich- bzw. Desinfektionswirkung).

Da aber für den Sanitärbereich typische Verschmutzungen wie Kalk- und Urinstein nicht entfernt werden, diese aber durch WC-Reiniger, Entkalker und andere säurehaltige Produkte gelöst werden, besteht (trotz entsprechender Warnhinweise auf der Verpackung) die Gefahr, dass unmittelbar nach der Anwendung Säuren hinzugegeben werden, die sofort zur Bildung von hochgiftigem Chlorgas führen (Hypochlorit- + WC-Reiniger = "Kampfgasausrüstung fürs Heim"; vgl "Anwendung" von Chlor als Kampfgas im 1. Weltkrieg auf Empfehlung von Fritz HABER). Um diese Chlorentwicklung (MAK-Wert 0,5ppm), die auch schon im schwach sauren Bereich oder in heißem Wasser auftritt, zu vermeiden, aber auch, um die Haltbarkeit des Produktes (*Zersetzung beim Stehen lassen und unter Lichteinwirkung*) zu erhöhen, werden Alkalien (z.B. Soda, Metasilikate) zugesetzt. Daher sind Hypochlorit-Reiniger sowohl für alkaliempfindliche Oberflächen (z.B. Glas, Aluminium, verzinkte oder lackierte Oberflächen) wie auch bei Verwendung als Bleichmittel für bestimmte alkaliempfindliche Textilien (z.B. Wolle, Seide, PUR-Fasern wie Elastan) nicht geeignet. Außerdem sollen die Behälter nach einer freiwilligen Vereinbarung der Industrie kindersichere (?) Verschlüsse besitzen.

Auch ammoniakhaltige Reiniger (z.B. "Salmiak(geist)"haltige Allzweck-, Glas- oder Metallreiniger) dürfen nicht zusammen mit Hypochlorit-Reinigern verwendet werden (*Bildung von Chloramin*). Duftstoffe werden vor allem zugesetzt, um den unangenehmen, chlorähnlichen Geruch zu überdecken. Der Farbstoffzusatz dient zur optischen Unterscheidung in bezug auf andere Reiniger bzw., um festzustellen, welche zu reinigenden Stellen erreicht wurden.

Schließlich können Hypochlorit-Reiniger mit organischen Verbindungen im Abwasser unter Bildung von organischen Chlor-Verbindungen (z.B. *Chlor-Kohlenwasserstoffen wie $CHCl_3$*) reagieren.

b) Wasserstoffperoxid-Reiniger (z.B. **Domestos fresh Sanitär-reiniger (Lever Sunlicht, Hamburg)**):

Eigentlicher Wirkstoff ist Wasserstoffperoxid, das bei seiner Zersetzung zu Wasser und Sauerstoff diesen "in statu nascenti" freisetzt (*d.h. zunächst in Form von hochreaktiven O-Atomen, die außer der Dimerisierung zu O_2 -Molekülen viele Reaktionen eingehen können*), wodurch Farbstoffe und (Mikro-)Organismen zerstört werden können (Bleich- bzw. Desinfektionswirkung). Auch übelriechende Stoffe (z.B. *Schwefel-Verbindungen*) werden zu geruchlosen Produkten oxidiert (Desodorierungswirkung).

Dieser auch bei längerem Aufbewahren eintretende Zerfall wird durch höhere Temperaturen begünstigt, vor allem aber durch Staub, Alkalien und Schwermetallverbindungen katalysiert, so dass zur Verbesserung der Haltbarkeit Stabilisatoren (=Inhibitoren) zugesetzt werden (z.B. *Diphosphate zur Komplexierung von Schwermetall-Ionen*).

Tenside wirken (*u.a. wegen Erniedrigung der Grenzflächenspannung*) schmutzlösend und sorgen für eine bessere Haftung des Reinigers.

Zwar werden auch durch Wasserstoffperoxid-Reiniger keine Kalkablagerungen im Sanitärbereich entfernt, aber bei ggf. nachfolgendem Säurezusatz kommt es wenigstens nicht zur Bildung hochgiftiger Substanzen. Ungeeignet ist dieser Reiniger allerdings auch für oxidationsempfindliche Materialien (z.B. *Farbstoffe, Wolle, Seide*).

Zusammenstellung von Versuchen zum Themengebiet

W C - R E I N I G E R

- V1: Untersuchung von festen WC-Reinigern
- V2: Untersuchung von flüssigen WC-Reinigern
- V3: Wirkung von WC-Reinigern auf verschiedene Stoffe
- V4: Wirkung von WC-Reinigern auf Eiweiß
- V5: Herstellung von "Salzsäure(gas)" aus Kochsalz und festen WC-Reinigern
- V6: Wirkungsvergleich verschiedener WC-Reiniger
- V7: Bestimmung des Carbonat- und Säuregehalts in 00-WC-Reiniger® (*Yankee Polish Lüth, Reinbek*)
- V8: Konduktometrische Bestimmung des Säuregehalts in flüssigen WC-Reinigern

W C - R E I N I G E R

V1: Untersuchung von festen WC-Reinigern

Geräte: Reagenzgläser, Holzspan, Gasbrenner, Glasstab, Magnesiastäbchen, Cobaltglas

Chemikalien: fester WC-Reiniger, z.B.:

- A) Hui WC-Perfekt (*Roth, Bad Ems*)
- B) WC Frisch (*Thompson, Düsseldorf*)
- C) WC-Reiniger (*Dr. Weipert, Aachen*) [Xn]
- D) 00-WC-Reiniger (*Yankee Polish Lüth, Reinbek*) [Xn]

Wasser, pH-Papier (evtl. Spezial-Indikatorpapier pH0-6 bzw. pH-Meter)

- a) 10%ige Salzsäure [Xi], Kalklauge [C]
- b) 5%ige Bariumchlorid-Lösung [Xn]
- c) halbkonz. Salpetersäure [C], Zitronensäure, 10%ige Ammoniummolybdat-Lösung, konz. Ammoniak-Lösung [C]
- d) 10%ige Salpetersäure [Xi], 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O]
- e) verdünnte (noch durchsichtige) Kaliumpermanganat-Lösung [Xn]

Natriumhydrogencarbonat bzw. Natriumcarbonat [Xi], Natriumhydrogensulfat [Xi] bzw. Natriumsulfat, Natriumdihydrogenphosphat bzw. Dinatriumhydrogenphosphat bzw. Natriumphosphat, Natriumchlorid

Durchführung: SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!

- 1) Verhalten in Wasser:
Wenige Körnchen WC-Reiniger auf angefeuchtetes pH-Papier geben und pH-Wert messen bzw. 2 Spatelspitzen WC-Reiniger mit ca. 2ml Wasser versetzen, pH-Wert sofort und nach Beendigung einer Gasentwicklung messen, in Gasraum brennenden Holzspan und Glasstab mit 1 Tropfen Kalklauge [C] halten.
Reagenzglasinhalt auf etwa 200ml (d.h. auf 1:100) verdünnen und erneut pH-Wert messen.
- 2) Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen:
 - a) Carbonat-Nachweis:
1 Spatelspitze WC-Reiniger mit ca. 2ml 10%iger Salzsäure [Xi] versetzen, in Gasraum Glasstab mit 1 Tropfen Kalklauge [C] halten
---> Trübung bzw. weißer Niederschlag.
 - b) Sulfat-Nachweis:
1 Spatelspitze WC-Reiniger mit ca. 2ml Wasser versetzen, Ende der Gasentwicklung abwarten und ggf. filtrieren. Zu klarer Lösung tropfenweise 5%ige Bariumchlorid-Lösung [Xn] zugeben
---> weißer Niederschlag.

- c) Phosphat-Nachweis:
 1 Spatelspitze WC-Reiniger mit ca. 2ml halbkonz. Salpetersäure [C] versetzen, Ende der Gasentwicklung abwarten und 3-5min zum Sieden erhitzen. Nach Abkühlen 1 Spatelspitze Zitronensäure und ca. 2ml 10%ige Ammoniummolybdat-Lösung sowie einige Tropfen konz. Ammoniak-Lösung [C] zugeben, evtl. etwas erwärmen (T<40°C)
 ---> gelber Niederschlag.
- d) Chlorid-Nachweis:
 1 Spatelspitze WC-Reiniger mit ca. 2ml 10%iger Salpetersäure [Xi] versetzen, Ende der Gasentwicklung abwarten und ggf. filtrieren. Zu klarer Lösung tropfenweise 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O] zugeben
 ---> weißer, flockiger Niederschlag.
- e) Zitronensäure-"Nachweis":
 2 Spatelspitzen WC-Reiniger so stark erhitzen, dass noch keine Rauchbildung einsetzt. Rückstand nach Erkalten in ca. 2ml Wasser lösen, filtrieren und verdünnte, noch durchsichtige Kaliumpermanganat-Lösung [Xn] zutropfen
 ---> Entfärbung der Lösung unter Bildung eines braunschwarzen Niederschlages.
 Zum Vergleich 2 Spatelspitzen WC-Reiniger in ca. 2ml Wasser ohne Erhitzen lösen und Kaliumpermanganat-Lösung [Xn] zutropfen
 ---> keine Entfärbung.
- f) Nachweis von Natrium- bzw. Kalium-Verbindungen:
 Ausgeglühtes Magnesiastäbchen in (salzsaure) Lösung von WC-Reiniger tauchen und in Saum der nichtleuchtenden Brennerflamme halten
 ---> Gelbfärbung der Flamme: Natrium-Verbindungen
 ---> durch Cobaltglas betrachtet Rotfärbung der Flamme: Kalium-Verbindungen:

Evtl. vor Nachweis der (möglichen) Inhaltsstoffe von festen WC-Reinigern "Analyse nach Prof. Pick" durchführen (vgl. Abflussreiniger V4).

Außerdem folgende Reinstoffe untersuchen ("Blindproben"):

Natriumhydrogencarbonat bzw. Natriumcarbonat [Xi]
 Natriumhydrogensulfat [Xi] bzw. Natriumsulfat
 Natriumdihydrogenphosphat bzw. Dinatriumhydrogenphosphat bzw. Natriumphosphat
 Natriumchlorid
 Zitronensäure

- 1) 1 Spatelspitze in ca. 1ml Wasser lösen, pH-Wert sofort und nach Verdünnen auf 1:100 bestimmen
- 2) Wenige Körnchen in ca. 1ml Wasser lösen und zugehörige Nachweise durchführen

Beobachtungen:

1) Verhalten in Wasser:

Tabelle: pH-Werte von festen WC-Reinigern in Wasser

WC-Reiniger	pH-Wert vor/nach Gasbildung	pH-Wert 1:100 verdünnt
A)		
B)		
C)		
D)		

.....

Tabelle: pH-Werte von bestimmten Reinstoffen in Wasser

Reinstoffe	pH-Wert	pH-Wert 1:100 verdünnt
NaHCO ₃		
Na ₂ CO ₃		
NaHSO ₄		
Na ₂ SO ₄		
NaH ₂ PO ₄		
Na ₂ HPO ₄		
Na ₃ PO ₄		
NaCl		
Zitronensäure		

.....

Beobachtungen:

1) Verhalten in Wasser:

Tabelle: pH-Werte von festen WC-Reinigern in Wasser

WC-Reiniger	pH-Wert vor/nach Gasbildung	pH-Wert 1:100 verdünnt
A)	2,5 / 3,0	5,0
B)	2,5 / 3,0	5,0
C)	1,0 / 1,5	5,0
D)	1,0 / 1,5	5,0

Bei Wasserzugabe setzt die Bildung eines farblosen Gases ein, das nicht brennbar ist, eine Flamme erstickt und in Kalklauge eine Trübung hervorruft.

Bei **C)** und **D)** ist außerdem die Gasentwicklung stärker als bei **A)** und **B)**.

Tabelle: pH-Werte von bestimmten Reinstoffen in Wasser

Reinstoffe	pH-Wert	pH-Wert 1:100 verdünnt
NaHCO ₃	8	7
Na ₂ CO ₃	12	10
NaHSO ₄	1	3
Na ₂ SO ₄	7	7
NaH ₂ PO ₄	3	5
Na ₂ HPO ₄	9	7
Na ₃ PO ₄	11	9
NaCl	7	7
Zitronensäure	2-3	4-5

2) Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen

Tabelle: Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen

WC-Reiniger	Carbonat	Sulfat	Phosphat	Chlorid	Zitronensäure	Na-/K-Verb.
A)	++++	++++	----	++++	++++	++/--
B)	++++	++++	----	++++	++++	++/--
C)	++++	++++	----	++++	----	++/--
D)	++++	++++	----	++++	----	++/--

Auswertung:

1) Verhalten in Wasser:

Bei Wasserzugabe zu dem Feststoff(-Gemisch) entstehen eine (je nach Produkt unterschiedlich) sauer reagierende Lösung sowie ein nicht brennbares Gas (d.h. \neq Wasserstoff), das auch keine Verbrennung unterhält (d.h. \neq Sauerstoff):

Es könnte sich z.B. um Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid handeln. Da eine Calciumhydroxid-Lösung (= "Kalklauge") durch Bildung von schwerlöslichem Calciumcarbonat getrübt wird, lässt sich das Gas als Kohlenstoffdioxid identifizieren.

Die pH-Werte der gelösten Reinstoffe sind unterschiedlich groß: Salze aus einer starken Säure und einer starken Base (z.B. Na_2SO_4 , NaCl) reagieren in Wasser neutral.

Salze aus einer schwachen Säure und einer starken Base (z.B. Na_2CO_3 , Na_3PO_4) reagieren in Wasser alkalisch.

Hydrosalze mehrprotoniger Säuren reagieren je nach Stärke der Säure in Wasser mehr oder weniger sauer (z.B. NaHSO_4 , NaH_2PO_4) bzw. neutral bis schwach alkalisch (z.B. NaHCO_3 , Na_2PO_4).

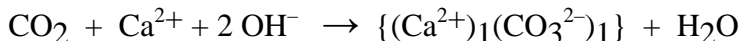
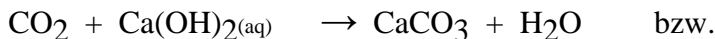
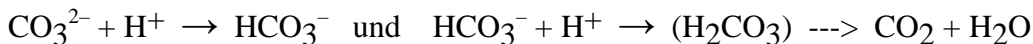
Die organische (Carbon-)Säure Zitronensäure reagiert (aufgrund der Anhäufung von stark elektronenziehenden Gruppierungen) relativ stark sauer (pK_S -Wert der ersten Stufe 3,14).

Abgesehen von einigen neutral oder fast neutral reagierenden Lösungen (Na_2SO_4 , NaCl bzw. NaHCO_3) bewirkt in allen anderen Fällen eine Verdünnung von 1:100 eine Veränderung des pH-Wertes um etwa 2 Einheiten in Richtung des Neutralpunktes pH 7 (bei deutlich sauer reagierenden Lösungen Anstieg, bei deutlich alkalisch reagierenden Lösungen Abnahme um etwa 2 Einheiten). Diese Veränderung deutet auf einen dekadisch-logarithmischen Zusammenhang zwischen pH-Wert und H^+ -Ionenkonzentration hin, wie sie auch in der Definition des pH-Wertes begründet ist: Der pH-Wert einer wässrigen Lösung ist der negative dekadische (= "Zehner"-)Logarithmus der H^+ -Ionenkonzentration: $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$.

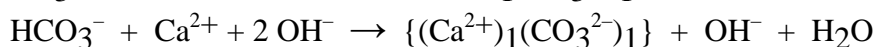
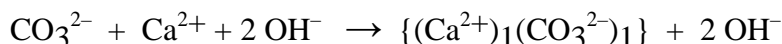
2) Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen:

a) Carbonat-Nachweis:

Nicht nur in Wasser gelöste, sondern auch feste Carbonate und Hydrogencarbonate reagieren mit sauren Lösungen durch Anlagerung von H^+ -Ionen an CO_3^{2-} - bzw. HCO_3^- -Ionen unter Entwicklung von Wasser und Kohlenstoffdioxid, das in Calciumhydroxid-Lösung zur Bildung von weißem, schwerlöslichem Calciumcarbonat führt:



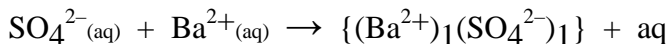
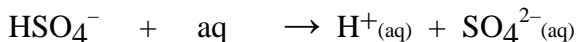
Auch bei der Zugabe von Kalklauge zu wässrigen Lösungen von Carbonaten und Hydrogencarbonaten würde Calciumcarbonat entstehen:



Andere Inhaltsstoffe könnten jedoch stören, da sie mit Kalklauge ebenfalls weiße, schwerlösliche Niederschläge bilden (z.B. Sulfate, Phosphate), daher ist die gewählte Versuchsdurchführung eindeutiger.

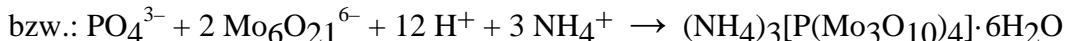
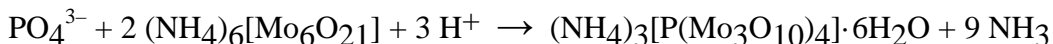
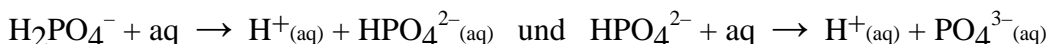
b) Sulfat-Nachweis:

In Wasser gelöste Hydrogensulfate und Sulfate reagieren mit Bariumchlorid-Lösung unter Bildung von weißem, schwerlöslichem Bariumsulfat, indem sich Barium-Ionen und Sulfat-Ionen zu einem Ionenverband zusammenlagern:



c) Phosphat-Nachweis:

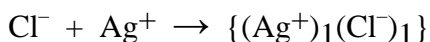
In Wasser gelöste Hydrogen(ortho-)phosphate und (Ortho-)Phosphate reagieren mit Ammoniummolybdat-Lösung unter Bildung von gelbem, schwerlöslichem Ammoniummolybdatophosphat:



Da in allen untersuchten Fällen der Nachweis negativ ausfällt, ist in den Produkten **A)**-**D)** kein (Ortho-)Phosphat enthalten und somit für den niedrigen pH-Wert nicht Natrium-dihydrogenphosphat verantwortlich.

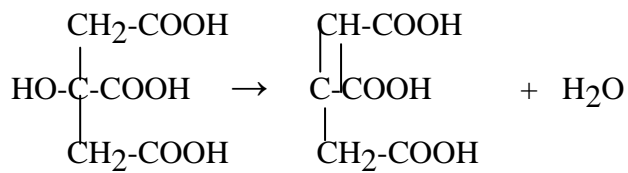
d) Chlorid-Nachweis:

In Wasser gelöste Chloride reagieren mit Silbernitrat-Lösung unter Bildung von weißem, schwerlöslichem Silberchlorid, da sich Silber-Ionen und Chlorid-Ionen zu einem Ionenverband zusammenlagern:

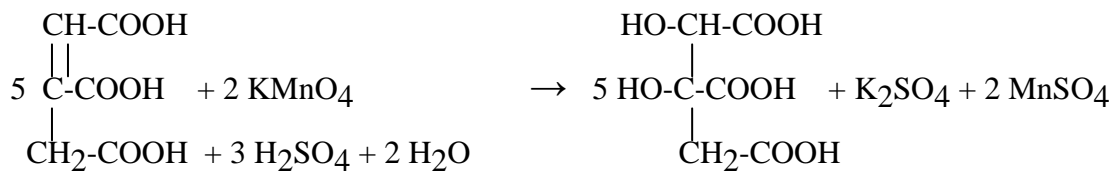


e) Zitronensäure-"Nachweis":

Beim Erhitzen entsteht aus der Zitronensäure (= 2-Hydroxy-propan-1.2.3-tricarbonsäure) die Aconitsäure (= Propen-1.2.3-tricarbonsäure):



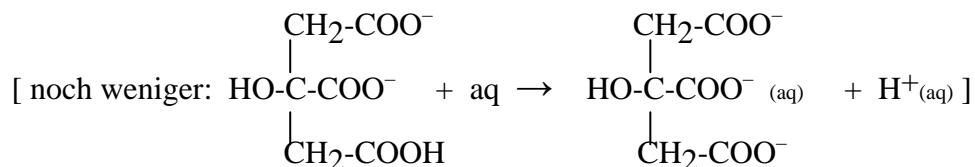
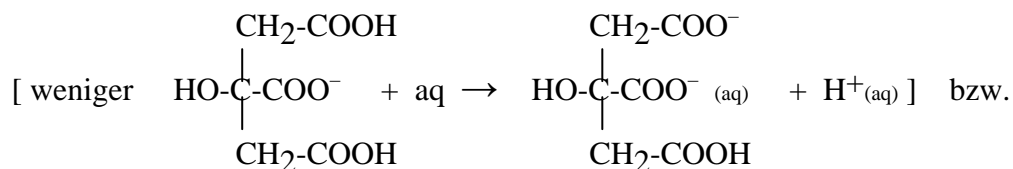
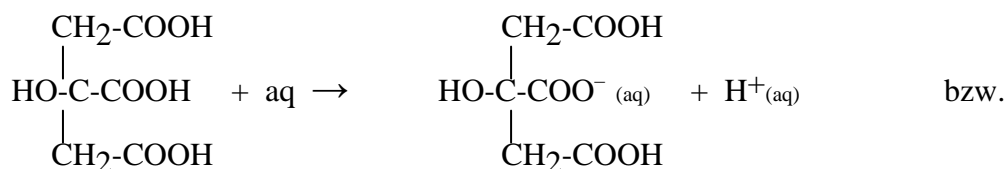
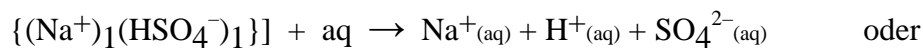
Da dieses Thermolyseprodukt durch Nebenprodukte häufig gelb gefärbt ist, lässt sich die ungesättigte Gruppierung schlecht durch Umsetzung mit Brom/Wasser (*elektrophile Addition des Br₂ an die C=C-Bindung*) nachweisen, sondern eher durch die Entfärbung einer (angesäuerten) violetten Kaliumpermanganat-Lösung (*Oxidation der C=C-Bindung zum Diol*):



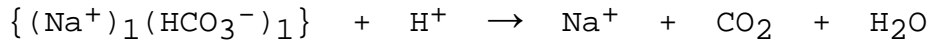
f) Nachweis von Natrium- bzw. Kalium-Verbindungen:
vgl. Abflussreiniger V7

Zusammenfassung:

Verantwortlich für die saure Reaktion der Feststoff-Gemische "WC-Reiniger" in Wasser sind nach pH-Wert und Ergebnis der qualitativen Analyse Natriumhydrogensulfat [**C**] und [**D**] oder Zitronensäure [**A**] und [**B**]:



Der "Sprudeleffekt" entsteht durch die Bildung von Kohlenstoffdioxid aus dem als Zusatzstoff beigegebenen Natriumhydrogencarbonat und der sauer reagierenden wässrigen Lösung von Natriumhydrogensulfat bzw. Zitronensäure:



Dabei handelt es sich nicht um einen "Wirbeleffekt", der vorhandene Verkrustungen lockert (dies geschähe schon allein durch die erwünschte Reaktion von Säuren mit Carbonat-Verschmutzungen), sondern lediglich darum, den bloßen Eindruck einer besonders guten Reinigungswirkung zu erzielen.

Natriumsulfat trägt ebenfalls nicht zur Reinigung bei, sondern dürfte als sog. Stellmittel hinzugefügt worden sein, dessen Aufgabe sein soll, die Rieselfähigkeit des Produkts zu erhalten und einer Verklumpung durch Aufnahme von (Luft-)Feuchtigkeit beim Aufbewahren vorzubeugen. Natriumsulfat wirkt dabei als wasseranziehendes "Trocken"-Mittel, indem sich aus dem kristallwasserfreien Salz das ebenfalls kristalline Dekahydrat $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ bildet.

Da für die Zugabe von Kochsalz NaCl weder ein Reinigungs- noch ein "Trocken"-Mittel-Effekt in Frage kommt, dürfte es sich lediglich um eine Art Füllstoff handeln, der augenfällig das Volumen vergrößert.

Anmerkung:

Inhaltsstoff-Angabe des Herstellers bei **D)** u.a.:

Saure, alkalische und neutrale Salze (????)

Bei Zugabe von Wasser dürften sich die sauren und die alkalischen Salze zumindest teilweise neutralisieren, also wozu die alkalischen Salze?

W C - R E I N I G E R

V2: Untersuchung von flüssigen WC-Reinigern

Geräte: Reagenzgläser, Gasbrenner, Glasstab
Chemikalien: flüssiger WC-Reiniger, z.B.:
E) WC-Ente (*Barnängen Deutschland, Frechen*)
F) WC fix (*Aldi, Mülheim*)
G) Destop WC-Reiniger (*Höhn&Höhn, Haan*)
H) TIP-WC-Reiniger (*Goldhand Vertrieb, Hannover*)
Wasser, pH-Papier (evtl. Spezial-Indikatorpapier pH0-6 bzw. pH-Meter)
a) 5%ige Bariumchlorid-Lösung [**Xn**]
b) halbkonz. Salpetersäure [**C**], Zitronensäure, 10%ige Ammoniummolybdat-Lösung, konz. Ammoniak-Lösung [**C**]
c) 10%ige Salpetersäure [**Xi**], 5%ige Silbernitrat-Lösung [**C**] [**O**]
d) verdünnte (noch durchsichtige) Kaliumpermanganat-Lösung [**Xn**]
e) verdünnte Kaliumpermanganat-Lösung [**Xn**], Kalklauge [**C**]
f) pH-Papier, konz. Ammoniak-Lösung [**C**]
konz. Schwefelsäure [**C**] bzw. Natriumhydrogensulfat [**Xi**] bzw. Natriumsulfat, (Ortho)-Phosphorsäure [**C**] bzw. Natriumdihydrogenphosphat bzw. Dinatriumhydrogenphosphat bzw. Natriumphosphat, konz. Salzsäure [**C**] bzw. Natriumchlorid, Zitronensäure, Ameisensäure [**C**]

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- 1) Verhalten in Wasser:
pH-Werte von flüssigen WC-Reinigern unverdünnt und mit Wasser 1:100 verdünnt messen.
- 2) Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen:
 - a) Sulfat-Nachweis:
Ca. 1ml WC-Reiniger mit ca. 2ml Wasser versetzen und tropfenweise 5%ige Bariumchlorid-Lösung [**Xn**] zugeben
---> weißer Niederschlag.
 - b) Phosphat-Nachweis:
Ca. 1ml WC-Reiniger mit ca. 2ml halbkonz. Salpetersäure [**C**] versetzen und 3-5min zum Sieden erhitzen. Nach Abkühlen 1 Spatelspitze Zitronensäure und ca. 2ml 10%ige Ammoniummolybdat-Lösung sowie einige Tropfen konz. Ammoniak-Lösung [**C**] zugeben, evtl. etwas erwärmen ($T < 40^{\circ}\text{C}$).
---> gelber Niederschlag.
 - c) Chlorid-Nachweis:
Ca. 1ml WC-Reiniger mit ca. 2ml 10%iger Salpetersäure [**Xi**] versetzen und tropfenweise 5%ige Silbernitrat-Lösung [**C**] [**O**] zugeben
---> weißer, flockiger Niederschlag.

- d) Zitronensäure-"Nachweis":
 Ca. 1ml WC-Reiniger eindampfen und weiter erhitzen, so dass noch keine Rauchbildung einsetzt. Rückstand nach Erkalten in ca. 2ml Wasser lösen, filtrieren und verdünnte, noch durchsichtige Kaliumpermanganat-Lösung **[Xn]** zutropfen
 ---> Entfärbung der Lösung unter Bildung eines braunschwarzen Niederschlages.
 Zum Vergleich ca. 1ml WC-Reiniger mit ca. 2ml Wasser verdünnen und Kaliumpermanganat-Lösung **[Xn]** ohne Erhitzen zutropfen
 ---> keine Entfärbung.
- e) Ameisensäure-Nachweis:
 Ca. 1ml WC-Reiniger tropfenweise mit verdünnter Kaliumpermanganat-Lösung **[Xn]** versetzen, in Gasraum Glasstab mit Tropfen Kalklauge **[C]** halten
 ---> Entfärbung der Lösung und Trübung der Kalklauge.
- f) Chlorwasserstoff(="Salzsäuregas")-Nachweis:
 Ca. 1ml WC-Reiniger ohne starkes Aufschäumen kurz aufkochen, in Gasraum angefeuchtetes pH-Papier und Glasstab mit Tropfen konz. Ammoniak-Lösung **[C]** halten
 ---> Rotfärbung des pH-Papiers und Rauchbildung am Glasstab.

Außerdem folgende Reinstoffe untersuchen ("Blindproben"):

Schwefelsäure **[C]** bzw. Natriumhydrogensulfat **[Xi]** bzw. Natriumsulfat
 (Ortho)-Phosphorsäure **[C]** bzw. Natriumdihydrogenphosphat bzw. Dinatriumhydrogenphosphat bzw. Natriumphosphat
 konz. Salzsäure **[C]** bzw. Natriumchlorid
 Zitronensäure
 Ameisensäure **[C]**

- 1) 1-2 Tropfen bzw. 1 Spatelspitze in ca. 1ml Wasser lösen, pH-Wert sofort und nach Verdünnen auf 1:100 bestimmen.
- 2) 1-2 Tropfen bzw. 1 Spatelspitze in ca. 1ml Wasser lösen und zugehörige Nachweise durchführen.

Beobachtungen:

1) Verhalten in Wasser

Tabelle: pH-Werte von flüssigen WC-Reinigern in Wasser

WC-Reiniger	pH-Wert	pH-Wert 1:100 verdünnt
E)		
F)		
G)		
H)		

.....

Tabelle: pH-Werte von bestimmten Reinstoffen in Wasser

Reinstoffe	pH-Wert	pH-Wert 1:100 verdünnt
H ₂ SO ₄		
NaHSO ₄		
Na ₂ SO ₄		
H ₃ PO ₄		
NaH ₂ PO ₄		
Na ₂ HPO ₄		
Na ₃ PO ₄		
HCl		
NaCl		
Zitronensäure		
Ameisensäure		

.....

Beobachtungen:

1) Verhalten in Wasser

Tabelle: pH-Werte von flüssigen WC-Reinigern in Wasser

WC-Reiniger	pH-Wert	pH-Wert 1:100 verdünnt
E)	1-2	3-4
F)	2-3	4-5
G)	1	2-3
H)	2-3	4-5

Tabelle: pH-Werte von bestimmten Reinstoffen in Wasser

Reinstoffe	pH-Wert	pH-Wert 1:100 verdünnt
H ₂ SO ₄	0	1-2
NaHSO ₄	1	3
Na ₂ SO ₄	7	7
H ₃ PO ₄	1-2	3-4
NaH ₂ PO ₄	3	5
Na ₂ HPO ₄	9	7
Na ₃ PO ₄	11	9
HCl	0	1-2
NaCl	7	7
Zitronensäure	2-3	4-5
Ameisensäure	3	5

2) Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen

Tabelle: Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen

WC-Reiniger	Sulfat	Phosphat	Chlorid	Zitronensäure	Ameisensäure.	Salzsäure
E)	-----	-----	-----	-----	++++	-----
F)	-----	-----	-----	++++	-----	-----
G)	-----	-----	++++	-----	-----	++++
H)	-----	-----	-----	++++	++++	-----

Auswertung:

1) Verhalten in Wasser:

Die pH-Werte der gelösten Reinstoffe sind unterschiedlich groß: (Molar gleichkonzentrierte) Lösungen von Säuren in Wasser reagieren in Abhängigkeit von der Säurestärke verschieden sauer (z.B. H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4).

Salze aus einer starken Säure und einer starken Base (z.B. Na_2SO_4 , $NaCl$) reagieren in Wasser neutral.

Salze aus einer schwachen Säure und einer starken Base (z.B. Na_2CO_3 , Na_3PO_4) reagieren in Wasser alkalisch.

Hydrosalze mehrprotoniger Säuren reagieren je nach Stärke der Säure in Wasser mehr oder weniger sauer (z.B. $NaHSO_4$, NaH_2PO_4) bzw. neutral bis schwach alkalisch (z.B. Na_2HPO_4).

Die Zitronensäure reagiert (aufgrund der Anhäufung von stark elektro-nenziehenden Gruppierungen) relativ stark sauer (pK_S -Wert der ersten Stufe 3,14), etwas stärker als die Ameisensäure (pK_S -Wert 3,75).

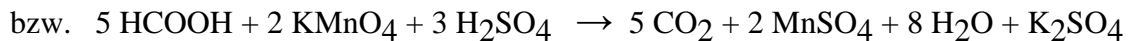
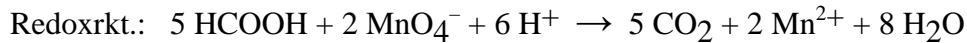
Abgesehen von einigen neutral reagierenden Lösungen (Na_2SO_4 , $NaCl$) bewirkt in allen anderen Fällen eine Verdünnung von 1:100 eine Veränderung des pH-Wertes um etwa 2 Einheiten in Richtung des Neutralpunktes pH 7 (bei deutlich sauer reagierenden Lösungen Anstieg, bei deutlich alkalisch reagierenden Lösungen Abnahme um etwa 2 Einheiten). Diese Veränderung deutet auf einen dekadisch-logarithmischen Zusammenhang zwischen pH-Wert und H^+ -Ionen-Konzentration hin, wie sie auch in der Definition des pH-Wertes begründet ist: Der pH-Wert einer wässrigen Lösung ist der negative dekadische ("Zehner"-)Logarithmus der H^+ -Ionen-Konzentration: $pH = -\lg c(H^+)$.

2) Nachweis von (möglichen) Inhaltsstoffen:

- a) Sulfat-Nachweis (vgl. WC-Reiniger V1)
- b) Phosphat-Nachweis (vgl. WC-Reiniger V1)
- c) Chlorid-Nachweis (vgl. WC-Reiniger V1)
- d) Zitronensäure-"Nachweis" (vgl. WC-Reiniger V1)

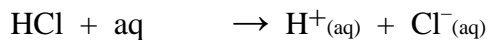
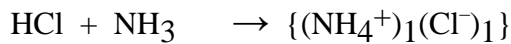
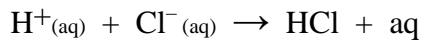
e) Ameisensäure-Nachweis:

Die Aldehyd-Gruppe der Ameisensäure kann durch Permanganat-Ionen oxidiert werden zur Carbonsäure-Gruppe, wodurch sich aus HCOOH formal HO-CO-OH = H₂CO₃ = "Kohlensäure" ergibt, die unmittelbar in Kohlenstoffdioxid und Wasser zerfällt:



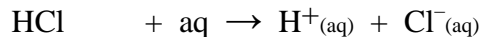
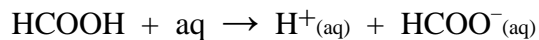
f) Chlorwasserstoff(= "Salzsäuregas")-Nachweis:

Beim Erhitzen entsteht aus der Salzsäure gasiger Chlorwasserstoff, der mit (aus der Ammoniak-Lösung gebildetem, ebenfalls gasigem) Ammoniak einen Rauch von festem Ammoniumchlorid ergibt bzw. der mit Wasser im pH-Papier zu Salzsäure zurückreagiert:



Zusammenfassung:

Verantwortlich für die saure Reaktion der flüssigen WC-Reiniger sind nach pH-Wert und Ergebnis der qualitativen Analyse Ameisensäure bzw. Salzsäure bzw. Zitronensäure (vgl. WC-Reiniger V1):



W C - R E I N I G E R

V3: Wirkung von WC-Reinigern auf verschiedene Stoffe

- Geräte:** Reagenzgläser bzw. Petrischalen, Glasstab
- Chemikalien**
- 1) fester WC-Reiniger, z.B.:
Hui WC-Perfekt (Roth, Bad Ems)
WC Frisch (Thompson, Düsseldorf)
 - 2) flüssiger WC-Reiniger, z.B.:
WC-Ente (Barnängen Deutschland, Frechen)
Destop WC-Reiniger (Höhn&Höhn, Haan)
- a) Waschbecken (ersatzweise (ha,ha) Reagenzglas) mit "Wasserflecken"
 - b) Kalk(-stein), Marmor, Eierschalen, Muscheln, Schneckenhäuser, Korallen, Calciumcarbonat
 - c) Haare, Wolle, Fleisch(-Wurst)
 - d) Fett (z.B. Kokosfett, Margarine, Pflanzenöl)
 - e) Watte (evtl. Auch Brot, Zucker, Stärkekleister)
 - f) Aluminium (-Folie, -Schraubverschluss, -Grieß), Kupfer (-Blech, -Stücke), Zink (-Draht, -Blech), Eisen (-Nagel), nichtrostender Stahl (-Nagel), Messing (-Schraube)
 - g) Kunststoffe [z.B. PE (Plastiktüte), Weich-PVC (weiche oder aufblasbare Spielzeuge), PS (aufgeschäumt als Styropor), PA (als Nylon bzw. Perlon: Strumpfhose, Ballonseide), PUR (Schuhsohle, Montage-Schaum), Silikone (Sanitär-Dichtungsmasse), Gummi (Dichtungsring)]
 - h) Emaille, Fliese (glasiert/unglasiert), lackiertes Holz (z.B. Toilettendeckel)
 - i) Zahnpasta, Seife

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- 1): fester WC-Reiniger:
Stoffe ca. 0,5cm hoch in Reagenzglas füllen (bzw. in Petrischale legen),
2-3 Spatelspitzen festen WC-Reiniger sowie ca. 2ml Wasser hinzufügen bzw. Lösung auf Oberfläche von Stoffen tropfen und einwirken lassen. Nach 5/15/60min und längerer Zeit (Wochen/Monate) beobachten (z.B. Konsistenz mit Glasstab prüfen).
- 2): flüssiger WC-Reiniger:
Stoffe ca. 0,5cm hoch in Reagenzglas füllen (bzw. in Petrischale legen),
ca. 2ml flüssigen WC-Reiniger zugeben bzw. auf Oberfläche von Stoffen tropfen und einwirken lassen. Nach 5/15/60min und längerer Zeit (Wochen/Monate) beobachten (z.B. Konsistenz mit Glasstab prüfen).

In allen Fällen von Gasentwicklung Brennbarkeit untersuchen!

Beobachtungen: a)
.....
b)
.....
c)
.....
d)
.....
e)
.....
f)
.....
g)
.....
h)
.....
i)
.....

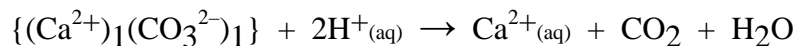
Auswertung: a)
.....
b)
.....
c)
.....
d)
.....
e)
.....
f)
.....
g)
.....
h)
.....
i)
.....

Beobachtungen:

- a) "Wasserflecken" verschwinden.
- b) Die angegebenen Stoffe werden unter "Aufbrausen" gelöst, das entstehende Gas ist nicht brennbar.
- c) Wolle beginnt zu verfilzen, bei sehr langem Stehen lassen werden Haare brüchig, Fleisch wird etwas breiig.
- d) Es ist keine sichtbare Veränderung festzustellen.
- e) Es ist keine sichtbare Veränderung festzustellen (ggf. nach dem Waschen Schäden an Baumwolltextilien).
- f) Aluminium, Zink, Eisen (unedle Metalle) werden unter Bildung eines (brennbaren) Gases angegriffen. Nichtrostender Stahl, Kupfer und Messing zeigen keine Veränderungen.
- g) Sichtbare Veränderungen allenfalls bei Silikon (brüchig).
- h) Manche (preiswerte) Emaille-Sorte wird stumpf (matt).
- i) Die Lackschicht wird angegriffen.
- j) Bei Zahnpasta kann ein nichtbrennbares Gas entstehen. Seifenschaum fällt zusammen, auf der Haut entsteht ein wachsartiges Gefühl.

Auswertung:

- a) + b) Die überwiegend aus Calciumcarbonat bestehenden Stoffe reagieren mit Säuren unter Bildung von Kohlenstoffdioxid:



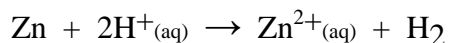
- c) Die (Zer-)Störung der Sekundär- und Tertiärstruktur von Proteinen infolge der Beeinflussung der Wasserstoffbrücken-Wechselwirkungen durch Anlagerung von H^+ -Ionen (*an nichtbindende Elektronenpaare von O- und N-Atomen*) führt zu Veränderungen (z.B. des Wasseraufnahmevermögens).
Bei hohen Konzentrationen (und Erhitzen) kann es u.U. auch zu einer (*H⁺-Ionen-katalysierten*) Spaltung von Peptidbindungen und damit Zerstörung der Primärstruktur kommen.

- d) Bei hohen Konzentrationen (und Erhitzen) kann zunehmend eine (*H⁺-Ionen-katalysierte*) Spaltung der Esterbindung von Fettmolekülen erfolgen.

- e) Bei hohen Konzentrationen (z.B. nach teilweise Verdampfen von Wasser) bzw. Erhitzen findet vermehrt eine H^+ -Ionen-katalysierte Spaltung der (säureempfindlichen) Acetalbindung zwischen Monosaccharid-Bausteinen statt.

(Ggf. ist ausgehend von Polysacchariden wie Cellulose oder Stärke der Nachweis von (reduzierenden) Monosacchariden mit Hilfe von FEHLINGScher Lösung zu zeigen).

- f) Aus Säuren entsteht mit unedlen Metallen Wasserstoff, z.B.:



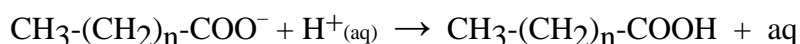
(Beim Eindampfen würden Metall- und Säurerest-Ionen dann in der Regel ein für salzartige Stoffe typisches Ionengitter bilden.)

- g) Kunststoffe mit Gruppierungen, bei denen die Anlagerung von H^+ -Ionen zu einer Spaltung der Bindungen zwischen den Makromolekül-Bausteinen führen kann (z.B. Polyester, Polyamide, Polyurethane, Silikone), können über längere Zeiträume hinweg (oder schneller bei höheren Konzentrationen bzw. Temperaturen) durch Säuren angegriffen werden. Daher wird Polyeth(yl)en als bloße C-H-Verbindung nicht verändert. Im Weich-PVC kann es u.U. zu einer Verhärtung infolge einer (säurekatalysierten) Spaltung der als Weichmacher verwendeten Ester kommen.

- h) Emaille-Glasuren (*aus Alkali, Borax, Tonerde und Quarz*) sind nicht immer säurestabil.

- i) vgl.g)

- j) Die für die Schaumbildung verantwortlichen (negativ geladenen) Fettsäurerest-Ionen bilden mit H^+ -Ionen (von der Säurestärke her schwache, d.h. nur wenig dissoziierte) Fettsäure-Moleküle:



Der lange Kohlenwasserstoffrest ist verantwortlich für das wachsartige Gefühl.

W C - R E I N I G E R

V4: Wirkung von WC-Reinigern auf Eiweiß

Geräte: Reagenzgläser
Chemikalien: Eiklar, 0,9%ige Kochsalz-Lösung, WC-Reiniger-Lösung (flüssiger WC-Reiniger bzw. 2-3 Spatelspitzen fester WC-Reiniger sowie 2ml Wasser), Ethanol [**F**]

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
a) Etwa 2ml Eiklar-Lösung (ein Eiklar mit 150ml 0,9%iger Kochsalz-Lösung kräftig schütteln und filtrieren) bzw. etwa 2ml unverdünntes Eiklar mit ca. 1ml WC-Reiniger-Lösung versetzen, stehen lassen, von Zeit zu Zeit schütteln.
b) Zu etwa 2ml Eiklar-Lösung bzw. unverdünntem Eiklar zunächst ca. 1ml Ethanol [**F**] geben, schütteln, dann ca. 1ml WC-Reiniger-Lösung hinzufügen, stehen lassen, von Zeit zu Zeit schütteln.

Beobachtungen: a)
.....
.....
.....
.....
.....
b)
.....
.....
.....
.....

Auswertung: a)
.....
.....
.....
.....
.....
b)
.....
.....
.....

Beobachtungen:

- a) Die Eiklar-Lösung wird zunächst geleeartig und dann wieder leichtflüssig.
- b) Die Eiklar-Lösung wird zunächst trübe und hochviskos, nach gewisser Zeit aber wieder leichtflüssig.

Auswertung:

- a) Die (Zer-)Störung der Sekundär- und Tertiärstruktur von Proteinen infolge der Beeinflussung der Wasserstoffbrücken-Wechselwirkungen durch Anlagerung von H^+ -Ionen (*an nichtbindende Elektrodenpaare von O- und N-Atomen*) führt zu Veränderungen. Bei hohen Konzentrationen (und Erhitzen) kann es u.U. auch zu einer (*H^+ -Ionen-katalysierten*) Spaltung von Peptidbindungen und damit Zerstörung der Primärstruktur kommen.
- b) Die Denaturierung des Eiweißes durch Alkoholzusatz führt zu einer Veränderung des Hydratationszustands der Eiweiß-Moleküle und dadurch zu einer Löslichkeitsverringerung unter Zusammenballung (= "Koagulation") des Eiweißes. Bei Säurezugabe: vgl. a).

W C - R E I N I G E R

V5: Herstellung von "Salzsäure(gas)" aus Kochsalz und festen WC-Reinigern

Geräte: Reagenzgläser, Gasbrenner, Gasüberleitungsrohr mit Stopfen

Chemikalien: fester WC-Reiniger, z.B.:

- A) Hui WC-Perfekt (*Roth, Bad Ems*)
- B) WC Frisch (*Thompson, Düsseldorf*)
- C) WC-Reiniger (*Dr. Weipert, Aachen*) [Xn]
- D) 00-WC-Reiniger (*Yankee Polish Lüth, Reinbek*) [Xn]

Kochsalz, pH-Papier, konz. Ammoniak-Lösung [C], Universalindikator-Lösung, 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O]

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
Gemisch aus gleichen Teilen Kochsalz und WC-Reiniger ca. 1cm hoch in Reagenzglas füllen und erhitzen. Bei beginnender Nebelbildung Reagenzglasrand anhauchen, angefeuchtetes pH-Papier sowie Glasstab mit Tropfen konz. Ammoniak-Lösung [C] in Gasraum halten. Gasüberleitungsrohr aufsetzen, weiter erhitzen und Gas **auf (nicht in!)** Wasser leiten, das mit einigen Tropfen Universalindikator-Lösung gefärbt ist. Nach Farbumschlag außerdem 5%ige Silbernitrat-Lösung [C] [O] zutropfen.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

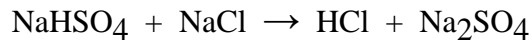
Beobachtungen:

Bei **C)** und **D)** gut erkennbare Gasentwicklung:

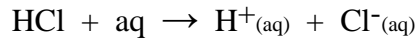
- bei Anhauchen deutliche Nebelbildung
- angefeuchtetes pH-Papier wird in Gasraum rot gefärbt
- schon beim bloßen Darauf leiten des Gases auf Wasser wird der Universalindikator rot gefärbt, bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung entsteht sofort ein weißer, flockiger Niederschlag.

Auswertung:

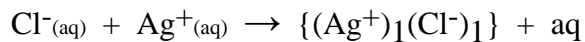
Aus der relativ starken Säure Natriumhydrogensulfat und dem Natriumchlorid entsteht in einer Feststoffreaktion gasiger Chlorwasserstoff:



Chlorwasserstoff besitzt eine sehr hohe Löslichkeit in Wasser und reagiert dabei unter Bildung von Salzsäure:



- Mit (Atem-)Feuchtigkeit bilden sich in Luft fein verteilte Salzsäuretröpfchen.
- Die Farbänderung des Indikator-Farbstoffs zeigt H^+ -Ionen an.
- Die Chlorid-Ionen lagern sich mit zugesetzten Ag^+ -Ionen zu einem stabilen Ionengitter zusammen:



W C - R E I N I G E R

V6: Wirkungsvergleich verschiedener WC-Reiniger

Geräte: Waage, 100ml-Erlenmeyerkolben, Gasüberleitungsrohr, Kolbenprober, Stoppuhr

Chemikalien: feste WC-Reiniger, z.B.:

- A) Hui WC-Perfekt (*Roth, Bad Ems*)
- B) WC Frisch (*Thompson, Düsseldorf*)
- C) WC-Reiniger (*Dr. Weipert, Aachen*) [Xn]
- D) 00-WC-Reiniger (*Yankee Polish Lüth, Reinbek*) [Xn]

flüssige WC-Reiniger, z.B.:

- E) WC-Ente (*Barnängen Deutschland, Frechen*)
- F) WC fix (*Aldi, Mülheim*)
- G) Destop WC-Reiniger (*Höhn&Höhn, Haan*)
- H) TIP-WC-Reiniger (*Goldhand Vertrieb, Hannover*)

Natriumhydrogencarbonat (z.B. "Kaiser's Natron") oder Natriumcarbonat ("Soda") [Xi]

Essig, Essigessenz [Xi]

Evtl. andere saure Reiniger (z.B. Entkalker, Badreiniger, Metallreiniger)

Durchführung: SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!

- a) feste WC-Reiniger:
40g WC-Reiniger in 100ml-Erlenmeyerkolben genau abwiegen, nach und nach (**VORSICHT! EVTL. STÜRMISCHE GASENTWICKLUNG!!**) 20ml Wasser zufügen und Ende der Gasentwicklung abwarten.
Genau 5g Natriumhydrogencarbonat oder Natriumcarbonat [Xi] hinzugeben und sofort Kolbenprober anschließen. Zeitbedarf bis zur Bildung von 50ml Gas vergleichen.
- b) flüssige WC-Reiniger:
50ml WC-Reiniger in 100ml-Erlenmeyerkolben füllen, genau 5g Natriumhydrogencarbonat oder Natriumcarbonat [Xi] hinzugeben und sofort Kolbenprober anschließen. Zeitbedarf bis zur Bildung von 50ml Gas vergleichen.

Versuch analog auch mit Essig und Essigessenz [Xi] (sowie mit anderen sauren Reinigern (z.B.s.o.) durchführen.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

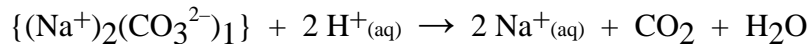
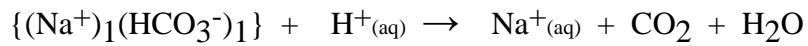
Beobachtungen:

Es ergibt sich folgende Reihenfolge bei der Geschwindigkeit der Gasentwicklung:

G > C ~ D > A ~ B > E ~ H > F > Essigessenz > Essig

Auswertung:

Bei der Reaktion von Natriumhydrogencarbonat oder Natriumcarbonat mit Säuren entsteht u.a. Kohlenstoffdioxid:



Setzt man Natriumhydrogencarbonat oder Natriumcarbonat im Überschuss ein, so ist die Geschwindigkeit der Gasentwicklung in erster Linie eine Frage der Menge an H^+ -Ionen, die mit der Stärke der Säure und ihrer Konzentration zusammenhängen.

Die Säurestärke der jeweiligen Inhaltsstoffe ist verschieden groß:

Salzsäure (**G**) > Natriumhydrogensulfat (**D,C**) > Zitronensäure (**A,B,F,H**) > Ameisensäure (**E,H**) > Essigsäure (25%ig = Essigessenz bzw. 5%ig = Essig)

Außerdem sind die Konzentrationen unterschiedlich (vgl. Essigsäure), so dass je nach Verdünnung sich auch eine andere Reihenfolge der Gasentwicklungsgeschwindigkeit ergeben kann.

W C - R E I N I G E R

V7: Bestimmung des Carbonat- und Säuregehalts in 00-WC-Reiniger (Yankee Polish Lüth, Reinbek)

Geräte: 100ml-Erlenmeyerkolben, Waage, Stativmaterial, Gasentwickler-Apparatur, Kolbenprober, Dreiwegehahn, Gasbrenner, Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Siedesteinchen, 50ml-Bürette

Chemikalien: **00-WC-Reiniger (Yankee Polish Lüth, Reinbek) [Xn]**
tarax WC-Pulver (Erdal Rex, Mainz)
 Wasser, Natronlauge (c=0,1mol/l), Bromthymolblau-Indikator-Lösung (0,1g Bromthymolblau in 100ml 20%igem Ethanol [F]) bzw. Phenolphthalein-Indikator-Lösung (0,1g Phenolphthalein in 100ml ca. 95%igem Ethanol [F])

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- a) Bestimmung des Carbonatgehalts:
 2g WC-Reiniger in 100ml-Erlenmeyerkolben genau abwiegen. 3-4 Siedesteinchen zugeben und Gasentwickler-Apparatur zusammenbauen, auf Dreifuß/Keramikdrahtnetz stehend am Stativ befestigen und über Dreiwegehahn mit Kolbenprober verbinden. Unter zeitweiligem kreisendem Schütteln des 100ml-Erlenmeyerkolbens langsam ca. 30ml Wasser bis auf kleinen Rest zutropfen und entstehendes Gas lecksicher auffangen (ggf. Kolbenprober über Dreiwegehahn wechseln). Nach Beendigung der Wasserzugabe Reaktionsgemisch einige Minuten lang schwach erwärmen (nicht kochen!!), bis die Gasentwicklung beendet ist. Nach Abkühlen Gasvolumen ablesen.
- b) Bestimmung des Säuregehalts:
 Reaktionsgemisch mit Natronlauge (c=0,1mol/l) gegen 2-4 Tropfen Bromthymolblau-Lösung [Umschlagsbereich: (gelb) pH6,0 - pH7,4 (blau)] bis zur Grünfärbung oder gegen 2-4 Tropfen Phenolphthalein-Lösung [Umschlagsbereich: (farblos) pH8,2 - pH9,8 (rotviolett)] bis zur Rosafärbung titrieren.
 Versuche jeweils mindestens dreimal wiederholen.

Beobachtungen:

Tabelle a): Volumen des entstehenden Gases in [ml]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
00-WC-Reiniger											

Tabelle b): Verbrauch an Natronlauge (c=0,1mol/l) in [ml]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
00-WC-Reiniger											

Beobachtungen:

Tabelle a): Volumen des entstehenden Gases in [ml]

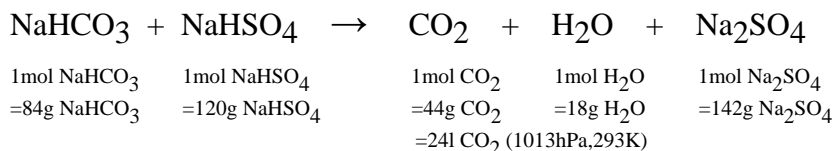
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
00-WC-Reiniger											113

Tabelle b): Verbrauch an Natronlauge (c=0,1mol/l) in [ml]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
00-WC-Reiniger											32

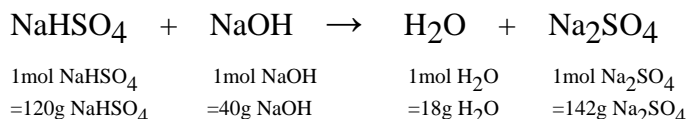
Auswertung:

- a) Natriumhydrogencarbonat reagiert mit der Säure Natriumhydrogensulfat unter Bildung von Kohlenstoffdioxid:



Demnach entsteht 1mol CO₂ aus 1mol NaHCO₃. Ausgehend von 2g WC-Reiniger bilden sich (Normaldruck 1013hPa und Zimmertemperatur 20°C=293K angenommen) 113ml CO₂ = 0,113l · 1mol/24l = 0,0047mol CO₂. Somit sind 0,0047mol NaHCO₃ = 0,0047mol · 84g/mol = 0,395g NaHCO₃ in 2g WC-Reiniger enthalten. Dies entspricht einem prozentualen Massengehalt von ca. **20%**.

- b) Das restliche Natriumhydrogensulfat wird durch die Natronlauge neutralisiert:



Demnach reagiert 1mol NaOH mit 1mol NaHSO₄. Da 32ml Natronlauge (c=0,1mol/l), also 0,0032mol NaOH benötigt wurden, lagen noch 0,0032mol NaHSO₄ = 0,0032mol · 120g/mol = 0,384g NaHSO₄ vor. Da aber bereits 0,0047mol NaHSO₄ = 0,0047mol · 120g/mol = 0,564g NaHSO₄ mit NaHCO₃ reagiert haben, beträgt der Gesamtgehalt an NaHSO₄ in 2g WC-Reiniger (0,384g + 0,564g =) 0,948g NaHSO₄. Dies entspricht einem Massengehalt von ca. **47%**.

W C - R E I N I G E R

V8: Konduktometrische Bestimmung des Säuregehalts in flüssigen WC-Reinigern

Geräte: 250ml-Weithals-Erlenmeyerkolben, Waage, Stativmaterial, 50ml-Bürette, Leitfähigkeitsprüfer, Transformator, Amperemeter, Kabel, mm-Papier

Chemikalien: flüssige WC-Reiniger, z.B.:

- a) **WC-Ente** (*Barnängen Deutschland, Frechen*)
- b) **Destop WC-Reiniger** (*Höhn&Höhn, Haan*)
- c) **Leonti WC-Essig-Reiniger** (*Luhns, Wuppertal*)

Natronlauge (c=0,1mol/l)

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

10g flüssigen WC-Reiniger genau abwiegen, mit ca. 50ml Wasser verdünnen und Stromstärke messen (Wechselspannung 6V). Jeweils genau 1ml Natronlauge (c=0,1mol/l) zulaufen lassen und nach gründlichem Vermischen erneut Stromstärke messen. Nach Erreichen des Minimalwertes noch mindestens fünf weitere Messwerte aufnehmen.

Graphische Darstellung aller Messwerte anfertigen mit yAchse: Stromstärke I [mA] und x-Achse: Volumen Natronlauge [ml]).

Versuch mindestens dreimal wiederholen.

Beobachtungen:

V NaOH [ml]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I [mA]										
V NaOH [ml]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I [mA]										
V NaOH [ml]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
I [mA]										
V NaOH [ml]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
I [mA]										
V NaOH [ml]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
I [mA]										

Auswertung:

.....

.....

Beobachtungen:

Bei Zugabe von Natronlauge sinkt die Stromstärke zunächst, um dann ab einem gewissen Punkt wieder anzusteigen.

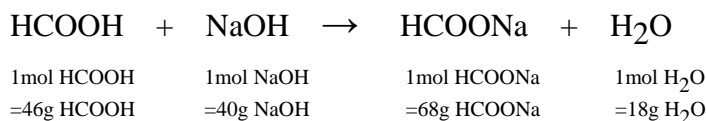
Verbrauch an Natronlauge ($c=0,1\text{mol/l}$) bis zum Äquivalenzpunkt:

- a) **WC-Ente (Barnängen Deutschland, Frechen)** : 6,5ml
- b) **Destop WC-Reiniger (Höhn&Höhn, Haan)** : 19 ml
- c) **Leonti WC-Essig-Reiniger (Luhns, Wuppertal)** : 32 ml

Auswertung:

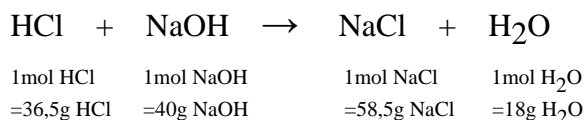
Bei allen diesen Titrationen reagieren die H^+ -Ionen der im WC-Reiniger enthaltenen Säure mit den OH^- -Ionen der zugegebenen Natronlauge in einer Neutralisationsreaktion unter Bildung von H_2O -Molekülen. Da hierbei die Gesamtzahl der Ionen gleich bleibt (jedes H^+ -Ion wird durch ein Na^+ -Ion, jedes OH^- -Ion durch entsprechende Säurerest-Ionen "ersetzt"), lässt sich die bis zum Äquivalenzpunkt beobachtete Abnahme der Stromstärke nicht durch eine geringere Ionen-Anzahl erklären, sondern durch die vergleichsweise (ca. 1/10) geringere Ionen-Beweglichkeit der Na^+ -Ionen. Der (flachere) Wiederanstieg der Stromstärke ab dem Äquivalenzpunkt beruht sowohl auf der Zunahme der Ionen-Anzahl wie auch auf der im Vergleich zu den H^+ -Ionen nur etwa halb so großen Beweglichkeit der OH^- -Ionen.

- a) Ameisensäure reagiert mit Natronlauge nach folgender Gleichung:



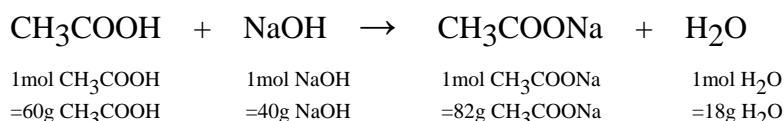
Demnach reagiert 1mol HCOOH mit 1mol NaOH.
6,5ml Natronlauge ($c=0,1\text{mol/l}$) enthalten 0,00065mol NaOH.
Somit lagen in 10g **WC-Ente (Barnängen Deutschland, Frechen)** auch 0,00065mol = $0,00065\text{mol} \cdot 46\text{g/mol} = 0,0299\text{g}$ HCOOH vor. Dies entspricht einem Gehalt von ca. **0,3 Massen-%**.

- b) Salzsäure reagiert mit Natronlauge im molaren Verhältnis von 1:1:



19ml Natronlauge ($c=0,1\text{mol/l}$) enthalten 0,0019mol NaOH. Somit lagen in 10g **Destop WC-Reiniger (Höhn&Höhn, Haan)** 0,0019mol = $0,0019\text{mol} \cdot 36,5\text{g/mol} = 0,06935\text{g}$ HCl vor. Dies entspricht einem Gehalt von ca. **0,7 Massen-%**.

- c) Essigsäure reagiert im molaren Verhältnis von 1:1 mit NaOH:



32ml Natronlauge ($c=0,1\text{mol/l}$) enthalten 0,0032mol NaOH. Somit lagen in 10g **Leonti WC-Essig-Reiniger (Luhns, Wuppertal)** 0,0032mol = $0,0032 \cdot 60\text{g/mol} = 0,216\text{g}$ CH_3COOH vor. Dies entspricht einem Gehalt von ca. **2 Massen-%**.

W C - R E I N I G E R

	Rahmenrezeptur für WC-Reiniger	
	fest	flüssig
Säuren	20-90%	5-50%
Natriumhydrogencarbonat	5-10%	----
Tenside	0-5%	5-10%
Komplexbildner	0-2%	0-3%
Lösemittel	----	0-5%
Desinfektionsmittel	----	0-1%
Stellmittel	0-20%	----
Duft-/Farbstoffe	++++	++++
Wasser	----	ad 100

WC-Reiniger haben in erster Linie die Aufgabe, Kalkablagerungen und Urinstein (*Mischung aus Kalk und Harnstoff*) zu entfernen.

Hierzu enthalten feste WC-Reiniger Stoffe, die erst in wässriger Lösung sauer reagieren (z.B. *Natriumhydrogensulfat = Natriumbisulfat, Zitronensäure*), während Flüssigprodukte bereits Säurelösungen sind (z.B. *von anorganischen Säuren wie Salzsäure bzw. organischen Säuren wie Ameisen-, Zitronen- oder Essigsäure*). In Abhängigkeit von der Säurestärke der jeweiligen Stoffe (z.B. *Salzsäure > Natriumhydrogensulfat > Zitronensäure > Ameisensäure > Essigsäure*) und ihrer Konzentration liegt der pH-Wert zwischen 1 und 4. Entsprechend unterschiedlich ist auch die Löse-Geschwindigkeit für Kalk sowie die ätzende Wirkung auf Haut und Schleimhäute (Augen, Mund). Der Kontakt mit Materialien, die durch Säuren angegriffen werden (z.B. *unedle Metalle, lackierte Flächen, Marmor, Emaille*), sollte ebenfalls vermieden werden.

Der Zusatz von Natriumhydrogencarbonat (= *Natron = Natrium-bicarbonat*) bei festen WC-Reinigern dient lediglich dazu, einen "Sprudeleffekt" analog dem von Brausepulver (*Entwicklung von gasigem Kohlenstoffdioxid bei Einwirkung von sauren Lösungen*) hervorzurufen und damit im Sinne eines "Show-Effekts" den Eindruck einer guten Reinigungswirkung zu vermitteln. Unnötigerweise wird hierdurch Säure wirkungslos verbraucht und lediglich die Salzbelastung des Abwassers erhöht.

Tenside haben die übliche Aufgabe, die Grenzflächenspannung zu verringern und damit die Benetzbarkeit des Schmutzes zu verbessern, nicht wasserlösliche Bestandteile zu umhüllen, zu zerteilen und abzulösen sowie den abgelösten Schmutz in der Schwebelage zu halten.

In einzelnen Fällen zugesetzte Komplexbildner (*früher häufig Triphosphate, heute bisweilen organische Ersatzstoffe wie EDTA = Ethylen-diamin-tetra-aacetat oder NTA = Nitrilo-tri-aacetat) sollen die Wasserhärte verringern und eine Lockerung von Verschmutzungen ("Herausbrechen" vor allem von Ca- und Mg-Ionen, aber auch anderen Metall-Ionen durch Bildung von "krebsscherenförmigen" sog. Chelat-Komplexen) bewirken.*

Flüssige WC-Reiniger können zur Unterstützung der Lösewirkung für fettähnliche Substanzen noch geringe Mengen an Lösemitteln enthalten (z.B. *Alkohole, Glykole, Glykolether*) sowie zur (wirklich erforderlichen??) Verbesserung der Hygiene Desinfektionsmittel.

Bei festen WC-Reinigern können zur Verringerung der Konzentration an sauer reagierenden Stoffen als Stellmittel noch neutrale Salze (z.B. *Natriumchlorid*) zugesetzt sein.

Infolge des recht hohen Gehalts an Salzen (z.B. "sauren, alkalischen und neutralen" Salzen (ha, ha!!) in 00-WC-Reiniger) ist die auch durch Kläranlagen kaum zu verringernde Salzbelastung des Abwassers relativ groß. Organische Säuren dagegen werden, wenn auch unter Sauerstoffzehrung, durch Mikroorganismen weitestgehend abgebaut.

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

- V1: Herstellung von Seifen durch Fettspaltung ("Verseifung" von Fetten)
- V2: Historische Herstellung von Seifen
- V3: Kerzen"wachs" aus Seife
- V4: Herstellung von Seife aus (Stearin-)Kerzen
- V5: Eigenschaften von Seifen
- V6: Synthese eines anionischen Tensids
- V7: Experimente zur Oberflächenspannung und ihrer Beeinflussung durch Tenside
- V8: Vereinfachte Messung von Oberflächen-spannungen
- V9: Experimente zum Benetzungsvermögen
- V10: Experimente zur Dispergierfähigkeit (Emulgier- bzw. Suspendierfähigkeit) und zum Schmutztragevermögen
- V11: Rezepte zur Herstellung von ("Jumbo"-)Seifenblasen

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V1: Herstellung von Seifen durch Fettspaltung ("Verseifung" von Fetten)

Geräte: 100ml-Becherglas, Stativmaterial, Dreifuß, Tropfpipette, Keramikdrahtnetz, Brenner, Wasserbad, Glasstäbe, saugfähiges Papier (z.B. Papierhandtuch, -taschentuch, Zeitungs- oder Küchenpapier), Pressform (z.B. Kronenkorken, Schraubverschluss, Eierbecher, Streichholzschachtel), Reagenzgläser

Chemikalien: Fette (z.B. feste Fette: Kokosfett, Rindertalg
 halbfeste Fette: Schweineschmalz, Gänseschmalz
 flüssige Fette: Sonnenblumenöl, Olivenöl)
a) dest. Wasser, 20%ige Natronlauge **[C]** (z.B. aus festem Abflussreiniger), 25%ige Kalilauge **[C]** (z.B. flüssiger Abflussreiniger), 0,1%ige Lösung von Phenolphthalein in Ethanol **[F]**
b) gesättigte Kochsalz-Lösung
c) 10%ige Kupfersulfat-Lösung **[Xn]**, Glycerin, 5%ige Natronlauge **[Xi]**

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

Ausgangsstoffe zur Herstellung von

1) Kernseife: 10g Fett + 10ml 20%ige Natronlauge **[C]**

2) Schmierseife: 10g Fett + 10ml 25%ige Kalilauge **[C]**

bzw. Vielfaches dieser Ansätze

a) Verseifen:

100ml-Becherglas mit Fett und ca. 10ml dest. Wasser an Stativ befestigen, im siedenden Wasserbad erhitzen und Lauge **[C]** an Glasstab entlang nach und nach zulaufen lassen und einrühren (**VORSICHT!! SPRITZGEFAHR!!**).

Mischung unter dauerndem Rühren etwa 20-30min bzw. so lange weiter erhitzen (**VORSICHT!! SPRITZGEFAHR!!**), bis sich längere Fäden ziehen lassen und sich eine kleine Probe in heißem Wasser löst. Aus der Mischung verdampftes Wasser ggf. auffüllen, so dass Masse nicht zu zähflüssig wird.

Für den Glycerin-Nachweis (s.u.) ca. 2ml der (unteren) Flüssigkeit abtrennen und erkalten lassen.

Evtl.: Um die Laugenkonzentration zu prüfen, 1-2 Tropfen 0,1%ige alkoholische Phenolphthalein-Lösung **[F]** zusetzen:

Schwache, nur etwa 1min dauernde Rosafärbung: "richtiger" Laugenüberschuss.

Rotfärbung:

Laugenüberschuss zu groß

---> nach und nach heißes Fett zutropfen und wenige min weiter erhitzen.

Keine Färbung:

Kein Laugenüberschuss

---> nach und nach weitere Lauge zutropfen und wenige min weiter erhitzen.

b) Aussalzen:

Zu dem erhaltenen sog. Seifenleim ca. 20ml gesättigte Kochsalz-Lösung geben und unter Rühren bis zur vollständigen Abscheidung der Seife an der Oberfläche weiter erhitzen. Seife nach leichtem Abkühlen noch warm abschöpfen, mit wenig fließend kaltem Wasser abspülen und überschüssige Flüssigkeit mit saugfähigem Papier (oder Tuch) unter intensivem Durchkneten entfernen.

Evtl. Seifenstück noch warm in Form pressen. Spatelspitze des Produkts sowie des Ausgangsstoffs Fett in ca. 2ml dest. Wasser geben und Schaumbildung nach gleichartigem mehrfachem Schütteln vergleichen.

c) Glycerin-Nachweis:

Von der vor dem Aussalzen abgetrennten Probe ca. 1ml der wässrigen Phase (sog. Unterlauge) abpipettieren und mit 1-2ml Wasser verdünnen, ca. 10 Tropfen Kupfersulfat-Lösung [Xn] zugeben und schütteln. Farbe der Lösung mit Blindproben vergleichen, d.h. ca. 2ml 5%ige Natronlauge [Xi] mit bzw. ohne 2-3 Tropfen Glycerin und mit jeweils ca. 10 Tropfen Kupfersulfat-Lösung [Xn] schütteln.

Evtl.: Gefährvollere Varianten:

- 100ml-Becherglas mit Fett und Lauge [C] sowie ca. 5ml Wasser (evtl. an Stativ befestigt) ohne Wasserbad unter dauerndem Rühren direkt erhitzen (kleine "Betriebsflamme", d.h. nur noch an der Spitze leuchtende Brennerflamme, da sonst große Gefahr des Überschäumens und Verspritzens). Etc. s.o.
- Halbmikromaßstab:
Ca. 1g Fett und ca. 1ml Lauge [C] im Reagenzglas über der Spitze der "Betriebsflamme" ca. 10min am Sieden halten.
Etc. s.o.

Beobachtungen:
.....
.....
.....
.....

Auswertung:
.....
.....
.....
.....

Weitere "Rezepte":

- a) Herstellung von Seife aus Margarine:
20g Margarine mit 10ml Ethanol **[F]** und 20ml Wasser in 100ml-Becherglas im siedenden Wasserbad vermischen, etwa 10 Plätzchen Natriumhydroxid **[C]** zugeben und unter Rühren ca. 20-30min weiter erhitzen.
Etc. s.o.
- b) Herstellung einer Transparentseife:
10g Seifenflocken + 12ml Glycerin (85%ig) + 7ml Ethanol (95%ig) **[F]** + 7ml dest. Wasser vermischen, auf Heizplatte (keine offene Flammen!!) unter leichtem Rühren bis zur klaren Lösung vorsichtig erhitzen und abkühlen lassen.
Evtl. mit 1 Tropfen Lebensmittelfarbe anfärben.
Evtl. mit etherischen Ölen (z.B. Zitronen-Öl, Lavendel-Öl, Bergamotta-Öl, Fichtennadel-Öl o.ä.) parfümieren.
Bei Aufbewahrung auf dichten Verschluss achten (z.B. Plastikbeutel), um Verdunstung von Ethanol und Wasser zu verhindern.

Beobachtungen:

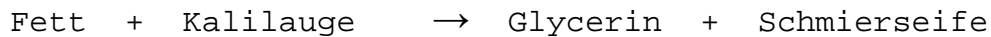
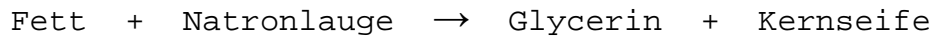
- a) Festes Fett schmilzt, Fett lässt sich auch beim Rühren zunächst nicht dauerhaft mit Lauge vermischen, bei längerem Erhitzen bildet sich jedoch ein weitgehend homogenes Gemisch, aus dem sich u.U. schon beim Erkalten eine krümelige bis hochviskose Masse oben absetzen kann.
- b) Bei Zugabe von gesättigter Kochsalzlösung scheidet sich eine hochviskose bis krümelige Masse oben ab, die in Wasser im Gegensatz zu Fett einen weitgehend stabilen Schaum bildet.
- c) In Gegenwart von Glycerin entsteht in alkalischer Lösung mit Kupfersulfat-Lösung eine tiefblaue Färbung, ohne Glycerin bildet sich ein blaugrüner voluminöser Niederschlag.

- Evtl.: Modelle zunehmenden Komplexitätsgrades bauen bzw. vorstellen:
- div. Streichhölzer, Wunderkerzen o.ä.
 - Folienschnipsel
 - Kunststoff-Modelle (vgl. Literatur G1)
 - Papp-Modelle (vgl. Literatur G2)
 - Molekül-Baukasten-Modelle

Auswertung:

- a) Aufgrund ihres weitgehend unpolaren Aufbaus sind Fette in Wasser bzw. wässrigen Lösungen praktisch unlöslich. In Natrium- oder Kaliumhydroxid-Lösung findet eine chemische Reaktion des Fettes (= Triglycerids = Trifettsäure-glycerinesters) mit der Lauge (*unter Spaltung der Esterbindung durch OH⁻-Ionen*) zu Glycerin und einem Gemisch von Natrium-Salzen (= Kernseife) bzw. Kalium-Salzen (= Schmierseife) der entstandenen Fettsäuren statt:

- Wort"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Stoffebene):

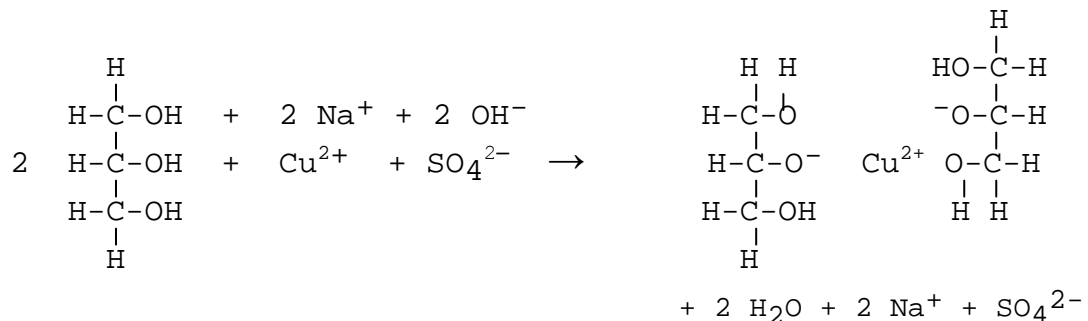


Beim Schütteln mit Wasser entsteht eine im Gegensatz zu Fett recht stabile und schäumende Suspension bzw. Emulsion.

- b) Die hochkonzentrierte Salzlösung nimmt verstärkt Wasser auf (*weitergehende Hydratisierung der Na⁺- und Cl⁻-Ionen durch Wasserteilchen*) und führt damit (*infolge einer Verschiebung des Löslichkeitsgleichgewichts*) zu einer Anreicherung der (nur wenig löslichen) Seife an der Oberfläche, da die gesättigte Kochsalzlösung eine größere Dichte besitzt.

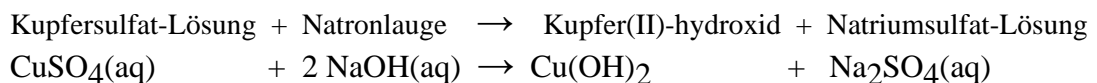
- c) Glycerin bildet als mehrwertiger Alkohol in alkalischer Lösung mit Cu²⁺-Ionen einen Chelatkomplex, der z.B. folgende Struktur haben kann:

- Teilchen"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Teilchenebene):

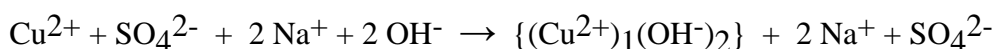


Ohne Glycerin entsteht ein blaugrüner voluminöser Niederschlag von Kupfer(II)-hydroxid:

- Wort- bzw. Verhältnisformel"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Stoffebene):



- Teilchen"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Teilchenebene):



S E I F E N und S P Ü L M I T T E L

V2: Historische Herstellung von Seifen

Mittelalterliche Rezepte zur Seifengewinnung sind kaum bekannt, da die Zunft der Seifensieder aus (verständlichen?) profitorientierten Gründen Art und Zusammensetzung der Ausgangsstoffe sowie die Durchführung geheimhielt. Dennoch kann man davon ausgehen, dass im wesentlichen als Ausgangsstoffe Holzasche und pflanzliche bzw. tierische Fette verwendet wurden:

- Geräte:** 100ml-Becherglas, Stativmaterial, Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Brenner, Glasstäbe, Leinenbeutel, rohes Ei, Filtriergerät, Trockenschrank, Soxhlet-Extraktor, saugfähiges Papier (z.B. Papierhandtuch, -taschentuch, Zeitungs- oder Küchenpapier), Pressform (z.B. Kronenkorken, Schraubverschluss, Eierbecher, Streichholzschachtel)
- Chemikalien:**
- Holzasche (z.B. von Buche, Eiche, Birke, Pappel), Indikatorpapier, 10%ige Salzsäure [**Xi**], Kalklauge [**C**], Calciumoxid [**C**] bzw. -hydroxid [**C**], Essig, Natriumcarbonat [**Xi**]
 - fetthaltige Pflanzenteile (z.B. Wal-, Hasel-, Erd-, Kokosnüsse, Mandeln, Sonnenblumenkerne, Leinsamen, Rapsamen, Maiskörner, Sojabohnen etc.), Benzin [**F**], Rinderflomen, Schweinespeck
 - 0,1%ige alkoholische Phenolphthalein-Lösung [**F**]
 - gesättigte Kochsalz-Lösung

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- Auslaugen der Holzasche:
Holzasche in (engmaschigem) Leinenbeutel in kochendem Wasser ca. 20-30min auslaugen bzw.
Holzasche mit soviel Wasser zu relativ dickflüssigem Brei vermengen, dass ein nichtgekochtes Ei gerade an der Oberfläche schwimmt, dann unter Rühren aufkochen (**VORSICHT!! SPRITZGEFAHR!!**). Absetzen lassen und dekantieren (bzw. filtrieren).
pH-Wert der (fast klaren) Lösung prüfen und kleine Probe mit einigen Tropfen verdünnter (Salz-)Säure [**Xi**] versetzen. Dabei entstehendes Gas in Kalklauge [**C**] leiten bzw. in Gasraum Glasstab mit 1 Tropfen Kalklauge [**C**] halten.

Evtl.: Zur Gewinnung einer carbonatfreien Holzaschenlauge solange Branntkalk (= gebrannter Kalk = Calciumoxid) [**C**] bzw. Löschkalk (= gelöschter Kalk = Ätzkalk = Calciumhydroxid) [**C**] einrühren, bis eine Probe der überstehenden Flüssigkeit bei Zugabe von Essig oder verdünnter Salzsäure [**Xi**] keine Gasentwicklung mehr zeigt, dann dekantieren (bzw. filtrieren).

[Alternativ: Herstellung einer Natronlauge aus Soda: 20g wasserfreie Soda (= Natriumcarbonat) [**Xi**] in 80g (heißem) Wasser lösen, 10g Branntkalk [**C**] einrühren, absitzen lassen und dekantieren (bzw. filtrieren).]

b) Gewinnung von Fetten:

pflanzliche Fette: z.B. Auspressen (bzw. Extrahieren mit Benzin **[F]** [z.B. im Soxhlet-Extraktor] und anschließendes Abdestillieren des Lösemittels) von (im Trockenschrank (=Backofen) bei ca. 120°C längere Zeit getrockneten) fetthaltigen Pflanzenteilen (z.B. Nüsse o.ä.)

tierische Fette: z.B. (Auskochen bzw.) Ausschmelzen von Rinderflomen zu Rindertalg bzw. von Schweinespeck zu Schweineschmalz

c) Verseifung von Fetten:

Fett mit wenig Wasser aufkochen und nach und nach (carbonathaltige bzw. carbonatfreie) Holzaschenlauge einrühren. Unter Rühren ca. 2030min weiter erhitzen, bis sich längere Fäden ziehen lassen und sich eine kleine Probe in heißem Wasser vollständig löst.

Evtl. dabei von Zeit zu Zeit Laugenüberschuss prüfen (vgl. Seifen und Spülmittel V1).

d) Aussalzen:

Zu dem erhaltenen Seifenleim gesättigte Kochsalz-Lösung geben und unter Rühren bis zur vollständigen Abscheidung der Seife an der Oberfläche weiter erhitzen. Seife noch warm abschöpfen und überschüssige Flüssigkeit mit saugfähigem Papier oder Tuch unter intensivem Durchkneten entfernen. Evtl. Seifenstück noch warm in Form pressen.

Spatelspitze des Produkts sowie des Ausgangsstoffs Fett in ca. 2ml dest. Wasser geben und Schaumbildung nach mehrfachem Schütteln vergleichen.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

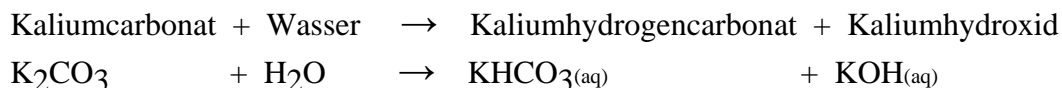
Beobachtungen:

- a) Wasser löst aus Holzasche (einen oder mehrere) Stoffe, die alkalisch reagieren und bei Säurezusatz ein Gas bilden, das mit Kalklauge einen weißen, schwerlöslichen Niederschlag ergibt. Branntkalk bzw. Löschkalk zeigen nach dem Einrühren keine sichtbare Veränderung, allerdings zeigt sich in der überstehenden Flüssigkeit bei Säurezugabe keine Gasentwicklung mehr.
- b) Beim Auspressen der getrockneten Samen bzw. Früchte oder nach Abdampfen des Benzins erhält man eine ölige Flüssigkeit. Aus Rinderflomen bzw. Schweinespeck erhält man durch Erhitzen und anschließendes Abkühlen ein halbfestes bis festes Fett.
- c) vgl. Seifen und Spülmittel V1
- d) vgl. Seifen und Spülmittel V1

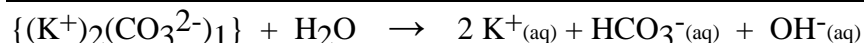
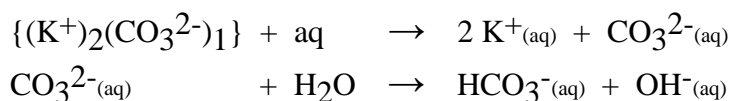
Auswertung:

- a) Holzasche enthält u.a. Kaliumcarbonat (= Pottasche), das in Wasser gut löslich ist und alkalisch reagiert, da sich ein Teil des Carbonats zum Hydrogencarbonat umsetzt.

- Wort- bzw. Verhältnisformel"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Stoffebene):

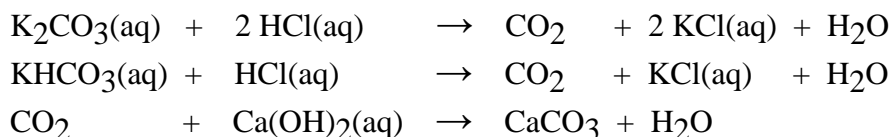


- Teilchen"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Teilchenebene):

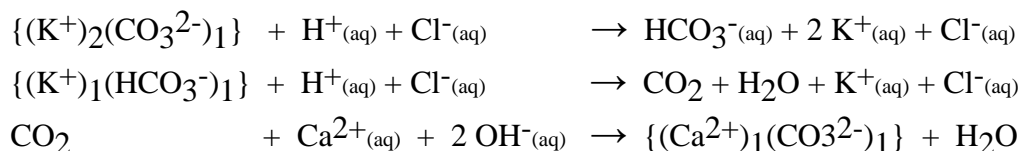


Bei Säurezusatz reagieren Kaliumcarbonat bzw. Kaliumhydrogencarbonat (wie auch andere Carbonate und Hydrogencarbonate) unter Bildung von gasigem Kohlenstoffdioxid, das sich mit einer Calciumhydroxid-Lösung zu Calciumcarbonat umsetzt:

- Verhältnisformel"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Stoffebene):



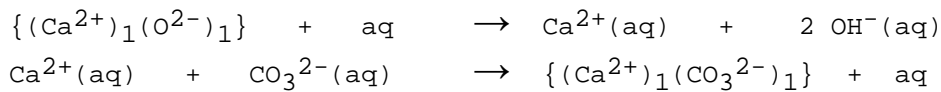
- Teilchen"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Teilchenebene):



Beim Ansäuern reagieren also die Carbonat- (CO_3^{2-}) bzw. die Hydrogencarbonat-Ionen (HCO_3^-) mit den H^+ -Ionen unter Bildung von CO_2 -Molekülen, die mit OH^- -Ionen wieder unter Bildung von HCO_3^{2-} - bzw. weiter zu CO_3^{2-} -Ionen reagieren können, die dann mit den Ca^{2+} -Ionen in der Calciumhydroxid-Lösung einen Ionenverband bilden.

Calciumoxid reagiert mit Wasser zu Calciumhydroxid, das teilweise in Wasser löslich ist (= Kalklauge), so dass dann mit gelösten Carbonaten schwerlösliches Calciumcarbonat entstehen kann und dadurch die überstehende Flüssigkeit praktisch carbonatfrei wird:

- Teilchen"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Teilchenebene):



- b) Fette lösen sich aufgrund ihres weitgehend unpolaren Aufbaus vorzugsweise in unpolaren Lösemitteln gemäß der Regel "Gleiches wird von Gleichem gelöst" (= "similia similibus solvuntur"):
Zwei (oder mehr) Stoffe lösen sich ineinander, wenn die Wechselwirkungen zwischen den kleinsten Teilchen des einen Stoffes (nach zunehmender Stärke geordnet: van-der-Waalssche-Wechselwirkungen, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken-Wechselwirkungen, Ion-Dipol-Wechselwirkungen, Ion-Ion-Wechselwirkungen) ähnlich denen zwischen den kleinsten Teilchen des anderen Stoffes sind. Fette sind bereits bei Zimmertemperatur flüssig bzw. haben relativ niedrige Schmelzbereiche.
- c) vgl. Seifen und Spülmittel V1
- d) vgl. Seifen und Spülmittel V1

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V3: Kerzen"wachs" aus Seife

Geräte: Messer, 100ml-Becherglas, Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Brenner, saugfähiges Papier, Thermometer, Porzellanschale, Flaschenschraubverschluss, Docht (bzw. dickerer Baumwollzwirn)

Chemikalien: Kernseife, dest. Wasser, 10%ige Salzsäure [Xi], Indikatorpapier

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
Ca. 10g (evtl. selbsthergestellte) Kernseife mit Messer abschaben und unter vorsichtigem Erwärmen in ca. 30ml dest. Wasser lösen. In der Wärme langsam soviel 10%ige Salzsäure [Xi] zutropfen (ca. 15-20ml), bis sich das in die wässrige Phase getauchte Indikatorpapier deutlich rot färbt. Solange weitererwärmen, bis sich auf der Oberfläche eine ölig aussehende Flüssigkeitsschicht bildet. Im Kühschrank erkalten lassen, wachsartige Masse an gegenüberliegenden Stellen durchstechen, Flüssigkeit ausgießen, ca. 40ml Wasser zugeben und Masse erneut schmelzen. Reinigungsvorgang wiederholen, dann erkaltete Masse aus Becherglas nehmen und zwischen saugfähigem Papier trocknen. Masse in Porzellanschale oder Becherglas kurz auf ca. 120°C erhitzen, um Wasserreste zu entfernen, dann noch warm in Schraubverschluss mit Docht füllen und erkalten lassen. Abschließend Docht entzünden.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Beobachtungen:

Bei Salzsäurezugabe bildet sich in der Wärme eine ölig aussehende, in Wasser (bzw. Salzsäure) schwerlösliche Substanz, die sich oben absetzt, beim Abkühlen erstarrt und wie Kerzenwachs verbrennt.

Auswertung:

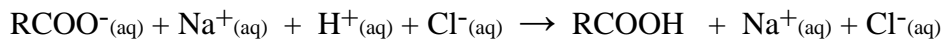
Die Natriumsalze der (*von der Säurestärke her schwachen*) Fettsäuren reagieren mit der (*von der Säurestärke her stärkeren*) Salzsäure unter Bildung der freien Fettsäuren und Natriumchlorid (= Kochsalz):

- Wort- bzw. Verhältnisformel"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Stoffebene):

Seifen-Lösung + Salzsäure → Fettsäuren + Natriumchlorid-Lösung



- Teilchen"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Teilchenebene):



(RCOO⁻: z.B. CH₃-(CH₂)₁₆-COO⁻ = Stearinsäure-Rest)

Die Fettsäuren sind in Wasser schwerlöslich, da ihre Teilchen aufgrund des überwiegend unpolaren Aufbaus (*unpolare langkettige Alkyl-Reste wirken hydrophob und dominieren die polare, schwach hydrophil wirkende Carboxylgruppe*) kaum von Wasser-Teilchen umhüllt (= hydratisiert) werden.

Beim Verbrennen werden die Fettsäureteilchen u.a. zu niedermolekularen Bruchstücken "gecrackt" und schließlich zu (überwiegend) CO₂ und H₂O oxidiert.

S E I F E N und S P Ü L M I T T E L

V4: Herstellung von Seife aus (Stearin-)Kerzen

Geräte: Thermometer, Messer, 100ml-Becherglas, Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Brenner, saugfähiges Papier, Flaschenschraubverschluss

Chemikalien: Stearinkerze bzw. Stearinsäure (echtes "Kerzenwachs"), 10%ige Natriumcarbonat-Lösung [Xi], 10%ige Natronlauge [C], gesättigte Kochsalz-Lösung

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
Vorprobe bei unbekanntem Kerzenmaterial zur Unterscheidung von Paraffin:
Stearin(säure)-Test:
flüssiges Kerzenwachs von brennender Kerze auf angefeuchtetes Indikatorpapier bzw. in 60-80°C heiße 10%ige Natriumcarbonat-Lösung [Xi] tropfen.
20g Kerzenwachs abschaben und in etwa 40ml 10%iger Natronlauge [C] unter Rühren solange ohne zu starkes Schäumen erhitzen (**VORSICHT!! SPRITZGEFAHR!!**), bis sich ein Tropfen des Reaktionsgemischs in ca. 2ml warmem Wasser vollständig löst. Falls sich nach dem Abkühlen die Seife nicht an der Oberfläche abgeschieden hat, unter Zugabe von 10ml gesättigter Kochsalz-Lösung erneut kurz erwärmen. Seife nach Erkalten abschöpfen, mit wenig fließend kaltem Wasser abspülen und überschüssige Flüssigkeit mit saugfähigem Papier oder Tuch unter intensivem Durchkneten entfernen.
Spatelspitze des Produkts sowie des Ausgangsstoffs in ca. 2ml dest. Wasser geben und Schaumbildung nach mehrfachem Schütteln vergleichen.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Evtl.: Herstellung von Natriumoleat:

In 100ml-Erlenmeyerkolben 5g Natriumcarbonat **[Xi]** in 25ml Wasser lösen und nach und nach 4ml Ölsäure einrühren. Nach Zusatz von 2-3 Siedesteinchen nur so stark erhitzen, dass das Reaktionsgemisch nicht überschäumt. Entstehendes Gas evtl. in Kalklauge **[C]** leiten bzw. Glasstab mit 1 Tropfen Kalklauge **[C]** in Gasraum halten. Nach Beendigung der Gasentwicklung noch ca. 2min weiter erhitzen und Gemisch vor dem Erkalten in Becherglas überführen. Nach dem Abkühlen Seife abschöpfen und überschüssige Flüssigkeit mit saugfähigem Papier (oder Tuch) unter intensivem Durchkneten entfernen.

alternativ:

Ca. 2ml Ölsäure in ca. 4ml Ethanol **[F]** lösen und auf Heizplatte bis maximal 60°C erwärmen. Lösung von 0,5g Natriumcarbonat **[Xi]** in 5ml Wasser langsam zutropfen, bis die Gasentwicklung beendet ist. Weiter erhitzen, bis Reaktionsgemisch zähflüssig wird, dann abkühlen lassen, Seife abschöpfen, mit kaltem Wasser waschen und trocknen.

Beobachtungen:

Vorproben:

- Anfeuchtetes Indikatorpapier wird schwach rot gefärbt
- In der Natriumcarbonat-Lösung findet eine Gasentwicklung statt.

Stearin(säure) schmilzt beim Erwärmen, und bei Laugenzugabe bildet sich eine schäumende, relativ dickflüssige Masse.

Auswertung:

Vorproben:

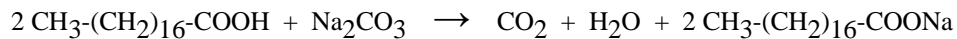
- Stearin(säure) reagiert in Gegenwart von Wasser schwach sauer

- Teilchen"gleichung":



- Aus Carbonaten wird Kohlendioxid entwickelt:

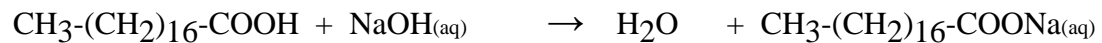
- Verhältnisformel"gleichung":



Es findet eine Neutralisationsreaktion statt, bei der aus Stearinsäure und Natronlauge Wasser sowie Natriumstearat, also das Natriumsalz der langkettigen, gesättigten Carbonsäure Stearinsäure und damit eine feste Seife (= Kernseife) entsteht:

Wort- bzw. Verhältnisformel"gleichung" (= Beschreibung der Vorgänge auf der Stoffebene):

Stearinsäure + Natronlauge → Wasser + Natriumstearat



S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V5: Eigenschaften von Seifen

Bei allen Experimenten mit Seifen darauf achten, dass nur "weiches" Wasser (dest. Wasser, aber z.B. auch Regenwasser oder Kondenswasser Wäschetrockner) und kein Leitungswasser verwendet wird, um (ggf. durch leichtes Erwärmen) klare Lösungen zu erhalten und störende Trübungen durch Ausfällen von "Kalkseife" zu vermeiden.

Geräte: Messer, Magnesiumrinne, Brenner, Cobaltglas, Reagenzgläser (mit Stopfen), Taschenlampe (evtl. Overhead-Projektor, Dia-Projektor, Reuter-Lampe mit Konvexlinse oder am einfachsten Laser-"Pointer"), Leitfähigkeitsprüfer, Transformator, Kabel, Amperemeter, Reagenzgläser

Chemikalien: Kernseife bzw. Schmierseife (bzw. selbsthergestellte Seife bzw. Seifenflocken oder -pulver)
b) dest. Wasser, Ethanol **[F]**, Benzin **[F]**
c) 10%ige (filtrierte!) Kochsalz-Lösung, 10%ige Zucker-Lösung, 2-5%ige (klare!) wässrige Seifen- bzw. Spülmittel-Lösung
d) 2-5%ige (klare!) wässrige Seifen-Lösung, 5%ige ethanolische Seifen-Lösung **[F]**
e) Indikatorpapier, 0,1%ige ethanolische Phenolphthalein-Lösung **[F]**
f) Regenwasser, Leitungswasser, (kohlendioxidfreies) Mineralwasser, 0,2%ige Calciumchlorid- bzw. Magnesiumsulfat-Lösung
g) Essig, 5%ige Salzsäure, flüssiger WC-Reiniger

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- a) Brennbarkeit und Flammenfärbung von Kernseife bzw. Schmierseife:
- Je 2 Spatelspitzen beider Seifenarten in je einem Reagenzglas zunächst langsam, dann stark erhitzen. Aussehen und Verhalten vor, bei und nach dem Erhitzen sowie Geruch und Brennbarkeit der Dämpfe beobachten.
 - Je eine Spatelspitze beider Seifenarten auf Magnesiumrinne in nichtleuchtende Brennerflamme halten, Flammenfärbung (ohne/mit Cobaltglas) und Aussehen des Rückstands beobachten.
- b) Löslichkeit:
- Je eine gleichgroße Spatelspitze Seife in Reagenzgläser mit 2ml Wasser bzw. 2ml Ethanol **[F]** bzw. 2ml Benzin **[F]** geben, nur leicht schütteln, so dass praktisch kein Schaum gebildet wird; evtl. 3-4min in Wasserbad (80°C) stellen und wieder abkühlen lassen. Löslichkeit und (nach gleichartigem und gleichlangem Schütteln) Schaumbildung vergleichen.

- c) TYNDALL-Effekt:
Gebündeltes Lichtstrahl aus Laser-Pointer
(Sicherheitshinweise beachten!!!! Evtl. zusätzlich (Tabak-)Rauch in (unsichtbaren) Laserstrahl pusten, der Verlauf des Strahls leuchtet dabei rot auf.) o.ä. nacheinander durch Reagenzgläser mit dest. Wasser, Leitungswasser, Kochsalz-Lösung, Zucker-Lösung, (klare!) Seifen-Lösungen von b) sowie Spülmittel-Lösung leiten und Verlauf des Strahls verfolgen.
- d) Elektrische Leitfähigkeit:
- Elektrische Leitfähigkeit von Kern- und Schmierseife sowie ihrer Lösungen in Wasser bzw. Ethanol bzw. Benzin bei 4V Wechselspannung untersuchen.
 - Elektrische Leitfähigkeit der restlichen unter c) genannten Flüssigkeiten sowie von Ethanol **[F]** und Benzin **[F]** bei 4V Wechselspannung vergleichen.
- e) Verhalten gegenüber Indikatoren:
- Ca. 4cm langen Streifen knapp zur Hälfte in Wasser, mit anderer Hälfte in wässrige Seifenlösung tauchen, pH-Werte vergleichen. Versuch mit Ethanol **[F]** und ethanolischer Seifen-Lösung **[F]** wiederholen, dann zusätzlich auf beide Hälften des Indikatorpapiers je 1 Tropfen Wasser geben und erneut pH-Werte vergleichen.
 - Zu jeweils ca. 2ml wässriger und ethanolischer Seifen-Lösung **[F]** je 3-4 Tropfen Phenolphthalein-Lösung **[F]** geben, Färbung vor und nach Zugabe von je 1ml Wasser beobachten.
Spülmittel-Lösung analog untersuchen.
- f) Verhalten gegenüber verschiedenen Wasser"sorten":
Jeweils ca. 2ml (klare!) wässrige Seifen-Lösung bzw. Spülmittel-Lösung mit gleicher Menge Regenwasser, Leitungswasser, (kohlendioxidfreiem) Mineralwasser, 0,2%iger Calciumchlorid- bzw. Magnesiumsulfat-Lösung und 10%iger Kochsalz-Lösung versetzen, Aussehen sowie (nach gleichartigem und gleichlangem Schütteln) Schaumbildung vergleichen.
- g) Verhalten gegenüber sauren Lösungen:
Jeweils ca. 2ml (klare!) wässrige Seifen-Lösung bzw. Spülmittel-Lösung mit gleicher Menge Essig bzw. 5%iger Salzsäure bzw. flüssigem WC-Reiniger versetzen, Aussehen sowie (nach gleichartigem und gleichlangem Schütteln) Schaumbildung vergleichen.

Alternative zu e) - g): Hände mit Kernseife gut einseifen:

- mit Indikatorpapier pH-Wert bestimmen
- etwas (kohlendioxidfreies) Mineralwasser bzw. 0,2%ige Calciumchlorid-Lösung auf Handinnenfläche geben, Schaum beobachten, Gefühl beim Händereiben und Abspülen beschreiben
- zu neu eingeseiften Händen einige Tropfen Essig bzw. 5%ige Salzsäure bzw. flüssigen WC-Reiniger geben, Schaum beobachten, Gefühl beim Händereiben und Abspülen beschreiben
- Hände unter Verwendung von dest. Wasser einseifen und abspülen, Gefühl im Vergleich zum Einseifen und Abspülen mit Leitungswasser beschreiben.

Beobachtungen:

a) Brennbarkeit und Flammenfärbung von Kernseife bzw. Schmierseife:

.....

b) Löslichkeit:

	dest. Wasser	Ethanol	Benzin
Löslichkeit			
Schaumbildung			

c) TYNDALL-Effekt:

dest. Wasser	Leitungswasser	Kochsalz-Lösung	Zucker-Lösung	Seifen-Lösungen	Spülmittel-Lösung

d) Elektrische Leitfähigkeit:

Kernseife:

Schmierseife:

dest. Wasser	Leitungswasser	Kochsalz-Lösung	Zucker-Lösung	Seifen-Lösungen	Spülmittel-Lösung	Ethanol	Benzin

e) Verhalten gegenüber Indikatoren:

	Wasser	wässrige Seifenlg.	Ethanol	ethanolische Seifenlg.
pH-Wert				
Phenolphthaleinlg.				
nach Wasserzugabe				

f) + g) Verhalten gegenüber verschiedenen Wasser"sorten" und sauren Lösungen:

	Seifenlösung		Spülmittellösung	
	Aussehen	bzw. Schaumbildung	Aussehen	bzw. Schaumbildung
Regenwasser				
Leitungswasser				
Mineralwasser				
0,2%ige $\text{CaCl}_2(\text{aq})$				
0,2%ige $\text{MgSO}_4(\text{aq})$				
10%ige $\text{NaCl}(\text{aq})$				
Essig				
5%ige Salzsäure				
fl. WC-Reiniger				

Alternative zu e) - g):

.....

Auswertung:

- a)
-
-
- b)
-
-
- c)
-
-
- d)
-
-
- e)
-
-
- f)
-
-
- g)
-
-

Beobachtungen:

a) Brennbarkeit und Flammenfärbung von Kernseife bzw. Schmierseife:

- Kernseife ist bei Zimmertemperatur fest, Schmierseife (hochviskos) flüssig.
Beide Seifenarten verändern sich beim Erhitzen unter Braunfärbung und Entwicklung weißlicher Dämpfe, deren Geruch entfernt an Kerzenwachsdämpfe erinnert und die mit leuchtender Flamme brennen. Im Reagenzglas bleibt ein schwarzer Rückstand.
- Kernseife liefert eine gelbe, Schmierseife eine violette Färbung der nichtleuchtenden Brennerflamme, durch das Cobaltglas beobachtet man keine bzw. eine rote Flammenfärbung. Auf der Magnesiumrinne bleibt ein schwarzer Rückstand.

b) Löslichkeit:

	dest. Wasser	Ethanol	Benzin
Löslichkeit	teilweise löslich (in der Wärme gut löslich, beim Erkalten Gel)	gut löslich	schwer löslich (in der Wärme "Gallerte")
Schaumbildung	++++	----	----

c) TYNDALL-Effekt:

dest. Wasser	Leitungswasser	Kochsalz-Lösung	Zucker-Lösung	Seifen-Lösungen	Spülmittel-Lösung
----	----	----	----	++/--/--	++++

d) Elektrische Leitfähigkeit:

Kernseife: elektrisch nicht leitfähig
Schmierseife: schwach elektrisch leitfähig

dest. Wasser	Leitungswasser	Kochsalz-Lösung	Zucker-Lösung	Seifen-Lösungen	Spülmittel-Lösung	Ethanol	Benzin
kaum	Schwach	++++	kaum	++/++/--	++++	----	----

e) Verhalten gegenüber Indikatoren:

	Wasser	wässrige Seifenlsg.	Ethanol	ethanolische Seifenlsg.
pH-Wert	ca. 6	9-10	6-7	6-7
Phenolphthaleinslg.	farblos	rot	farblos	farblos
nach Wasserzugabe	farblos (pH 5-6)	rot (pH 8-9)	farblos (pH 6)	rot (pH 9-10)

f) + g) Verhalten gegenüber verschiedenen Wasser"sorten" und sauren Lösungen:

	Seifenlösung		Spülmittellösung	
	Aussehen	bzw. Schaumbildung	Aussehen	bzw. Schaumbildung
Regenwasser	klar	gut	klar	gut
Leitungswasser	schwach trübe	weniger gut	klar	gut
Mineralwasser	stärker trübe	wenig	klar	gut
0,2%ige $\text{CaCl}_2(\text{aq})$	stark trübe	kaum	schwach trübe	gut
0,2%ige $\text{MgSO}_4(\text{aq})$	stark trübe	kaum	schwach trübe	gut
10%ige $\text{NaCl}(\text{aq})$	trübe	gut	trübe	gut
Essig	trübe (wachsartig)	kaum	klar	gut
5%ige Salzsäure	trübe (wachsartig)	kaum	klar	gut
fl. WC-Reiniger	trübe (wachsartig)	kaum	klar	gut

Alternative zu e) - g):

- pH-Wert: 9-10
- kaum noch Schaum, krümeliger weißer Niederschlag, relativ leicht abzuspülen
- kaum noch Schaum, wachsartiges Gefühl, praktisch nicht abzuspülen
- viel Schaum, weiches Gefühl, nur mit viel Wasser abzuspülen

Auswertung:

a) Brennbarkeit und Flammenfärbung von Kernseife bzw. Schmierseife:

- Bei Zimmertemperatur sind die kleinsten Teilchen von Kernseife (ziemlich) regelmäßig angeordnet und einigermaßen schwer gegeneinander verschiebbar. Die kleinsten Teilchen von Schmierseife sind bei Zimmertemperatur unregelmäßig angeordnet und leichter gegeneinander verschiebbar. Beim Erhitzen findet bereits vor Erreichen der Schmelz- bzw. Siedetemperatur eine (*thermolytische*) Zersetzung statt (*die stark erhöhte Beweglichkeit der kleinsten Teilchen führt zu einem "Zerreißen" der langkettigen Alkyl-Reste noch bevor die elektrostatischen Wechselwirkungen zwischen positiv geladenen Natrium- bzw. Kalium-Ionen und negativ geladenen Carboxylat-Ionen überwunden werden können und damit der daraus bestehende Stoff sieden kann*), die (*niedermolekularen*) "Crack"-Produkte sind bei diesen Temperaturen gasig und können (*nach Zufuhr von Aktivierungsenergie durch eine Zündflamme*) oxidiert werden. Die leuchtende Flamme und vor allem der schwarze Rückstand lassen darauf schließen, dass es sich bei Seife um eine Kohlenstoff-Verbindung handelt.
- Die gelbe Flammenfärbung durch Kernseife deutet auf eine Natrium-Verbindung, die violette Flammenfärbung durch Schmierseife auf eine Kalium-Verbindung. Da Natrium-Verbindungen schon in Spuren eine gelbe Flammenfärbung verursachen, die u.U. andere Flammenfärbungen überdecken kann, betrachtet man die Flammenfärbung durch ein blaues "Cobaltglas": Die Komplementärfarbe Gelb wird dabei "gelöscht" und die für Kalium-Verbindungen typische Flammenfärbung Violett ergibt eine rötliche Mischfarbe. Der schwarze Rückstand weist wie oben auf eine Kohlenstoff-Verbindung hin.

b) Löslichkeit:

In dem stark polaren Lösemittel Wasser müsste sich Seife als Ionen-Verbindung prinzipiell lösen, aber die Seifenteilchen, die aus einem unpolaren und daher hydrophob wirkenden langkettigen Alkyl-Rest und einer vergleichsweise kleinen polaren und damit hydrophil wirkenden Carboxylat-Gruppe bestehen, können sich nur dann in nennenswertem Umfang verteilen, wenn durch Zufuhr von Wärmeenergie die Beweglichkeit aller Teilchen erhöht wird. Beim Erkalten wird dagegen die Löslichkeit wieder geringer, und es bildet sich ein gelartiger Niederschlag: Die Beweglichkeit der Wasser- und Seifenteilchen nimmt ab, die langen Alkyl-Reste können sich untereinander locker verknäueln und viele Wasserteilchen in Hohlräumen einschließen. In dem weniger polaren Lösemittel Ethanol reicht die Polarität noch aus zur Überwindung der elektrostatischen Anziehungskräfte zwischen den ungleichnamig geladenen Ionen, gleichzeitig können auch die unpolaren Alkyl-Reste über van-der-Waalsche-Wechselwirkungen zwischen der Ethyl-Gruppe des Ethanols und dem Alkyl-Rest der Seife noch solvatisiert werden. Beim unpolaren Lösemittel Benzin könnten zwar die Alkyl-Reste der Seifenteilchen gut solvatisiert werden, aber die schwachen van-der-Waalsschen-Wechselwirkungen reichen nicht aus zur Überwindung der elektrostatischen Anziehungskräfte zwischen den ungleichnamig geladenen Ionen. Bei Zufuhr von Wärmeenergie können sich aufgrund der höheren Teilchenbeweglichkeit ver-

mehrt Lösemittelteilchen zwischen die Alkyl-Reste drängen und so zu einer "Aufweitung" der Seifenmasse führen. Aber auch dann lassen sich die elektrostatischen Anziehungskräfte noch nicht vollständig überwinden.

Diese gallertartige Masse enthält somit relativ große Mengen an Benzin und ähnelt im Aufbau dem sog. Napalm (Abkürzung von Natrium-palm(itat)), einem Inhaltsstoff von Brandbomben, der besonders vom Vietnam-Krieg her bekannt ist und bei dem es sich um Natrium-Aluminium-Salzgemische von Naphthen- und Fettsäuren handelt.

c) TYNDALL-Effekt:

Bei den reinen Lösemitteln, aber auch in Lösungen von Stoffen mit kleinen Teilchengrößen (z.B. einfache Salze oder Haushaltszucker) geht ein Lichtstrahl ohne Streueffekte ungehindert durch und sein Verlauf ist rechtwinklig dazu nicht zu erkennen. Auch in einer ethanolschen Seifen-Lösung sind die getrennt voneinander vorliegenden Teilchen noch nicht groß genug. In einer wässrigen Seifen- oder (allgemeiner) Tensid-Lösung schließen sich dagegen die Tensid-Teilchen zu größeren Verbänden zusammen (sog. Micellen), die sich im Wasser zu einer kolloidalen Lösung verteilen und in denen sich die hydrophoben Alkyl-Reste etlicher Tensid-Teilchen zusammenlagern und verknäueln und so die hydrophile Endgruppe den Wasserteilchen zukehren. Dadurch wird ein wesentlich größerer Teilchenumfang vorgetäuscht, so dass Licht an diesen Micellen gestreut wird.

d) Elektrische Leitfähigkeit:

Kernseife zeigt als Feststoff keine elektrische Leitfähigkeit, da zwar Ladungsträger vorliegen (positiv geladene Natrium-Ionen, negativ geladene Carboxylat-Ionen), diese aber nicht frei beweglich sind. Bei Schmierseife sind die Kalium- und die Carboxylat-Ionen zwar nicht an bestimmte Gitterplätze gebunden, aber ihre Beweglichkeit in der hochviskosen Paste ist stark eingeschränkt, so dass die elektrische Leitfähigkeit nur relativ gering ist.

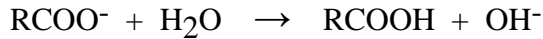
Bei den Flüssigkeiten zeigen die Lösemittel Ethanol und Benzin wegen fehlender Ladungsträger keine elektrische Leitfähigkeit. Destilliertes (= entmineralisiertes) Wasser besitzt nur eine sehr schwache elektrische Leitfähigkeit (*ca. jedes 10millionste Wasserteilchen ist in H^+ - und OH^- -Ionen gespalten*), bei Leitungswasser und besonders der Kochsalz-Lösung ist die elektrische Leitfähigkeit wegen des zunehmenden Gehalts an salzartigen Verbindungen (= Ionenverbindungen) deutlich größer, wohingegen Zucker sich in Wasser in Form von einzelnen, nach außen ungeladenen Molekülen löst und keine Ionen gebildet werden.

Sowohl wässrige wie ethanolsche Seifen- und Spülmittel-Lösung besitzen eine deutliche elektrische Leitfähigkeit, da frei bewegliche Ladungsträger vorhanden sind.

e) Verhalten gegenüber Indikatoren:

Während entmineralisiertes Wasser durch Lösen von Kohlenstoffdioxid aus der Luft sehr schwach sauer reagiert, zeigt das Indikatorpapier in Ethanol keine Verfärbung, da keine Ionen vorliegen.

In wässriger Seifen-Lösung deuten pH-Wert und Rotfärbung der Phenolphthalein-Lösung darauf, dass OH^- -Ionen vorliegen, die durch folgende (Gleichgewichts-)Reaktion entstanden sind:

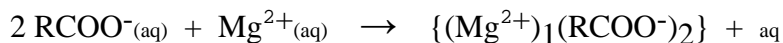
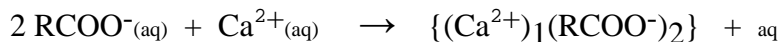


Mit Ethanol kann diese Reaktion nicht stattfinden, so dass pH-Wert und Farblosigkeit der Phenolphthalein-Lösung unverändert bleiben.

Die Zugabe von Wasser bewirkt bei wässriger Seifen-Lösung lediglich einen Verdünnungseffekt, in ethanolischer Seifen-Lösung dagegen kann jetzt die obige Umsetzung ablaufen.

f) + g) Verhalten gegenüber verschiedenen Wasser"sorten" und sauren Lösungen:

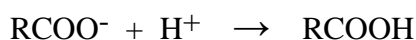
Mit zunehmendem Gehalt an Calcium- und Magnesium-Verbindungen bilden sich in der Seifen-Lösung schwerlösliche Niederschläge und die Schaumbildung wird geringer, da sich die für die Schaumbildung verantwortlichen Seifen-Ionen mit den entsprechenden Erdalkalimetall-Ionen (Ca^{2+} - bzw. Mg^{2+} -Ionen) zusammenlagern und dabei ein Ionengitter bilden, das gegenüber einer Hydratisierung weitestgehend stabil ist:



Diese sog. Kalkseife ist relativ hart und hilft durch Reibungseffekte in Leitungswasser bei der mechanischen Entfernung von Schmutz, führt allerdings in Textilien zu unansehnlichen Ablagerungen (sog. "Fettläuse"), die sich außerdem bei mechanischen Beanspruchungen auf die Dauer faserschädigend auswirken können.

Die Kochsalzlösung bewirkt ein "Aussalzen" von Seife an der Oberfläche der dichteren Lösung, da der Elektrolytzusatz die abstoßende und die kolloide Seifen-Lösung stabilisierende Wirkung der gleichnamig geladenen Micellen stört, so dass weniger Seife in Lösung verbleibt. Außerdem werden die Ionen des Salzes vorzugsweise von Wasserteilchen (auch in mehreren "Schichten") umhüllt, die dann zur Aufrechterhaltung der Hydrathülle bei den anionischen Seifen-Teilchen nicht mehr zur Verfügung stehen.

Saure Lösungen führen zu einer Abscheidung der freien Fettsäuren an der Oberfläche (vgl. Tenside V3):



Die in Spülmittel-Lösung enthaltenen Tenside zeigt alle diese Nachteile von Seife nicht bzw. nur in sehr eingeschränktem Maße.

Außerdem reagieren diese Tenside in Wasser wesentlich schwächer alkalisch als Seife.

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V6: Synthese eines anionischen Tensids

Geräte: Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Brenner, Wasserbad, Thermometer, Reagenzgläser, Gummistopfen, Tropfpipette, Glasstab

Chemikalien: Hexadecanol (= Cetylalkohol), konz. Schwefelsäure [C], 0,1%ige alkoholische Phenolphthalein-Lösung [F], 10%ige Natronlauge [C]

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

Reagenzgläser mit 1g Hexadecanol bzw. 1ml konz. Schwefelsäure [C] bzw. ca. 5ml 10%iger Natronlauge [C] in Wasserbad (60-80°C) 5-10min erwärmen. Zum geschmolzenen Hexadecanol tropfenweise Schwefelsäure [C] zusetzen und nach jedem Tropfen gut schütteln, so dass höchstens eine Gelbfärbung eintritt.

Reaktionsgemisch weitere 5min im Wasserbad erwärmen, dann 5-10 Tropfen entnehmen und mit ca. 1ml Wasser versetzen. Rest mit 20ml heißem Wasser lösen und mit 1-2 Tropfen Phenolphthalein-Lösung [F] versetzen. Unter Schütteln durch tropfenweise Zugabe von Natronlauge [C] bis zur schwachen Rosafärbung neutralisieren und ggf. filtrieren. Gleiche Teile des Produkts vor und nach der Neutralisation in Reagenzglas mit doppelter Menge Wasser versetzen und kräftig schütteln.

Rest trocknen und pulverisieren sowie 2-5%ige klare wässrige Lösung herstellen und für weitere Experimente aufbewahren.

Beobachtungen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Auswertung:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

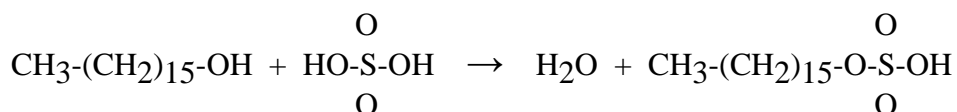
Beobachtungen:

Hexadecanol schmilzt beim Erwärmen und verfärbt sich bei tropfenweiser Zugabe von konzentrierter Schwefelsäure gelb-bräunlich. Nach Zugabe von wenigen Tropfen Phenolphthalein-Lösung und einer bestimmten Menge Natronlauge tritt eine Rotfärbung auf.

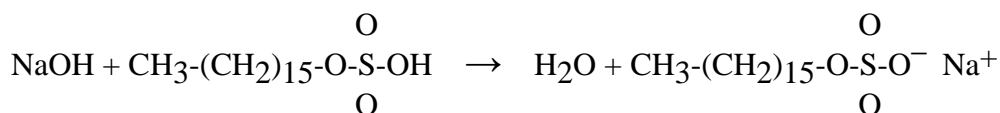
Schüttelt man eine Probe des Produkts vor bzw. nach der Neutralisation mit Wasser, so bildet sich ein stabiler Schaum.

Auswertung:

Hexadecanol (= Cetylalkohol) reagiert als Alkohol mit der Schwefelsäure unter Abspaltung von Wasser zu einem (Halb-)Ester der Schwefelsäure, dem Hexadecylsulfat (= Schwefelsäure-hexadecylester):



Diese Substanz ist immer noch eine starke Säure (*die stark polare OH-Bindung kann unter Bildung einer H^+ -Ionen relativ leicht heterolytisch gespalten werden*) und muss (neben der noch vorhandenen überschüssigen Schwefelsäure) durch Natronlauge zum Natriumsalz, dem Natrium-dodecyl-sulfat neutralisiert werden:



Sowohl der (Halb-)Ester wie das Natriumsalz sind relativ gut löslich in Wasser, wobei in beiden Fällen negativ geladene Dodecyl-sulfat-Ionen vorliegen, die eine Schaumbildung bewirken.

Natrium-dodecylsulfat ist ein Beispiel für ein sog "syndet", ein synthetisches Detergens (detergere, lat. = abwischen, abspülen) und zählt wie die Seifen zur Gruppe der anionischen Tenside (tensus, lat = gespannt). Tensid-Teilchen sind aus einem lang-gestreckten, unpolaren und damit hydrophoben Kohlenwasserstoff-Rest und einer i.a. relativ kurzen, polaren und damit hydrophilen Gruppe aufgebaut:

- Anionische Tenside : Gruppe mit insgesamt negativer Ladung
- Kationische Tenside : Gruppe mit insgesamt positiver Ladung
- Nichtionische Tenside: größere, nach außen ungeladene, aber polar gebaute Gruppen
- Amphotere Tenside : innerhalb einer Gruppe voneinander getrennte, ungleichnamig geladene und dadurch stark polare Bereiche)

Aufgrund ihrer Struktur aus einem hydrophilen "Kopf" und einem hydrophoben "Schwanz" ("Streichholz"-Modell) lagern sich Tensid-Teilchen vorzugsweise an Grenzflächen an z.B. Wasser/Luft, Wasser/Öl, Wasser/(Pigment-)Schmutz, wobei der hydrophile Bereich jeweils zu den Wasser-Teilchen gerichtet ist, so dass die Grenzflächenspannung (speziell: Oberflächenspannung) beeinflusst und i.a. verringert wird.

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V7: Experimente zur Oberflächenspannung und ihrer Beeinflussung durch Tenside

- Geräte:** Aluminium-Münzen (z.B. span. 1-Peseten-Stücke), Altbierglas, Untertasse, Gabel, Filterpapier, ggf. Rasierklinge, Büroklammer, Nähnadel
5ml-Messpipette, Groschen
Weinglas, 2Pfg-Stücke
Magenbitterfläschchen (unbenutzt/benutzt), 50ml-Becherglas, evtl.: 50ml-Standzylinder, Stopfen, Glasrohr (ca. 5cm lang, 0,5cm weit), 250ml-Standzylinder
Büroklammer, Petrischale
Styroporplatte (2-4mm dünn), Balsa-Holz (1-2mm dünn), Plastik-Platte (ca. 1mm dünn), Alu-Folie
Nähgarnfaden
Verbandmull, Becherglas, Gummiring, engmaschiges Sieb
- Chemikalien:** dest. bzw. Leitungswasser, klare, sehr verdünnte (0,1-1%ige) Tensid-Lösung (z.B. aus selbsthergestellter Seife bzw. synthetisiertem Tensid bzw. Spülmittel [z.B. 6 Tropfen/100ml Wasser])
Pflanzenöl, Sudanrot
Pfeffer-, Paprika-, Schwefelpulver oder Bärlappsporen (Lycopodium), Seife
Zahnpasta, Campher
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
- a) Versuche mit Münzen:
- Altbierglas auf Untertasse fast bis zum Rand mit Wasser füllen. Mit Hilfe einer Gabel (bzw. auf Filterpapierstück) Aluminium-Münze (mit Fingern leicht gefettet) so auf Wasseroberfläche bringen, dass sie schwimmt und nicht untergeht. Möglichst weit entfernt von Münze 1 Tropfen Tensid-Lösung zugeben. Versuch ggf. analog mit Rasierklinge, Büroklammer, Nähnadel o.ä. durchführen.
 - Aus 5ml-Messpipette langsam Wasser auf (mit Fingern leicht gefettete) Münze (z.B. Groschen) tropfen lassen und Wasseroberfläche beobachten. Vorher Tropfenzahl und Wasservolumen bis zum Überlaufen abschätzen und dann im Versuch ermitteln. Versuch mit Tensid-Lösung wiederholen.
 - Glattrandiges Glas (z.B. Weinglas o.ä.) bis zum Rand (nicht darüber hinaus!) mit Wasser füllen und nacheinander Münzen (z.B. 2Pfg-Stücke) von Wasseroberfläche aus hinunterfallen lassen. Oberflächenform beobachten sowie Anzahl der Münzen bis zum Überfließen schätzen und ermitteln. Versuch mit Tensid-Lösung wiederholen.

b) Versuche mit Magenbitterfläschchen:

- Noch volles Magenbitterfläschchen bis zum Rand tropfenweise mit Wasser auffüllen, Öffnung mit Finger verschließen, Inhalt mischen und über (sauberem!) 50ml-Becherglas wieder öffnen. Inhalt ggf. anschließend in Selbstversuch entsorgen.
Leeres Magenbitterfläschchen bis zum Rand mit Wasser füllen, mit Finger verschließen und über Becherglas öffnen.
1 Tropfen Tensid-Lösung zugeben, mit Finger verschließen, mischen und erneut über Becherglas öffnen.
Alternative für Anti-Alkoholiker:
Kleine Standzylinder mit Glasrohr-Stopfen mit Wasser bzw. Tensid-Lösung füllen und umgekehrt an Stativ befestigt über Becherglas halten.
- (Tensidfreies) Magenbitterfläschchen bis zum Rand mit Pflanzenöl (evtl. mit 1 Körnchen Sudanrot gefärbt) füllen und in hohen Standzylinder stellen, der dann mit Wasser gefüllt wird. Ölaustritt vor/nach Zugabe von 1 Tropfen Tensid-Lösung in den Standzylinder (1-2cm über Flaschenöffnung) beobachten.

c) Projektionsversuche:

- Ca. 1ml Pflanzenöl in Petrischale auf Overheadprojektor geben, 1 Tropfen Wasser in Mitte des Ölflecks hinzufügen. Tropfenform beobachten und nach Zugabe von 1 Tropfen Tensid-Lösung vergleichen.
- Büroklammer mit Hilfe von Gabel vorsichtig auf Wasseroberfläche in Petrischale setzen und Overheadprojektor darauf scharf stellen. Möglichst weit entfernt von Büroklammer 1 Tropfen Tensid-Lösung zugeben.
- Pfeffer-, Paprika-, Schwefelpulver oder (am besten) Bärlappsporen (= Lycopodium) auf Wasseroberfläche in Glasschale dünn verteilen, 1 Tropfen Tensid-Lösung in die Mitte geben oder Oberfläche kurz mit Seifenstück berühren.

Varianten:

- "Tensid-Düsentrieb":
Aus dünner Kunststoff-Platte, Balsa-Holz oder Aluminiumfolie (mit nach oben gebogenen Rändern) Fisch, Ente oder keilförmiges Schiffchen (2-4cm lang) mit einer Einkerbung am breiteren Ende schneiden, in die nach dem Aufsetzen auf die Wasseroberfläche ein Körnchen Seife oder ein Tropfen Spülmittel gebracht wird.
- "Seifenkistenrennen":
Streichholz am (Schwanz-)Ende aufspließen, winziges Seifenstück einklemmen, auf Wasseroberfläche einer größeren Schüssel setzen und beobachten bis Streichholz sinkt; evtl. projizieren
- "Campher(=Kampfer-)Tanz":
Mehrere Körnchen Campher auf Wasser in Petrischale streuen, projizieren.
- Nähgarnfaden zu Ring verknotet auf Wasseroberfläche in Petrischale setzen und Overheadprojektor darauf scharf stellen. In Mitte 1 Tropfen Tensid-Lösung geben.
- evtl. "Minimalflächen"-Experimente mit Kunststoff-Modellen (vgl. Literatur G3)

d) "Maschen"-Versuche:

- Eine Lage Verbandmull straff über Becherglasöffnung ziehen und mit Gummiring fixieren. Becherglas durch Mull hindurch randvoll mit Wasser füllen und schnell umdrehen, so dass kein Wasser ausläuft. Mull mit Seifenstück kurz berühren bzw. Versuch mit Tensid-Lösung wiederholen.
- Wassertropfen vorsichtig in (leicht gefettetem bzw. vorher kurz in flüssiges Wachs getauchtem) engmaschigem Sieb sammeln, 1 Tropfen Tensid-Lösung zusetzen bzw. Versuch mit Tensid-Lösung wiederholen.

Beobachtungen: a)

.....
.....
.....
.....

b)

.....
.....
.....
.....

c)

.....
.....
.....
.....

d)

.....
.....
.....
.....

Beobachtungen:

a) Versuche mit Münzen:

- Die Aluminiummünze (bzw. Rasierklinge, Büroklammer, Nähnadel) schwimmt zunächst auf der Wasseroberfläche. Bei Zugabe von Tensid-Lösung wird sie zur Seite gestoßen und geht schließlich unter.
- Auf einem Groschen lassen sich ca. 40 Wassertropfen (Gesamt-
volumen ca. 1,5ml, d.h. ca. 27Tropfen/ml) unterbringen, bevor die
hochgewölbte Wasseroberfläche auseinander läuft.
Bei Tensid-Lösung sind es ca. 30 vergleichsweise kleinere
Tropfen (Gesamt-
volumen ca. 0,8ml, d.h. ca. 38Tropfen/ml).
- In das randvolle Glas können noch etliche Münzen (z.B. bei 10cm
Durchmesser ca. 40 2Pfg-Stücke) gegeben werden, bevor der hoch-
gewölbte "Wasserberg" auseinander läuft.
Bei Tensid-Lösung bricht der nur schwach gewölbte "Wasserberg"
schon nach etwa der Hälfte der zugegebenen Münzen auseinander.

b) Versuche mit Magenbitterfläschchen:

- Ein mit Magenbitter gefülltes Fläschchen läuft ohne weiteres
aus, ein mit Wasser gefülltes Fläschchen dagegen nicht.
Bei Zugabe von Tensid-Lösung fließt der Inhalt ebenfalls ohne
weiteres aus.
- Das Pflanzenöl tritt nicht aus dem Fläschchen aus.
Erst bei Zugabe von Tensid-Lösung steigt das Öl nach oben.

c) Projektionsversuche:

- In der Mitte des Ölflecks nimmt der Wassertropfen eine kugel-
förmige Gestalt an.
Bei Zugabe von Tensid-Lösung wird die Form flacher, an den
Rändern entsteht eine Trübung.
- Die Büroklammer schwimmt auf der Wasseroberfläche.
Bei Zugabe von Tensid-Lösung wird die Büroklammer zur Seite
gestoßen, geht schließlich unter und ihre Projektion wird
dabei unscharf.
- Pfeffer-, Paprika-, Schwefelpulver oder (am besten) Bärlapp-
sporen (= Lycopodium) schwimmen überwiegend auf der Wasser-
oberfläche.
Bei Zugabe von Tensid-Lösung werden sie vehement zu den
Rändern geschoben und die Mitte bleibt frei.

Varianten:

- "Seifenkistenrennen":
Das Streichholz saust auf der Wasseroberfläche herum, wird langsamer,
bleibt schließlich stehen und geht nach einiger Zeit unter.
- "Tensid-Düsentrieb":
Das Schiffchen o.ä. bewegt sich bei Zugabe von Tensid-Lösung ruckartig
nach vorne.
- "Campher(= Kampfer-)Tanz":
Die Campherkörnchen bewegen sich kreiselnd auf der Wasseroberfläche.
Nach einer gewissen Zeit hört diese Bewegung auf und beginnt auch bei
Nachschub nicht wieder.
- Der Nähgarnfaden-Ring liegt zunächst unregelmäßig geformt auf
der Wasseroberfläche.
Bei Zugabe von Tensid-Lösung in den Ring nimmt dieser sofort
eine kreisrunde Fläche ein.

d) "Maschen"-Versuche:

- Das Becherglas lässt sich durch den Mull hindurch problemlos mit Wasser füllen. Beim Umdrehen läuft das Wasser nicht heraus, Die Mulloberfläche ist sogar deutlich nach innen gewölbt.
Bei Zugabe eines Tensids (allerdings auch beim Neigen des Becherglases) fließt der Inhalt ohne weiteres aus.
- Wassertropfen lassen sich in einem engmaschigen Sieb sammeln. Erst bei Zugabe von Tensid-Lösung läuft das Wasser durch.

Auswertung:

Die sog. Oberflächenspannung des Wassers kommt daher, dass die Wasser-Teilchen an der Oberfläche im Gegensatz zu Wasser-Teilchen im Inneren nicht in allen Richtungen gleichmäßig angezogen werden, sondern wegen nur schwacher Wechselwirkungen zu Luft-Teilchen nach innen gerichtete Anziehungskräfte überwiegen, die dazu führen, dass die Wasseroberfläche möglichst klein gehalten wird. Ideal wäre dabei die Form einer Kugel (vgl. Form von Wassertropfen), da diese von allen geometrischen Körpern bei gleichem Volumen die kleinste Oberfläche besitzt.

a) Versuche mit Münzen:

- Trotz der größeren Dichte ($2,7\text{g/cm}^3$) schwimmt die Aluminiummünze auf dem Wasser, so als ob dieses eine dünne "Haut" besitzen würde: Der an der Oberfläche verstärkte Zusammenhalt der Wasser-Teilchen (die "Oberflächenspannung") verhindert zunächst ein Untersinken.
Wird ein Tensid zugegeben, so verteilen sich die Tensid-Teilchen zunächst auf der Wasseroberfläche, wodurch Gegenstände darauf zur Seite bewegt werden, und drängen sich mit ihrem hydrophilen Ende zwischen die Wasser-Teilchen, so dass deren Anziehungskräfte zu benachbarten Wasser-Teilchen geschwächt werden: die Oberflächenspannung wird verringert, Gegenstände mit größerer Dichte können jetzt untersinken.
- Die Wassertropfen bilden auf der Münze zunächst eine gewölbte Oberfläche, da diese kleiner ist als bei einer Verteilung über die Münze hinaus.
Die Tensid-Lösung kann aufgrund ihrer kleineren Oberflächenspannung in einem vergleichbaren Volumen mehr Tropfen (mit insgesamt größerer Oberfläche) bilden als reines Wasser und setzt einem Überlaufen einen geringeren Widerstand entgegen.
- Das Wasser versucht ein Überlaufen so lange wie möglich zu verhindern, um seine Oberfläche nicht wesentlich vergrößern zu müssen.
Bei der Tensid-Lösung ist diese Tendenz wegen der niedrigeren Oberflächenspannung weniger ausgeprägt.

b) Versuche mit Magenbitterfläschchen:

- Magenbitter (abgesehen von Kräuter-Extrakten im wesentlichen eine ca. 40Vol.%ige Lösung von Ethanol in Wasser) besitzt eine geringere Oberflächenspannung als Wasser und kann daher ungehindert ausfließen, ebenso eine Tensid-Lösung.
- Die Oberflächenspannung des Wassers an der Grenzfläche zum Öl verhindert ein Ausfließen und Hindurchtreten durch das Wasser und damit einhergehender Oberflächenvergrößerung durch Bildung neuer Grenzflächen zum Öl.
Die Verringerung der Oberflächenspannung durch Tenside baut diese Hindernisse ab.

c) Projektionsversuche:

- An der Grenzfläche zum Öl nimmt der Wassertropfen trotz der Einwirkung der Schwerkraft aufgrund seiner Oberflächenspannung nahezu Kugelform an. Diese flacht erst bei Erniedrigung der Oberflächenspannung nach Tensid-Zugabe ab. Außerdem bildet sich an der Grenzfläche zum Öl eine Emulsion, da die Tensid-Teilchen aufgrund ihres Aufbaus aus einem hydrophilen "Kopf" und einem hydrophoben "Schwanz" einen besseren Kontakt zwischen den polaren Wasser-Teilchen und den unpolaren Öl-Teilchen herstellen (vgl. Seifen und Spülmittel V10).
- s.o. unter a)
- Trotz ihrer größeren Dichte schwimmen die Körnchen zunächst überwiegend auf der Wasseroberfläche. Bei Tensid-Zugabe verteilen sich die Tensid-Teilchen unter Verdrängung der schwimmenden Körnchen auf der Wasseroberfläche ("Spreit-Effekt"), indem sie sich mit ihrem hydrophilen Teil zwischen die Wasser-Teilchen an der Oberfläche drängen und ihr hydrophober Teil möglichst geringen Wasserkontakts wegen aus der Oberfläche herausragt (gemäß der Melodie ".. Köpfchen in das Wasser, Schwänzchen in die Höh'.."): Witzhaft "hinkend" vergleichbar der Wirkung von "1ppm = 1 Preuße pro Münchener", der die bei hochsommerlichen Temperaturen im Starnberger See badende 1 Million Münchener zum Aufsuchen des Ufers drängt, wenn er sich ins Wasser begibt.

Varianten:

- "Seifenkistenrennen":
Die Verteilung der Tensid-Teilchen auf der Wasseroberfläche von der Rückseite des Schiffchens aus führt zu einem Rückstoß-Effekt. Nach und nach wird die Wasseroberfläche mit Tensid-Teilchen belegt, so dass wegen "Platzmangels" die Bewegung nachlässt und schließlich aufgrund der Erniedrigung der Oberflächenspannung sich das Streichholz voll saugt und schließlich sinkt.
- "Tensid-Düsentrieb": s.o.
- "Campher(= Kampfer-)Tanz":
Campher (gefäßerweiternd, herzanregend) ist schwerlöslich in Wasser und besitzt bereits bei Zimmertemperatur einen beträchtlichen Dampfdruck, also eine beträchtliche Tendenz, in den gasigen Zustand überzugehen, so dass die Körnchen auf ihrem Dampf schweben (vergleichbar einem Luftkissenfahrzeug), dabei immer wieder kurzzeitig ins Wasser tauchen und sich so um ihre eigene Achse drehen. Die sich dabei aus dem Verband loslösenden Campher-Teilchen haben einen ansatzweise tensidähnlichen Aufbau (polare Carbonylgruppe mit unpolarem bicyclischem Alkylrest), so dass sie sich nach und nach auf der Wasseroberfläche "spreitend" verteilen und sie besetzen. Schließlich hört die Bewegung auf, da kein Wasserkontakt mehr möglich ist.
- Die sich auf der Wasseroberfläche verteilenden Tensid-Teilchen führen zur Aufweitung des Rings zu einer kreisrunden Fläche.

d) "Maschen"-Versuche:

- Die Oberflächenspannung des Wassers verhindert ein Hindurchtreten durch die Maschen des Mulls. Im gleichen Sinne macht sich der Luftdruck bemerkbar, der eine nach innen gerichtete Wölbung der Wasseroberfläche bewirkt. Bei Tensid-Zugabe erleichtert die niedrigere Oberflächenspannung ein Auslaufen durch die Maschen hindurch.
- Die Oberflächenspannung des Wassers verhindert ein Hindurchtreten durch die Maschen des Siebs. Bei Tensid-Zugabe erleichtert die niedrigere Oberflächenspannung ein Auslaufen durch die Maschen hindurch.

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V8: Vereinfachte Messung von Oberflächenspannungen

Geräte: dünner Drahtring (z.B. 15cm langer und 1mm dünner Kupferdraht mit glatt zusammengelöteten Enden), Nähgarn, Haken, 10mN-Federkraft-messer ("Federwaage")
Balkenwaage, Tarierschrot (bzw. Kugeln aus Gardinen-Bleischnur)
festes DIN A4-Briefpapier, Büroklammern
(gleichartige) 2ml- bzw. 5ml-Pipetten

Chemikalien: dest. bzw. Leitungswasser (Zimmertemperatur bzw. 60-70°C warm), klare, sehr verdünnte (0,1-1%ige) Tensid-Lösung (z.B. aus selbst-hergestellter Seife bzw. synthetisiertem Tensid bzw. Spülmittel [z.B. 6 Tropfen auf 100ml Wasser])
evtl. 5/10/15/20%ige Kochsalz- bzw. Zucker-Lösung
Ethanol [F], Pflanzenöl

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- a) Ringabreißmethode:
Drahtring an 3-4 Stellen so mit Nähgarn verknoten, dass sich eine stabile Halterung ergibt, die mit einem Haken an die Federwaage gehängt werden kann. Draht (nach jeweiliger Reinigung und Trocknung) in verschiedene Flüssigkeiten (s.o.) eintauchen und langsam herausziehen. Federwaage in dem Moment ablesen, wo sich Ring von Flüssigkeitsoberfläche löst.
Alternative: Halterung an einer Seite einer Balkenwaage (z.B. Apotheker-Handwaage oder Selbstbau) anstelle der Waagschale befestigen und Waage mit Tarierschrot ins Gleichgewicht bringen. Draht (nach jeweiliger Reinigung und Trocknung) in verschiedene Flüssigkeiten (s.o.) tauchen und Tarierschrot kugelförmig bis zum Abreißen zugeben. Anzahlen vergleichen.
- b) Kapillaraustropfmethode:
Aus voller 5ml-Messpipette genau 2ml (kaltes bzw. heißes) Wasser bzw. 0,1%ige und 1%ige Tensid-Lösung auslaufen lassen und Tropfen zählen.
Unter der Voraussetzung praktisch gleicher Dichte lässt sich aus dem Verhältnis der Tropfenzahlen und der Oberflächenspannung des Wassers von 72,5mN/m die (kleinere) Oberflächenspannung der Tensid-Lösungen berechnen.

Beobachtungen:
.....
.....

Auswertung:
.....
.....

Beobachtungen:

a) Ringabreißmethode:

Der Draht ring reißt bei folgenden Flüssigkeiten zunehmend später ab in der Reihenfolge:

Pflanzenöl < Ethanol < 1%ige Tensid-Lösung < 0,1%ige Tensid-Lösung < 20%ige Salz- bzw. Zucker-Lösung < 5%ige Salz- bzw. Zucker-Lösung < warmes Leitungswasser < warmes dest. Wasser < kaltes Leitungswasser < kaltes dest. Wasser

b) Kapillaraustropfmethode:

Die Tropfenzahl nimmt bei folgenden Flüssigkeiten ab in der Reihenfolge:

1%ige Tensid-Lösung > 0,1%ige Tensid-Lösung > warmes Wasser > kaltes Wasser

Auswertung:

a) Ringabreißmethode:

Die Oberflächenspannung nimmt in der angegebenen Reihenfolge zu.

b) Kapillaraustropfmethode:

Die Oberflächenspannung nimmt in der angegebenen Reihenfolge zu. Die Tensid-Lösungen besitzen einen Wert von ca. 30-35mN/m.

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V9: Experimente zum Benetzungsvermögen

- Geräte:** Tropfpipetten, Glasplatte, Klarsichtfolie, Büroklammer, Stecknadel, Reagenzgläser, Trinkglas (z.B. Bier-, Wein-, Sektglas), Becherglas, Brenner, Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Messer
- Chemikalien:** dest. bzw. Leitungswasser, klare, sehr verdünnte (0,1-1%ige) Tensid-Lösung (z.B. aus selbsthergestellter Seife bzw. synthetisiertem Tensid bzw. Spülmittel [z.B. 6 Tropfen auf 100ml Wasser])
Fett (z.B. Pflanzenöl oder Margarine oder Schweineschmalz oder Kokosfett)
Stearinsäure (Kerzenwachs), Palmitinsäure
Teppichbodenrest, Samt
Watte, Polyesterflocken (z.B. aus Kissenfüllungen)
Holzkohlepulver, Rußkrümel

Durchführung: **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**

- a) Wasserunlösliche Stoffe mit glatten Oberflächen:
- Auf (saubere) Glasplatte oder Klarsichtfolie je 2-3 Tropfen Wasser bzw. Tensid-Lösung getrennt voneinander geben, in (Overhead-) Projektion bzw. Aufsicht Tropfenform und Ablaufverhalten bei Schrägstellung beobachten. Auf weiteren Wassertropfen an (aufgebogener Büroklammerspitze) oder Nadelspitze hängendes Tröpfchen Tensid-Lösung geben.
 - Reagenzgläser in Leitungswasser bzw. Tensid-Lösung tauchen und Ablaufverhalten beim Herausnehmen vergleichen.
[Alternative: Trinkglas in Leitungswasser bzw. Tensid-Lösung tauchen und zum Abfließen umgekehrt hinstellen. Ablaufverhalten und Rückstände (nach selbständigem Trocknen) vergleichen.]
Reagenzgläser mit etwas Fett einreiben und Versuch wiederholen. Evtl. nach Eintauchen in Tensid-Lösung Fett verreiben und Reagenzglas erneut eintauchen, Emulsionsbildung beobachten.
 - Stearinsäure oder Palmitinsäure in zur Hälfte mit Wasser gefülltem Becherglas ohne Rühren zu 0,5-1cm dicker Schicht schmelzen, ohne Erschütterungen abkühlen lassen (evtl. zusätzlich 1-2 Stunden im Kühlschrank). Wachsartige Platte vorsichtig mit Spatel bzw. Messer von Glasrand lösen, dabei mit Fingern nur Rand anfassen. Platte senkrecht in kaltes Wasser eintauchen bzw. einzelne Wassertropfen auf Ober- bzw. Unterseite geben und Ablaufverhalten vergleichen.

Beobachtungen:

a) Wasserunlösliche Stoffe mit glatten Oberflächen:

- Wasser bildet nahezu kugelförmige Tropfen, die weitgehend als solche ablaufen, ohne die Platte bzw. Folie zu benetzen.
Tensid-Lösung bildet sehr flache Tropfen, die leicht verlaufen und mit einer langen bzw. breiten Spur ablaufen.
- Wasser perlt von der Glasoberfläche ab bzw. bleibt z.T. in kleinen Tropfen hängen. Beim selbständigen Trocknen bleiben an diesen Stellen Rückstände.
Tensid-Lösung läuft glatt ab, es bleiben nach selbständigem Trocknen keine Rückstände.
Wasser perlt von der Fettschicht ab.
In Tensid-Lösung verläuft die Fettschicht teilweise und es entsteht eine Trübung.
- Auf der (der Luft zugewandten) Oberseite bleibt das Wasser in Tropfen liegen bzw. perlt ab, auf der (dem Wasser zugewandten) Unterseite verlaufen die Wassertropfen zu einer größeren Fläche.

b) Wasserunlösliche Stoffe mit rauen Oberflächen:

- Der Wassertropfen wird lediglich eingedellt, verläuft aber nicht.
Der Tropfen Tensid-Lösung benetzt die Krümel vollständig und wird quasi "aufgesogen".
- Einzelne Wassertropfen bleiben auf dem Gewebe mit weitgehend kugeliger Form liegen und laufen als solche ab.
Die Tropfen Tensid-Lösung dringen sofort in das Gewebe ein und durchnässen es.
- Filterpapierschnipsel, Wattebausch oder Polyesterflocken bleiben zunächst auf der Wasseroberfläche liegen und sinken allenfalls sehr langsam unter.
Die Einsinkgeschwindigkeit bei Tensid-Lösung ist wesentlich größer.
- In heißem Wasser ist die Einsinkgeschwindigkeit deutlich größer.

Auswertung:

a) Wasserunlösliche Stoffe mit glatten Oberflächen:

- Aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers und fehlender starker Wechselwirkungen mit der Glas- bzw. Kunststoffoberfläche nimmt der Tropfen (*unter der Einwirkung der Schwerkraft eine etwas abgeflachte*) Kugelform ein, die auch beim Abflauen weitgehend erhalten bleibt: Die Oberflächen werden von Wasser nur schlecht "benetzt" (*Benetzung = Umhüllung der Oberfläche von Stoffen mit (Wasser-)Teilchen, d.h. Ersatz von angelagerten Teilchen (z.B. Luft-Teilchen) durch Wasser-Teilchen \neq Umnetzung = Ersatz von Wasser-Teilchen durch Tensid-Teilchen*). Die geringere Oberflächenspannung einer Tensid-Lösung führt zu einem starken Abflachen und teilweisen Verlaufen der Tropfen unter Bildung einer größeren Flüssigkeitsoberfläche: "entspanntes" Wasser wirkt stärker "benetzend", bei Verminderung der Oberflächenspannung nimmt also die Benetzbarkeit zu.
- s.o.
Im Leitungswasser gelöste (Mineral-)Stoffe fallen beim Verdunsten des Lösemittels aus und bilden sog. "Wasserflecken".
Zwischen den aufgrund ihres Aufbaus weitestgehend hydrophoben Fett-Teilchen und den Wasser-Teilchen bestehen nur sehr schwache Wechselwirkungen (*van-der-Waalssche-Wechselwirkungen*), so dass das Fett praktisch nicht benetzt wird. Die Tensid-Teilchen ermöglichen durch ihren Aufbau aus hydrophilem "Kopf" und hydrophobem "Schwanz" eine Vermischung von Wasser- und Fett-Teilchen in Form einer Emulsion (vgl. Seifen und Spülmittel V10).
- Die in der geschmolzenen Fettsäure frei beweglichen Teilchen orientieren sich vorzugsweise mit ihrem polaren Teil (*der Carboxylgruppe*) zu den (ebenfalls polaren) Wasserteilchen, mit ihrem unpolaren Teil (*dem langkettigen Alkylrest*) zu den (ebenfalls unpolaren) Luft-Teilchen. Beim Erkalten bleibt diese Orientierung erhalten, so dass ein Wassertropfen auf der Oberseite auf vorzugsweise unpolare Bereiche trifft und wegen fehlender (Dipol-Dipol-)Wechselwirkungen nicht zerteilt wird, während auf der Unterseite aufgrund von (Dipol-Dipol-)Wechselwirkungen zwischen Wasserteilchen und der Carboxylgruppe eine Zerteilung erleichtert wird.

b) Wasserunlösliche Stoffe mit rauen Oberflächen:

- Der Wassertropfen setzt wegen der Oberflächenspannung des Wassers einer Vergrößerung seiner Oberfläche einen Widerstand entgegen. Außerdem fehlen zu den Teilchen an der Kohle- bzw. Ruß-Oberfläche ähnlich starke Wechselwirkungen, wie sie die Wasser-Teilchen untereinander und aufeinander ausüben.
Die geringere Oberflächenspannung einer Tensid-Lösung ermöglicht eine Vergrößerung der Flüssigkeitsoberfläche: Die Krümel werden durch die Tensid-Lösung benetzt, indem sich die Tensid-Teilchen mit ihrem unpolaren Teil an die Oberfläche lagern und im Gefolge Wasser-Teilchen (auch unter Verdrängung vorhandener Luft-Teilchen) "nachziehen".
- s.o.
- s.o.
- Wegen der größeren Beweglichkeit der Wasserteilchen in heißem Wasser ist ihr Zusammenhalt (also die Wirkung der Anziehungskräfte) untereinander und damit auch an der Oberfläche schwächer: Bei höherer Temperatur ist die Oberflächenspannung geringer, eine Benetzung wird erleichtert.

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V10 Experimente zur Dispergierfähigkeit (Emulgier- bzw. Suspendierfähigkeit) und zum Schmutztragevermögen

- Geräte:** Reagenzgläser, Filtriergeräte, Filterpapier (größere Porenweite, z.B. "Schwarzband"), Petrischalen, Glasstäbe, Lupe, 3-5mm dickes Woll-, Baumwollgarn Stoffstücke (z.B. 2·2cm² Baumwolle- oder Leinen-Läppchen), Draht, 100ml-Erlenmeyerkolben mit Stopfen
- Chemikalien:** Leitungswasser, (Hand-)Geschirrspülmittel
Pflanzenöl
Ruß (oder Holzkohlepulver, Braunstein, Aluminiumbronze)
Fett (z.B. Margarine)
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
- a) Bildung von Emulsionen:
- In zwei Reagenzgläsern jeweils ca. 4ml Wasser mit ca. 1ml Pflanzenöl überschichten, in zweites Reagenzglas zusätzlich 1 Tropfen Spülmittel geben. Nach ca. 5min Stehen lassen Grenzfläche zwischen beiden Flüssigkeiten beobachten, dann beide Reagenzgläser ca. 10sec gleichartig schütteln, Aussehen und Entmischungszeiten vergleichen.
 - Filtriergerät zusammenbauen und gefaltetes Filterpapier mit Pflanzenöl gleichmäßig befeuchten, dann ca. 5ml Wasser aufgießen. Parallelversuch mit zusätzlich 1 Tropfen Spülmittel durchführen. Filtrat nach ca. 5min erneut beobachten.
 - Petrischale auf Overheadprojektor zur Hälfte mit Wasser füllen, 2-4 Tropfen Pflanzenöl hinzufügen, intensiv mit Glasstab verteilen und 1-2min stehen lassen. Parallelversuch mit zusätzlich 1 Tropfen Spülmittel durchführen.
 - Zwei (dicke) Wollfäden mit Pflanzenöl einreiben und in Bechergläsern mit ca. 80ml Wasser bzw. zusätzlich 1 Tropfen Spülmittel mit Glasstab schwenken und Fettablösung mit Lupe betrachten.

b) Bildung von Suspensionen:

- In zwei Reagenzgläsern zu 3-4ml Wasser Spatelspitze Ruß o.ä. geben, zu zweitem außerdem 1 Tropfen Spülmittel hinzufügen. Verteilung des Feststoffs (ggf. mit Lupe) beobachten, dann beide Reagenzgläser ca. 10sec gleichartig schütteln und nach ca. 5min erneut beobachten.
- Filtriergerät zusammenbauen und auf angefeuchtetes (nicht zu engporiges) (Falten-) Filterpapier Spatelspitze Ruß o.ä. geben, dann ca. 5ml Wasser aufgießen und Filtrat in Reagenzglas mit ca. 2ml Wasser sammeln. Parallelversuch mit zusätzlich 1 Tropfen Spülmittel durchführen. Nach ca. 5min erneut beobachten.
- Zwei Petrischalen (ggf. auf Overheadprojektor) zur Hälfte mit Wasser füllen, in zweiter 1 Tropfen Spülmittel verteilen. Fäden oder Ringe aus Woll- oder Baumwollgarn intensiv mit trockenem Ruß o.ä. anschmutzen, Rückstände abklopfen. In beide Schalen einen Faden legen und Rußablösung (in Projektion oder mit Lupe) beobachten und vor/nach Umrühren vergleichen.
- Unterseite von Porzellanschale mit leuchtender Brennerflamme oder Kerze berußen und dann mit Filterpapier abwischen. Papier zerschneiden und Stücke in Reagenzgläsern mit ca. 10ml Wasser ohne/mit 1 Tropfen Spülmittel gleichartig schütteln und absetzen lassen.

Stoffstücke mit Mischung aus Fett und Holzkohle einreiben und an Draht befestigt in Mitte von 100ml-Erlenmeyerkolben hängen, die (kaltes bzw. warmes) Wasser sowie (kalte bzw. warme) Spülmittel-Lösung enthalten. Ca. 5min lang Schmutzablösung und -verteilung vergleichen, ebenfalls nach gleichartigem Schütteln.

Fett auf Uhrglas oder Petrischale dünn ausstreichen, Wasser bzw. Tensid-Lösung zugeben und mit Lupe oder in Projektion Fettablösung und -verteilung vergleichen.

Beobachtungen:

a) Bildung von Emulsionen:

- Pflanzenöl schwimmt auf dem Wasser, und es ist eine deutliche Grenzfläche zwischen beiden flüssigen Phasen erkennbar, die sich auch beim Stehen lassen nicht verändert. Beim Schütteln wird das Öl in kleine Tröpfchen zerteilt und zunächst im Wasser verteilt, aber schon nach kurzer Zeit tritt eine Entmischung ein und die obige Grenzfläche bildet sich wieder.
Bei Zusatz von Spülmittel tritt an der Grenzfläche zwischen Wasser und Öl eine zunehmende Trübung auf, die sich beim Schütteln gleichmäßig im Wasser verteilt und auch nach längerer Zeit nur wenig verändert, so dass allenfalls eine teilweise Entmischung zu beobachten ist.
- Das Wasser läuft nur sehr langsam durch das Filter und nimmt nur wenig Öl mit.
Bei Zusatz von Spülmittel läuft das Wasser deutlich schneller und getrübt durch das Filter.
- Das Öl wird beim Umrühren in mehrere Tropfen zerteilt, die sich nach kurzer Zeit meist zu einem einzigen Tropfen wieder vereinigen.
Bei Zusatz von Spülmittel wird das Öl beim Umrühren in noch mehr und kleinere Tropfen zerteilt, die zumeist voneinander getrennt bleiben und sich höchstens sehr langsam zu etwas größeren Tropfen zusammenlagern.
- Im Wasser schwimmen die Wollfäden, das Öl löst sich nur ansatzweise in größeren Tropfen ab.
Bei Zusatz von Spülmittel gehen die Wollfäden bald unter, das Öl wird in kleinen Tropfen unter Eintrübung weitgehend von der Faser losgelöst und abgeschwemmt.

b) Bildung von Suspensionen:

- Ruß schwimmt auf dem Wasser und kehrt auch nach dem Schütteln schnell wieder an die Oberfläche zurück.
Bei Zusatz von Spülmittel sinken Rußkörnchen nach unten und bleiben nach dem Schütteln im Wasser (teilweise auch schwebend) verteilt.
- Das Wasser läuft klar durch das Filter, der Ruß bleibt zurück.
Bei Zusatz von Spülmittel läuft das Wasser getrübt durch das Filter, lediglich Restbestände an Ruß bleiben zurück.
- Im Wasser bleibt der Ruß auch nach Umrühren größtenteils an den schwimmenden Fäden haften.
Bei Zusatz von Spülmittel wird der Ruß losgelöst und im Wasser verteilt, die Fäden sinken unter.
- In Wasser wird der Ruß von den Papierschnipseln auch beim Schütteln kaum entfernt.
Bei Zugabe von Spülmittel werden die berußten Papierstücke "sauber" und der Ruß im Wasser verteilt.

In kaltem Wasser werden Fett und Holzkohle praktisch nicht von der Faser abgelöst, in warmem Wasser nur teilweise.

In der Tensid-Lösung wird der Schmutz von der Faser losgelöst und verteilt, in warmer Tensid-Lösung noch schneller.

Auswertung:

a) Bildung von Emulsionen:

- Wasser und Öl mischen sich nicht dauerhaft, da die Wasser-Teilchen starke Wechselwirkungen aufeinander ausüben (vor allem Wasserstoffbrücken-Wechselwirkungen), so dass die Öl-Teilchen wegen fehlender ähnlicher Wechselwirkungen nicht lange zwischen den Wasser-Teilchen bleiben können.
Bei Zugabe eines Tensids bildet sich eine weitgehend stabile Emulsion, bei der das Öl in kleine Tröpfchen zerteilt im Wasser gleichmäßig verteilt wird: Die Tensid-Teilchen dringen mit ihrem hydrophoben (= lipophil, also fettliebenden) Teil wegen ähnlicher Wechselwirkungen zu den Öl-Teilchen in das Öl ein, so dass der hydrophile (= lipophil, also fettfeindliche) "Kopf" den Wasser-Teilchen zugekehrt wird. Aufgrund der Struktur der Tensid-"Köpfe" stoßen sich die einzelnen Öltröpfchen untereinander ab, bleiben somit voneinander getrennt und vereinigen sich (vorausgesetzt, genügend Tensid ist in dem Gemisch) nur sehr schwer wieder zu einem größeren Tropfen.
- s.o.
- s.o.
Anders ausgedrückt: Die Oberflächenspannung des Wassers verhindert eine dauerhafte Verteilung des Öltropfens im Wasser, da bei mehreren Öltröpfchen das Wasser eine insgesamt größere Grenzfläche zum Öl einnehmen müsste als bei einem einzigen, vom Gesamtvolumen her gleich großen Tropfen.
- In Wasser verhindern der starke Zusammenhalt der Wasser-Teilchen sowie nur sehr schwache van-der-Waalssche-Wechselwirkungen eine Ablösung des Öls von der Faseroberfläche und damit deren Benetzung, so dass der Faden zunächst schwimmt.
Bei Zugabe eines Tensids umhüllen die Tensid-Teilchen mit ihren hydrophoben Bereichen das Öl, die verstärkte Abstoßung der polaren "Köpfe" führt unter Bildung einer Emulsion zu einer Zerteilung größerer Tropfen, so dass sich weitere Tensid-Teilchen dazwischen drängen können und schließlich das Öl von der Faseroberfläche abgestoßen wird. Da diese ebenfalls von Tensid-Teilchen besetzt wird, stoßen sich die außen liegenden polaren Bereiche von Öltröpfchen und Faseroberfläche ab: Das Öl lagert sich nicht wieder auf der Faser ab, die Tensid-Lösung besitzt ein sog. Schmutztragevermögen. Außerdem kann die Faseroberfläche durch die Vermittlung der Tensid-Bindeglieder auch von Wasser-Teilchen umhüllt werden: Der Faden wird letztlich von Wasser benetzt und sinkt ab.

b) Bildung von Suspensionen:

- Da entsprechende Wechselwirkungen zu Teilchen an der Ruß-Oberfläche fehlen, halten die Wasser-Teilchen nur untereinander fest zusammen und umhüllen die Rußkörnchen nur ungerne, da dies auch zu einer Vergrößerung der Wasseroberfläche führen würde: Trotz der größeren Dichte ($2,2\text{g/cm}^3$) sinkt der Ruß nicht nach unten.
Bei Zugabe eines Tensids treten die Tensid-Teilchen über ihre unpolaren Bereiche mit Teilchen an der Ruß-Oberfläche in Wechselwirkung, umhüllen die Rußkörnchen, die dadurch einerseits über die außen liegenden polaren Bereiche der Tensid-Teilchen auch durch Wasserteilchen umgeben werden, andererseits aufgrund der gegenseitigen Abstoßung der polaren Tensid-"Köpfe" sich nicht mehr zusammenlagern: Die Rußkörnchen schweben bzw. sinken fein zerteilt nach unten.
- Da die Rußkörnchen von Wasser praktisch nicht benetzt (= umhüllt) werden, bleiben sie zusammengeballt: Der Ruß läuft nicht durch die "Maschen" des Filterpapiers.
Bei Zugabe eines Tensids wird diese Ruß-Zusammenballung zerteilt (s.o.), so dass kleinere Rußkörnchen zusammen mit ihrer Tensid-Hülle durch die "Löcher" im Filterpapier schlüpfen können, falls die Filterporen nicht zu klein sind.
- Analog zur Ölablösung (s.o.)
- Analog zur Ölablösung (s.o.)

Analog zur Ölablösung (s.o.)

Aufgrund der größeren Teilchenbeweglichkeit bei Zufuhr von Wärmeenergie und des damit einhergehenden weniger starken Zusammenhalts der Wasser-Teilchen können diese teilweise schon Öltropfen und Rußkörnchen von der Faser Oberfläche verdrängen, die sich bei tieferer Temperatur allerdings wieder darauf ablagern könnten.

Eine warme Tensid-Lösung wirkt dementsprechend schneller als eine kalte.

Zusammenfassung:

Dispergierwirkung:

Zer- und Verteilung von festem oder flüssigem Schmutz in der Waschflüssigkeit, deren schmutzablösende Wirkung durch zunehmende Anlagerung von Tensid-Teilchen mit ihrem hydrophoben Teil an die Oberfläche des (ebenfalls meist hydrophoben) Schmutzes sowie der Unterlage erklärt werden kann. Damit geht einher die Abstoßung zwischen den hydrophilen Teilen der an Schmutz und Unterlage angelagerten Tensid-Teilchen, die außerdem die Wiederablagerung von Schmutz verhindert und damit für eine schmutztragende Wirkung der Waschflüssigkeit verantwortlich ist.

Dispersion (dispergare, lat. = zerteilen, verbreiten):

Oberbegriff für (inhomogene) Gemische, bei denen feste oder flüssige Stoffe fein verteilt sind in einer Flüssigkeit (Suspension bzw. Emulsion) oder einem Gas (Aerosol, d.h. Rauch oder Nebel):

f /fl: Suspension (suspendere, lat. = schweben)

fl/fl: Emulsion (emulgere, lat. = ausmelken)

f /g : Rauch

fl/g : Nebel

S E I F E N u n d S P Ü L M I T T E L

V11: Rezepte zur Herstellung von ("Jumbo"-)Seifenblasen

- Geräte:** Bechergläser, Plastikschüsseln, Töpfe o.ä.
große, flache Schale, (mit Baumwolle umwickelter)
Drahtring (Durchmesser 15-20cm) mit Griff
Reagenzgläser mit Stopfen
- Chemikalien:** dest. Wasser, Seifenflocken, Zucker, Glycerin
(mind. 85%ig), Natrium-dioctylsulfosuccinat (Best.-
Nr. 2970, Merck Darmstadt), lineares Alkylbenzolsulfo-
nat (LAS), Fettalkoholsulfat (FAS), Traubenzucker
(Glucose), Pustefix-Konzentrat, Tensid-Lösung
(z.B. Spülmittel), Allesreiniger)
Natriumsalze der Ethan-, Butan-, Hexan-,
Octan-, Decan-, Dodecan-, Tetradecan-, Hexadecan-,
Octadecansäure
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
- a) nach SATO, Journal of Chem. Ed. 65, 616 (1988):
- 15g Seifenflocken in 1500ml dest.Wasser lösen und un-
ter leichtem Rühren mit Lösung von 40g Zucker in
460ml Wasser vermischen.
 - 200ml Spülmittel und 40ml Glycerin in 1260ml dest.
Wasser lösen und unter leichtem Rühren mit Lösung von
40g Zucker in 460ml Wasser vermischen.
- b) nach PÜTZ, Hobbythek-Buch Nr.10:
- 20g anionisches Tensid (z.B. Natrium-dioctyl-sulfo-
succinat, Seifenflocken, LAS, FAS o.ä.) in Gemisch
aus 500ml dest. Wasser und 400ml Glycerin unter
schwachem Erwärmen auf max. 60-80°C lösen, darin 400g
Traubenzucker (ersatzweise Puderzucker) lösen und
Gemisch ca. 60min stehen lassen.
 - 150ml Pustefix-Konzentrat mit 350ml dest. Wasser und
100ml Glycerin vermischen.
 - 4 Volumenteile Tensid-Lösung (s.o.) mit 2 Volumen-
teilen dest. Wasser und 1-2 Volumenteil Glycerin
vermischen.
 - 5 Volumenteile Tensid-Lösung (s.o.) mit
4 Volumenteil Glycerin und 1 Volumenteil dest.
Wasser vermischen.
 - 12,5g Natriumoleat in 500ml dest. Wasser lösen, 300ml
Glycerin zugeben.
- c) nach BUBLATH, Das Knoff-Hoff-Buch 1:
- 5 Esslöffel Spülmittel und 1 Teelöffel Glycerin in 2l
Wasser lösen.
- d) Nach UNBEKANNT:
- 3 Volumenteile Wasser, 2 Volumenteile Glycerin und 1
Volumenteil Spülmittel vermischen.

Farbige Seifenblasen: Fertige Lösung schwach anfärben mit basischem
(= kationischem) Farbstoff (z.B. Fuchsin, Malachitgrün, Kristallviolett,
Methylenblau).

Zusatzversuch: Strukturabhängigkeit des Schaumbildungsvermögens: (Mikro-)Spatelspitze der angegebenen Natriumsalze (ggf. unter Erwärmen) in 4ml Wasser lösen. Mit Stopfen verschlossene Reagenzgläser nacheinander gleichartig schütteln und Schaumbildung vergleichen.

Auswertung:

Beim Schütteln einer Tensid-Lösung oder beim Hineinpusten gelangen Luftblasen, in denen sich im wesentlichen nur unpolare Teilchen befinden, in die Flüssigkeit. Dabei entstehen im Gegensatz zu reinem Wasser ein haltbarer Schaum bzw. "Seifenblasen", deren Hülle aus einer doppelten Schicht von Tensid-Teilchen besteht, bei der die hydrophoben Bereiche auf sowohl der Innen- wie der Außenseite der Blase in die Luft, die hydrophilen Bereiche dagegen nach innen in die die Seifenblase begrenzende "Wasser"-Schicht ragen.

Zur Steigerung der Größe und Haltbarkeit von Seifenblasen ist neben dem geeigneten (meist anionischen) Tensid auch noch der Zusatz von Feuchthaltemitteln wie Glycerin bzw. Verdickungsmitteln wie Alginaten oder Tylose erforderlich.

Zum Anfärben sind basische Farbstoffe (z.B. Fuchsin, Methylviolett, Kristallviolett, Malachitgrün oder Methylenblau) am besten geeignet, da die kationischen Farbstoff-Teilchen mit der anionischen Gruppierung des Tensids gut in Wechselwirkung treten können.

Zusatzversuch: Strukturabhängigkeit des Schaumbildungsvermögens:

Beobachtungen:

Die Schaumbildung beginnt etwa ab Natriumoctanat, erreicht etwa bei Natriumtetradecanat ein Maximum und nimmt danach wieder ab.

Auswertung:

Stabile Schaumblasen entstehen offenbar nur dann, wenn der hydrophobe Bereich des Tensid-Teilchens eine optimale Größe besitzt. Eine Schaum- oder Seifenblase ist dabei aus einer Doppelschicht von Tensid-Teilchen aufgebaut, bei der die hydrophoben Bereiche der Innen- bzw. Außen-Luft zugewandt sind, die hydrophilen Bereiche sich unmittelbar benachbart sind, wobei die eigentlich zu erwartende verstärkte Abstoßung der polaren Gruppen durch Wasser-Teilchen bzw. die entsprechenden Gegen-Ionen verhindert wird.

S E I F E N und S P Ü L M I T T E L

Als Seifen bezeichnet man allgemein die Salze langkettiger Carbonsäuren (*bei denen zumeist 12-18 C-Atome unverzweigt miteinander verbunden sind*). Meist handelt es sich dabei um die Natrium-Salze (sog. Kernseifen) oder die Kalium-Salze (sog. Schmierseifen) nicht nur einer bestimmten Carbonsäure, sondern um ein Gemisch verschiedenartiger Carbonsäuren (*die in den als Rohstoffen verwendeten Fetten mit dem mehrwertigen Alkohol Glycerin verestert sind*): Aus pflanzlichen Fetten ("Ölen") entstehen durch sog. "Verseifung" (*d.h. Ester-Spaltung*) mit Natron- oder Kalilauge überwiegend die Salze der Laurin-, Myristin- und Palmitinsäure (*gesättigte C_{12} -, C_{14} - und C_{16} -Carbonsäure*) sowie der Ölsäure (*ungesättigte C_{18} -Carbonsäure*), aus tierischen Fetten die Salze der Palmitin- und Stearinsäure (*gesättigte C_{18} -Carbonsäure*) sowie der Ölsäure.

Die Reinigungswirkung der Seifen beruht im wesentlichen darauf, dass die Oberflächenspannung des Wassers herabgesetzt wird (*daher der Sammelname "Tenside" [tensus, lat = gespannt] für oberflächenaktive Stoffe*), wodurch der Schmutz besser benetzt, emulgiert bzw. suspendiert und somit abgelöst werden kann. Der Grund für diese Wirkungen liegt in der Struktur der Seifen-Teilchen: Der Carbonsäure-Rest besteht aus einer langkettigen Kohlenwasserstoff-Gruppe, die unpolar gebaut ist und dadurch "wasserfeindlich" ("hydrophob") wirkt sowie einer kurzen, negativ geladenen und polaren Carboxylat-Gruppe, die den "wasserfreundlichen" ("hydrophilen") Bereich des Teilchens darstellt ("Streichholz"-Modell). Hierdurch orientieren sich die Teilchen mit ihrem polaren "Kopf" zu einer ebenfalls polaren Umgebung (z.B. Wasser), mit ihrem unpolaren "Schwanz" hingegen zu einer unpolaren Umgebung (z.B. Luft, fettiger Schmutz).

Seifen besitzen folgende Nachteile:

- Als Salze einer schwachen Säure und einer starken Lauge haben ihre wässrigen Lösungen einen pH-Wert von 10-11 (bei der Schmierseife sogar von 12-13 wegen eines Restgehalts an Kalilauge, der aus dem pastösen Produkt nur schwer zu entfernen ist). Dadurch wird der "Säure-Schutzmantel" der Haut angegriffen, der sich allerdings im Normalfall nach gutem Abspülen von Seifenresten in ca. 30min regeneriert.
- Seifen sind härteempfindlich, d.h. sie bilden mit den im Leitungswasser vorhandenen Härte-Bildnern schwerlösliche Magnesium- und vor allem Calcium-Salze (sog. Kalk-Seifen), die nicht mehr waschaktiv sind und als Ablagerungen in Waschbecken und Badewannen sowie auf Händen und Textilien erscheinen.
- Seifen sind (*als Salze einer schwachen Säure und einer starken Lauge*) säureempfindlich und daher nicht in sauer reagierenden Reinigern zu verwenden (*durch Bildung der freien Carbonsäuren nach Säurezugabe geht die oberflächenaktive Wirkung stark zurück, da die Polarität der COOH-Gruppe im Vergleich zur COO--Gruppe deutlich niedriger ist*).

Der Ersatz der Carboxylat-Gruppe durch andere negativ geladene Gruppen (z.B. *Sulfonsäure- oder Sulfat-Reste*) führt zu "synthetischen Detergentien" ("Syndets"), die gegenüber Seifen folgende Vorteile besitzen:

- Als Salze einer starken Säure und einer starken Lauge haben ihre wässrigen Lösungen einen pH-Wert von etwa 6-7, greifen also den "Säure-Schutzmantel" der Haut kaum an.
- Sie sind weniger härteempfindlich, da kaum schwerlösliche Magnesium- bzw. Calcium-Salze gebildet werden.
- Sie sind (*als Salze einer starken Säure und einer starken Lauge*) kaum säureempfindlich und daher problemlos in sauren Reinigern zu verwenden.

Erwähnenswert ist aber auch ein deutlicher Nachteil: Sie wirken auf die Haut oft stark entfettend, wodurch gerade trockene Haut zu schnell quillt und schrumpft, da sie wegen der fehlenden Fettschicht durch übermäßige Wasseraufnahme zum einen schnell weich, zum anderen durch leichte Wasserabgabe schnell spröde und rissig wird, so dass Krankheitserreger leichter eindringen können, Schmutz besser haften bleibt. Durch Zusatz rückfettender Stoffe lässt sich allerdings dieser Nachteil verringern.

Synthetische Tenside (*anionische mit negativ geladenen bzw. nichtionische mit ungeladenen polaren Gruppen*) finden sich als oberflächenaktive Substanzen zur Schmutzablösung in fast allen Reinigungsmitteln, in hohen Konzentrationen (25-30%) vor allem in (Hand-)Geschirrspülmitteln.

Weitere Tensid-Typen (*z.B. kationische mit positiv geladenen oder amphotere mit sowohl positiv wie negativ geladenen polaren Gruppen*) sind wesentliche Bestandteile von Weichspülern oder Shampoos.

Rezepte zur Herstellung von "alternativen" Reinigungsmitteln (nach Lit. E12)

V1: "Alternatives" Maschinen-Geschirrspülmittel

- Geräte:** 100ml-Becherglas, (Plastik-)Löffel,
10ml-Messzylinder, Waage, evtl. Sprühflasche
- Chemikalien:** Natriumcarbonat-Decahydrat ("Soda"), Zitronensäure,
Stearinsäure (gekörnt), Seifenflocken, Glycerin,
dest. Wasser
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
20g Soda mit 2g Zitronensäure, 1g Stearinsäure und
3g Seifenflocken in 100ml-Becherglas mit Löffel-
stiel gut vermischen und 1ml Glycerin einrühren.
Um eine Entmischung zu verhindern, unter andauern-
dem Rühren 2ml Wasser aufsprühen.
- Haltbarkeit:** 6 Monate
- Hinweise:** Nur in Spülmaschinen mit funktionierender Wasser-
enthärtungsanlage verwenden (evtl. Wasserhärte mit
Teststäbchen prüfen).

V2: "Alternativer" Klarspüler

- Geräte:** 100ml-Becherglas, (Plastik-)Löffel,
10ml-Messzylinder, Waage
- Chemikalien:** Zitronensäure, Glycerin, Ethanol, Hand-Geschirr-
spülmittel, dest. Wasser
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
In 100ml-Becherglas 3g Zitronensäure in 10ml
Wasser lösen und nacheinander jeweils 1ml
Glycerin, Ethanol und Hand-Geschirrspülmittel mit
Löffelstiel gut einrühren, ohne dass zuviel Schaum
entsteht.
- Haltbarkeit:** 6 Monate

V3: "Alternatives" Scheuerpulver "extra fein"

- Geräte:** 100ml-Becherglas, (Plastik-)Löffel, Waage, Mörser
mit Pistill
- Chemikalien:** Calciumcarbonat ("Schlämmeerde"), Natriumcarbonat-
Decahydrat ("Soda"), Seifenflocken, Zitronenöl
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
5g Seifenflocken möglichst fein pulverisieren und
mit 15g Schlämmeerde und 8g Soda in 100ml-Becher-
glas mit Löffelstiel gut vermischen und 1-2 Trop-
fen Zitronenöl einrühren.
- Haltbarkeit:** 8 Monate

V4: "Alternative" Scheuermilch

- Geräte:** 100ml-Becherglas, (Plastik-)Löffel, Waage, Wasserbad
- Chemikalien:** Schmierseife, Kaliumcarbonat ("Pottasche"), Calciumcarbonat ("Schlammkreide"), Zitronenöl, dest. Wasser
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
In einem 100ml-Becherglas einen gestrichen vollen Teelöffel Schmierseife mit 1g Pottasche und 40ml Wasser unter Rühren im Wasserbad erwärmen, bis sich die Schmierseife völlig gelöst hat. Außerhalb des Wasserbades 4g Schlammkreide und 1-2 Tropfen Zitronenöl unterrühren.
- Haltbarkeit:** 3 Monate
- Hinweise:** Vor Gebrauch schütteln.
Gut geeignet zur Reinigung von Herdplatten und Keramikfeldern.

V5: "Alternativer" WC-Reiniger flüssig

- Geräte:** 100ml-Becherglas, (Plastik-)Löffel, 10ml-Messzylinder, Waage
- Chemikalien:** Zitronensäure, Hand-Geschirrspülmittel, Zitronenöl, dest. Wasser
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
3g Zitronensäure in 25ml Wasser lösen und Gemisch von 1ml Hand-Geschirrspülmittel und 1-2 Tropfen Zitronenöl einrühren.
- Haltbarkeit:** 3 Monate

V6: "Alternativer" Entkalker

- Geräte:** 100ml-Becherglas, (Plastik-)Löffel, Waage
- Chemikalien:** Zitronensäure, 5%ige Essigsäure-Lösung ("Essig")
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
In 50ml Essig 5g Zitronensäure lösen.
- Haltbarkeit:** 8 Monate
- Hinweise:** Kalkbeläge an Armaturen und in Waschbecken oder Badewannen mit warmer 1:10 verdünntem Entkalker-Lösung entfernen, **gründlich** nachspülen.
Kaffeemaschinen und Heißwassergeräte mit unverdünntem Entkalker erhitzen, mehrfach nachspülen.

V7: "Alternative" Handwaschpaste

- Geräte:** 100ml-Becherglas, (Plastik-)Löffel,
10ml-Messzylinder, Waage
- Chemikalien:** Schmierseife, feines Sägemehl, feiner (Vogel-) Sand oder Schlämmkreide, Lanolin, Pflanzenöl (z.B. Soja-Öl), Glycerin, Zitronenöl oder Rosmarinöl, dest. Wasser
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
10g Schmierseife mit 0,5g Lanolin und 0,5ml Pflanzenöl vermischen, 0,5ml Glycerin, 10 Tropfen Zitronen- oder Rosmarinöl sowie 2ml Wasser einrühren und jeweils 3g feines Sägemehl und Sand oder Schlämmkreide einarbeiten.
- Haltbarkeit:** 1 Monat

V8: "Alternative" Insektenabwehr

- Geräte:** Gasbrenner, Dreifuß mit Keramikdrahtnetz, Tiegelflange, 10ml-Messzylinder, Holzstab ("Schaschlik-Spieß")
- Chemikalien:** Teelicht, Eukalyptus-Öl
- Durchführung:** **SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!**
Teelicht mit kleiner Flamme erwärmen, bis alles Wachs geschmolzen ist, dann mit Holzstab 1ml Eukalyptus-Öl einrühren
- Haltbarkeit:** 2 Monate

L I T E R A T U R / M E D I E N zum Thema R E I N I G U N G S M I T T E L

A) LEHR- UND SACHBÜCHER:

- 1) RÖMPP, Chemielexikon, Franckh Stuttgart 1962
- 2) VOLLMER, FRANZ, Chemische Produkte im Alltag, dtv Stuttgart 1985
- 3) VOLLMER, FRANZ, Chemie in Bad und Küche, dtv Stuttgart 1991
- 4) ROTH, Hausmittellexikon, ecomed Landsberg 1982
- 5) STACHE, GROSSMANN, Waschmittel, Springer Berlin 1985
- 6) WILDBRETT, Technologie der Reinigung im Haushalt, Ulmer Stuttgart 1981
- 7) BOHMERT, Hauptsache sauber?, Henkel Düsseldorf 1988
- 8) SCHOLZ-WEIGL, Experimente mit Tensiden, Hüls AG, FEA 25 PB 16 (1989)
- 9) RAAF, Chemie des Alltags A-Z, Herder Freiburg 1990
- 10) HOLLEMANN-WIBERG, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, de Gruyter Berlin 1985
- 11) ORLAND, Wäsche waschen, Deutsches Museum/Rowohlt Reinbek 1991
- 12) SELINGER, Chemistry in the marketplace, Harcourt Brace Jovanovich Publishers Sidney/London/Toronto

B) SCHULBÜCHER/UNTERRICHTSMATERIALIEN:

- 1) GUST, HEIDORN, Seife - gestern und heute, Soznat Marburg 1984
- 2) PHILIPP, Waschmittel und Umweltschutz, Bayerischer Schulbuchverlag München 1985
- 3) BUKATSCH, GLÖCKNER, Experimentelle Schulchemie Bd.8, Aulis Köln 1977
- 4) JUST, HRADETZKY, Chemische Schulexperimente Bd.4, Deutsch Frankfurt 1987
- 5) MOTHES, LEDIG, Chemie I in Unterrichtsbeispielen, Aulis Köln 1970
- 6) EISENBARTH, Seifen und Waschmittel, Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart 1984
- 7) REISS, Alltagschemie im Unterricht, Aulis Köln 1986
- 8) BUKATSCH, KRÄTZ, PROBECK, SCHWANKNER, So interessant ist Chemie, Aulis Köln 1987
- 9) KUHLMANN, Kosmetika, Wasch- & Reinigungsmittel, Hessisches Institut für Lehrerfortbildung Fuldata 1990
- 10) BÜCKING u.a., Kosmetika und Waschmittel, Hessisches Institut für Lehrerfortbildung Fuldata 1990
- 11) VACLAVICEK, Projektorientierte Unterrichtseinheit "Waschen und Waschmittel", Schülerarbeitsheft und Lehrerband, Klett Stuttgart 1982
- 12) BLOHM, GOTTWALD, MALLOW, SALINGER, Didaktische Informationen "Waschmittel", Senator für Schulwesen, Berufsausbildung und Sport Berlin 1985

- 13) BENDEL, Chemie - eine ganz alltägliche Sache, Franckh
Stuttgart 1987
- 14) EILERS, Schad- und Fremdstoffe in Haushalt und Umwelt,
Schroedel Hannover 1988
- 15) BLUME, BADER, Umweltchemie im Experiment, Scriptor Frankfurt
1989
- 16) LUTZ, SCHÄFER, Zeolithe, Verlag Dr. Flad Stuttgart 1990
- 17) VACLAVICEK, Arbeitsblätter Seifen und Waschmittel SI, Klett
Stuttgart 1992

C) AUFSÄTZE IN FACHZEITSCHRIFTEN:

- 1) HILDENBRAND, Seife und waschaktive Substanzen, NiU P/C
26,19(1978)
- 2) Themenheft "Waschen und Waschmittel", NiU-P/C 30,33(1982)
- 3) Themenheft "Waschmittel", PdN-Ch 37,1(1988)

D) INDUSTRIE-INFORMATIONSMATERIAL:

Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und
Waschrohstoff-Industrie e.V.(TEGEWA)
Karlstr. 21; 60329 FRANKFURT

Industrieverband Körperpflege und Waschmittel e.V. (IKW)
Karlstr. 21; 60329 FRANKFURT

HENKEL KGaA
Henkelstr. 67; 40191 DÜSSELDORF

JOH. A. BENCKISER GmbH
Postfach 210167; 67001 LUDWIGSHAFEN

YANKEE POLISH LÜTH GmbH&Co
Postfach 1460; 21462 REINBEK

THOMPSON GmbH
Postfach 1100; 40191 DÜSSELDORF

ERDAL - REX GmbH
Postfach 4340; 55033 MAINZ

COLGATE-PALMOLIVE GmbH
Postfach 740260; 22092 HAMBURG

DALLI-Werke
Postfach 1240; 52220 STOLBERG

LEVER GmbH
Postfach 104180; 20028 HAMBURG

PROCTER & GAMBLE
Postfach 5760; 65820 SCHWALBACH

LUHNS GmbH
Postfach 200534; 42205 WUPPERTAL

BÖHME Chemie GmbH
Postfach 1121; 40029 DÜSSELDORF

BURNUS GmbH
Postfach 4241; 642?? DARMSTADT

ROTH GmbH
Postfach 1252; 56119 BAD EMS

REINELT GmbH&Co KG
Am Straßbach 5; 61141 FRIEDBERG

DOMESTOS
Postfach 5631; 65731 ESCHBORN

HÖHN & HÖHN Haushaltspflege
42789 HAAN

CENTRALIN
40822 METTMANN
HOFFMANN's Stärkefabriken AG
32102 BAD SALZUFLEN
BARNÄNGEN Deutschland GmbH
Postfach 1969; 50209 FRECHEN
Sagrotan HINDS GmbH
22??? HAMBURG-NORDERSTEDT
JOHNSON & JOHNSON GmbH
Kaiserswerther Str. 270; 40474 DÜSSELDORF
JOHNSON WAX GmbH
42789 HAAN
DRECO Chem. Fabrik GmbH
August-Schmidt-Str. 1-7; 52477 ALSDORF
WK-Deutschland GmbH
Im Teilbruch 40; 45219 ESSEN-KETTWIG
Walter Rau GmbH
Sigmaringer Str. 31-33; 70595 STUTTGART
CONLEI Biotechnologie GmbH
Weidenbaumweg 107; 21035 HAMBURG
WEISS GmbH Bio-Dienst
Brandströmstr. 5/3; 72250 FREUDENSTADT
HAKA Werk
Postfach 1280; 71108 WALDENBUCH
NISSEN & VOLK GmbH
2108? HAMBURG
Enzian Seifenfabrik
Postfach 1154; 72542 METZINGEN
KINESSA GmbH
73105 DÜRNAU
BIOFA W. Hahn GmbH
Dobelstr. 22; 73087 BOLL
EUBIONA Naturwaren Vertrieb
72219 STAUFEN i. Br.
WUNDI GmbH
51702 BERGNEUSTADT
BIO-ZENTRALE GmbH
Windhag 3; 94166 STUBENBERG
AFALIN GmbH + Co.
Adlerstr. 6; 45307 ESSEN
GLOBOL-Werk GmbH
86633 NEUBURG/D.
Poliboy BRANDT & WALTER GmbH
Postfach 330104; 28331 BREMEN-LILIENTHAL
DEGUSSA AG
Postfach 110533; 60287 FRANKFURT
HOECHST AG
Postfach 800320; 65926 FRANKFURT
HÜLS AG
Postfach 1320; 45764 MARL

E) ÖKOLOGIE-LITERATUR:

- 1) GRIESSHAMMER, Chemie im Haushalt, Rowohlt Reinbek 1984
- 2) ZESCHMAR-LAHL, LAHL, Der neue Öko-Putzschrack, Stiftung Verbraucherinstitut Berlin 1988
- 3) ZESCHMAR-LAHL, Der umweltfreundliche Haushalt, Falken Niedernhausen 1991
- 4) SPEICHERT, BRETTSCHEIDER, Öko-Rat von A bis Z, Scriptor Frankfurt 1989
- 5) ELKINGTON, HAILES, KURSAWA-STUCKE, LÜBKE, BRIX, Umweltfreundlich einkaufen, Knaur München 1990
- 6) ROSENKRANZ, Der Umwelt-Tester, Rowohlt Reinbek 1986
- 7) GRIESSHAMMER, Der Öko-Knigge, Rowohlt Reinbek 1987
- 8) FISCHER, Tu was!, Ullstein Frankfurt 1985
- 9) HARTMANN, Ökologie im Haushalt, Edition Wandlungen Oldenburg 1985
- 10) HEMMINGER, Vorsicht Gift!, Kösel München 1985
- 11) LUTZ, Kleiner Öko-Ratgeber: Reinigen, Waschen, Entsorgen, ecomed Landsberg 1990
- 12) WANIOREK, Umweltfreundlich Saubermachen, Windpferd Durach 1989
- 13) PÜTZ, WUNDRAM, Wäsche waschen - sanft und sauber, vgs Köln 1989
- 14) BURGER, Haushalt ohne Chemie, Band 1+2, Dreisam Freiburg 1988
- 15) GREISENEGGER, KATZMANN, PITTER, Umweltpürnasen Aktivbuch Wasser, Orac Wien 1985
- 16) KOCH, Umweltschutz zu Hause, Goldmann München 1989
- 17) WINGERT, Der Haushaltsknigge, Rowohlt Reinbek 1987

F) SONSTIGE LITERATUR:

- 1) PERELMAN, Unterhaltsame Aufgaben und Versuche, Deutsch Frankfurt 1977
- 2) WITTMANN, Trickkiste 1, bsv München 1983
- 3) PRESS, Spiel - das Wissen schafft, Maier Ravensburg 1985
- 4) BUBLATH, Das knoff-hoff Buch 1 + 2, Urban München 1987 + 1990
- 5) TREITZ, Spiele mit Physik, Deutsch Frankfurt 1985
- 6) MELENK, RUNGE, Verblüffende physikalische Experimente, Aulis Köln 1988

G) EXPERIMENTIERMATERIAL:

- 1) Experimentierkasten "Seifen und Waschmittel", Henkel Düsseldorf + Klett Stuttgart 1985: Informationsbroschüre, Versuchskartei, Chemikalien, Dia-Serie, Tensid-Modelle
- 2) Experimentierkasten "Fettchemie", Henkel Düsseldorf + Schwann-Bagel Düsseldorf 1986: Arbeitsbuch, Versuchsbeschreibungen, Chemikalien, Folien, Lege-Sets, Video-Kassette "Öl von der Sonne"
- 3) "Physik-Boutique", Stark-Verlag, Kammerhof 6, 85354 FREISING

H) FOLIEN/DIAS/LEHRTAFELN:

- 1) Folienserie "Tenside", Fonds der Chemischen Industrie Frankfurt 1987
- 2) Folienserie "Umweltschutz im Haushalt", Erdal Rex Mainz 1991

I) FILME:

- 1) Bildstelle:
 - 3203965 Chemie der Putzmittel, 16mm, Farbe, 15min, 1989
 - 322044 Seifenherstellung, 16mm, Farbe, 12min, 1968
 - 320560 Der Waschvorgang, 16mm, Farbe, 12min, 1961
- 2) Henkel KGaA
Abt. ST-ÖA/Filmstelle
40191 Düsseldorf:
Kopien im 16mm-Format und als VHS-Kassetten:
 - Waschphänomene
 - Pflegekennzeichen
 - Das natürliche Glycerin
 - Zwang zum Handeln
 - Der Qualität des Wassers wegen
 - Erinnerung an eine Ausstellung
 - Wasserglas
 - Pflegen sollte man sich
 - Entspanntes Wasser
 - ...doch sauber sei die Küche stets
- 3) Fernsehen:
 - ZDF: Leben mit Chemie, Folge 8, "Sauber und rein"
 - WDF: Düfte, Träume, Schäume