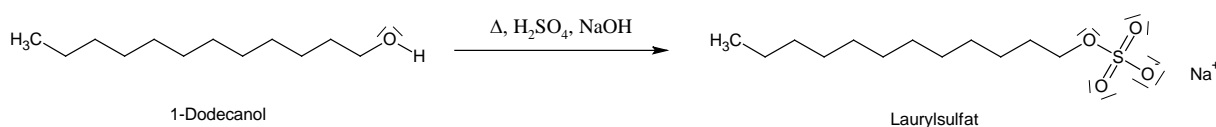


## Gruppe 8 – vorgegebener Versuch

### Synthese eines Fettalkoholsulfats (FAS)/ Aniontensid

#### Reaktion:



#### Zeitbedarf:

Vorbereitung: 15 min  
 Versuchsdurchführung: 15 min  
 Nachbereitung: 10 min

#### Chemikalien:

Chemikalien	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz (HessGiss)
1-Dodecanol	C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> OH	2 mL	38-50	61	Xi, N	S 1
konzentrierte Schwefelsäure	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mL	35	26-30-45	C	S 1
Natriumhydroxid	NaOH	0,5 g	35	26-37/39-45	C	S 1
Phenolphthalein-Lösung	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O · C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH/H <sub>2</sub> O	2-3 Tropfen	11	7-16	F	S 1

### Geräte und Materialien:

- Becherglas (250 mL)
- Magnetrührer mit Rührfisch
- 4x Reagenzgläser
- 3x Reagenzglasklammern
- Thermometer
- 2x Tropfpipette mit Pipettenhütchen
- Gummistopfen

### Versuchsaufbau:



Abb. 1: Vorbereitete Chemikalien  
und Reagenzgläser



Abb. 2: Vorbereitetes Wasserbad

### Versuchsdurchführung:

Zunächst werden 100 mL Wasser in ein Becherglas (250 mL) gegeben und ein Wasserbad vorbereitet. Das Wasser wird dabei bis zum Sieden erhitzt. Sobald das Wasser siedet, wird die Wärmequelle entfernt. In der Zwischenzeit werden in einem Reagenzglas 0,5 g NaOH in 5 mL entionisiertem Wasser gelöst. Nun werden drei Reagenzgläser (RG) vorbereitet:

RG 1: 2 mL 1-Dodecanol

RG 2: 1 mL konzentrierter Schwefelsäure

RG 3: 3 – 5 mL der vorbereiteten Natronlauge

Die Reagenzgläser werden nun in das Wasserbad mit heißem Wasser gestellt. In das RG 1 mit dem Fettalkohol werden mit der Tropfpipette 2 -3 Tropfen der angewärmten Schwefelsäure gegeben. Anschließend wird das RG 1 vorsichtig geschüttelt und das Reaktionsgemisch noch etwa eine halbe Minute im Wasserbad bei 60 – 80 °C stehen gelassen (Thermometer). Jetzt wird das Gemisch mit einigen Tropfen einer Phenolphthalein-Lösung versetzt und mit einer Pipette so lange erwärmte Natronlauge aus RG 3 zugegeben, bis der Äquivalenzpunkt durch einen Farbumschlag nach Rot angezeigt wird. Zum abgekühlten Reaktionsprodukt wird nun entionisiertes Wasser gegeben. Das Reagenzglas wird mit einem Gummistopfen verschlossen und kräftig geschüttelt.

### **Beobachtungen:**

Nach Zugabe der Schwefelsäure zum Fettalkohol verfärbte sich die Lösung leicht gelblich. Es bildete sich ein gelber Tropfen am Boden des Reagenzglases, der sich nach vorsichtigem Schütteln mit der übrigen Lösung vermischte. Nach der Zugabe der Natronlauge bildete sich ein Niederschlag, der die Lösung trübte. Beim Erreichen des Äquivalenzpunktes färbte sich die Lösung leicht rosa. Durch die Zugabe der Natronlauge bildete sich ein zweiphasiges System, wobei die obere Phase getrübt war. Mit zunehmendem Abkühlen der Lösung härtete die obere Phase schließlich aus. Nach Zugabe des Wassers und dem Schütteln des Gemisches vermischten sich die beiden Phasen. Es lag nun eine trübe Lösung vor, auf deren Oberfläche sich eine starke Schaumkrone gebildet hatte.



Abb. 3: Bildung einer Schaumkrone, nach Zugabe von Wasser und kräftigem Schütteln

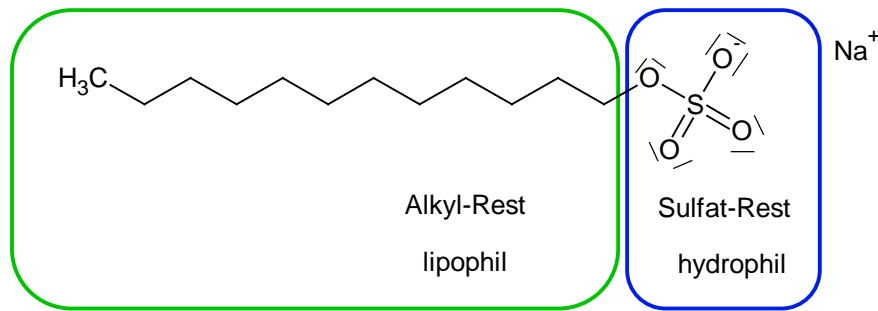
### **Entsorgung:**

Alle Lösungen, die in Kontakt mit dem 1-Dodecanol standen wurden neutralisiert und in den Sammelbehälter für organische Lösungsmittel gegeben. Die Säure- und Laugenreste wurden zusammengegeben, neutralisiert und im Ausguss entsorgt.

### **Fachliche Analyse:**

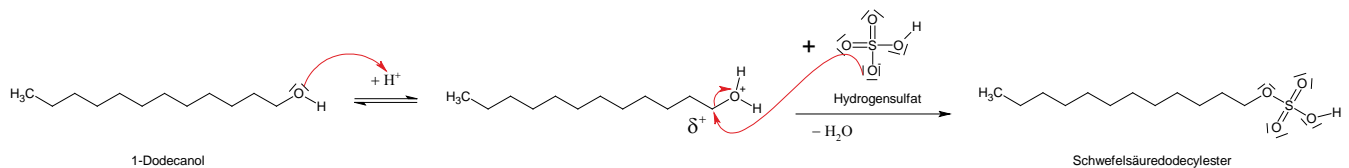
Fettalkoholsulfate, auch Alkylsulfate genannt zählen, wie die Seifen, zur Gruppe der Tenside. Analog zu den Salzen der langkettigen Carbonsäuren besitzen sie eine lange Alkylkette mit lipophilen Eigenschaften und eine polare Kopfgruppe mit hydrophilen Eigenschaften. Ein Beispiel für ein Alkylsulfat ist das Laurylsulfat. Da die Sulfat-Gruppe eine negative Ladung trägt, handelt es sich beim Laurylsulfat um ein anionisches Tensid. Trägt die polare Kopfgruppe dagegen eine positive Ladung, so wird die Substanz den kationischen Tensiden zugeordnet.

*Laurylsulfat:*

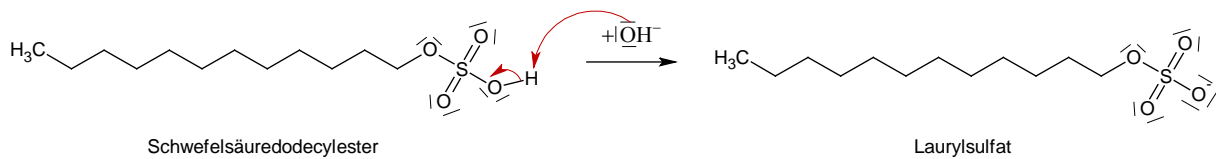


Aufgrund dieses amphiphilen Charakters zählen die Alkylsulfate zu den Detergenzien (waschaktive Substanzen). Bei Zugabe in Wasser gehen sie in Lösung und verringern mit ihrer Struktur die Oberflächenspannung des Wassers. Dies ermöglicht es, die Textilien und andere Stoffe zu durchdringen und unpolare, lipophile Verunreinigungen aus ihnen zu lösen. Gegenüber den Seifen haben die Alkylsulfate den Vorteil, dass sie gegenüber  $Mg^{2+}$ - und  $Ca^{2+}$ -Ionen stabil bleiben, also nicht als schwerlösliches Salz ausfallen. Diese Ionen sind speziell in hartem Wasser in großer Anzahl enthalten. Setzt man hartem Wasser eine Seife zu, so wird das Carboxylat mit den  $Mg^{2+}$ - und  $Ca^{2+}$ -Ionen in Form eines schwerlöslichen Salzes gebunden und als Festkörper der Lösung entzogen. Damit verliert die Seife ihre waschaktive Wirkung. Alkylsulfate dagegen bleiben auch bei Anwesenheit dieser Kationen in Lösung und behalten ihre reinigende Wirkung.

Laurylsulfat kann nach dem Mechanismus der säurekatalysierten Veresterung aus dem Fettalkohol 1-Dodecanol und konzentrierter Schwefelsäure gewonnen werden. Dabei dient die einfach dissoziierte Schwefelsäure (Hydrosulfat) als Edukt. Das abgespaltene Proton fungiert als Katalysator. Gibt man 1-Dodecanol und konzentrierte Schwefelsäure unter Wärmezufuhr zusammen, so wird zunächst das O-Atom des 1-Dodecanol protoniert. Dabei wird ein Wassermolekül vorgebildet, bei dem das O-Atom einfach positiv geladen ist. Durch den starken Elektronensog dieses positiv geladenen O-Atoms wird das benachbarte C-Atom stark elektrophil. Jetzt kann das Hydrosulfat als Nucleophil an diesem aktivierten C-Atom angreifen. Dies geschieht nach dem  $S_N2$ -Mechanismus. Das vorgebildete Wassermolekül tritt unter Mitnahme der Bindungselektronen als Abgangsgruppe aus dem Molekül aus.



Es liegt nun als Produkt Schwefelsäuredodecylester vor. Versetzt man dieses Produkt nun mit einer Hydroxid-Lösung, so wird das H-Atom der Säure deprotoniert. Dieser Schritt ist irreversibel. Als Produkt erhält man das anionische Laurylsulfat.



Die Anwesenheit dieses Tensids kann durch kräftiges Schütteln der Substanz nachgewiesen werden. Tenside neigen beim Schütteln zu starker Schaumbildung. Durch das Schütteln kommt es zur Bildung eines Aerosols, das gut mit dem bloßen Auge erkennbar ist.

Beim synthetisierten Laurylsulfat handelt es sich um ein Alkylsulfat mit unverzweigter Alkylkette. Diese Tenside können gut von Mikroorganismen zersetzt werden und gelten damit als biologisch abbaubar. Die Beseitigung von Tensiden im Abwasser ist eine wichtige Grundvoraussetzung angesichts einer weltweiten Jahresproduktion von Waschmitteln im Megatonnenmaßstab. In der Vergangenheit wurden große Mengen an hochverzweigten Alkylsulfaten ins Abwasser geleitet, so dass es zur ersten Verschmutzung von Seen und Flüssen gekommen ist. Diese Vertreter konnten aufgrund der Verzweigungen in der Alkylkette nicht von Mikroorganismen zersetzt werden. Deswegen sind die heute verwendeten Tenside, analog zum Laurylsulfat, aus Molekülen mit unverzweigten Alkylketten aufgebaut.

### Methodisch-didaktische Analyse:

#### 1. Einordnung

Der Versuch kann wie folgt in die Themengebiete des hessischen Lehrplans (G8) eingebettet werden.

Jahrgangsstufe u. Unterrichtseinheit	Themengebiet
12G.2	<u>Grenzflächenaktive Substanzen:</u> Waschmittel: Herstellung, Struktur und Eigenschaften von Seifen / synthetischen Tensiden; Erklärung der Waschwirkung; weitere Waschmittelinhaltsstoffe (z.B. Bleichmittel, Enzyme, Enthärter, Weißtöner); Belastung der Gewässer durch waschaktive Stoffe und ihre Hilfsmittel; Grenzflächenaktive Substanzen in Technik, Kosmetik, Textilindustrie etc..

## 2. Aufwand

Alle verwendeten Geräte zählen zur Grundausrüstung einer Chemie-Sammlung. Die benötigten Chemikalien sind preiswert und werden zudem nur in kleinen Mengen benötigt. Somit verursacht das Experiment keine hohen Kosten. Der Versuch ist innerhalb einer Schulstunde durchführbar. Ist der Versuch als Schülerexperiment geplant, so sollte eine Doppelstunde für den Versuch zur Verfügung gestellt werden, da die Schüler voraussichtlich mehr Zeit für die Durchführung des Experimentes benötigen.

## 3. Durchführung

Der Versuch funktioniert zuverlässig. Alle Effekte sind gut aus der Nähe erkennbar. Die Schüler sollten somit nah am Versuchsgeschehen sein, um alle Effekte beobachten zu können. Sollte dies nicht möglich sein, so kann das Reagensglas mit dem Reaktionsgemisch als Demonstrationsobjekt durch die Klasse gereicht werden. Insbesondere die Schaumbildung, die als einfacher Nachweis für das Hergestellte Tensid dient, ist eindeutig zu sehen. Alle Chemikalien sind nach HessGiss für Schülerexperimente ab der Sekundarstufe I freigegeben. Aufgrund der einfachen Versuchsanordnung, der Zuverlässigkeit des Versuchs und der ungiftigen Chemikalien eignet sich der Versuch gut für den Einsatz in der Schule. Insbesondere ist er gut als Schülerexperiment geeignet.

### Literatur:

- Versuchsvorschrift aus: **RAAbits**, II/H, S. 15 von 22, Kap. 7.
- K. P. C. Vollhardt, N. E. Schore, **Organische Chemie, Dritte Auflage**, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2000.
- Charles E. Mortimer, Ulrich Müller, **Chemie, das Basiswissen der Chemie**, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003.
- Reinhard Brückner, **Reaktionsmechanismen, 3. Auflage**, Elsevier GmbH, München, 2004.
- **HessGiss-Datenbank**, V 11.0 – 2006/2007.
- [www.dguv.de](http://www.dguv.de), **GESTIS-Stoffdatenbank**, 2009, Zugriff: 01.07.09.

- **Lehrplan Chemie, Gymnasialer Bildungsgang, Jahrgangsstufen 7G bis 12G, Hessisches Kultusministerium 2008.**