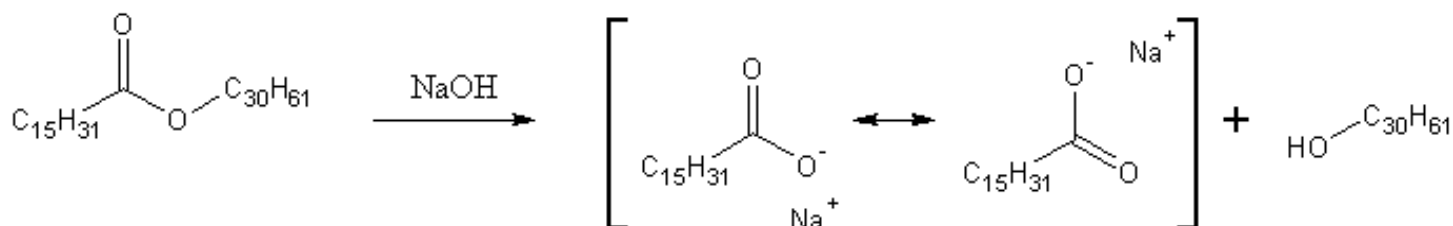


## Gruppe 08:

### Quantitative Verseifung von Bienenwachs

#### Reaktion:



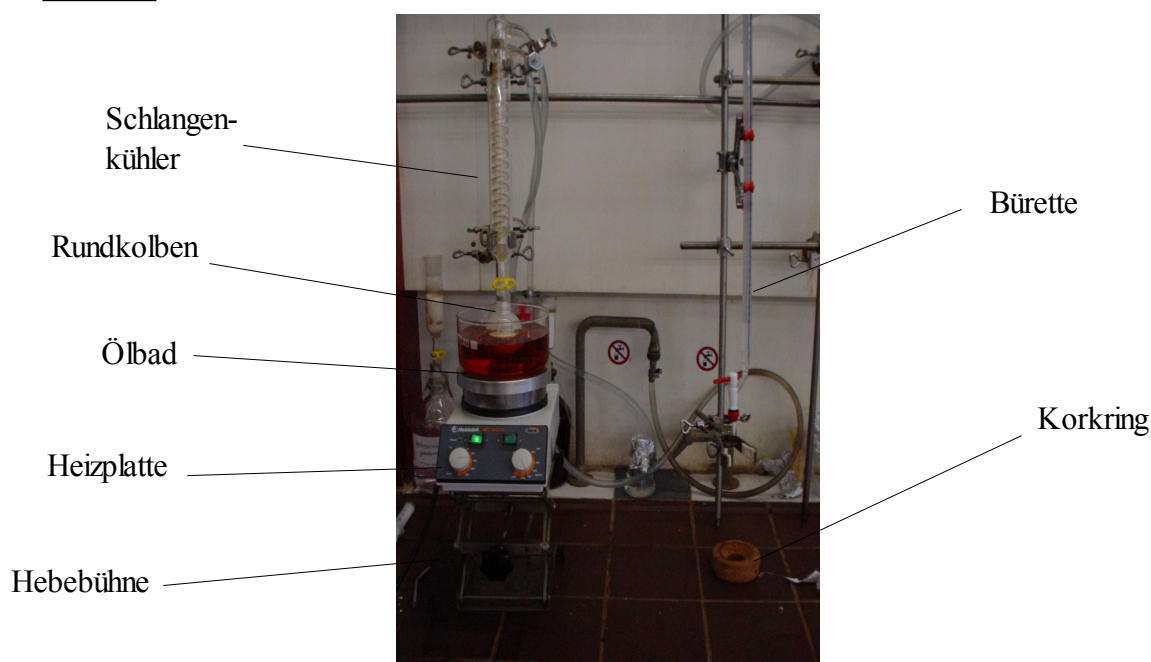
#### Chemikalien:

Eingesetzte Stoffe	Gefahrensymbole	R- und S- Sätze	Einsatz in der Schule [1]
Bienenwachs	-	-	uneingeschränkt
KOH (c= 0,5 mol/L)	F, C	R 34, S 26-36/37/39-45	Sekundarstufe I
HCl-Maßlösung (c= 1 mol/L)	C	R 34-37	Sekundarstufe I
Phenolphthalein	-	R 10	Sekundarstufe I

#### Materialien:

50 mL Rundkolben, Keckklemmen, Schlangenkühler, Ölbad, Heizplatte, Hebebühne, Rührfisch, Bürette, Bürettenklammer, Korkring, Stativmaterial

#### Aufbau:



### **Durchführung:**

Eine exakt abgewogene Portion Bienenwachs (Stoffportion ca. 2 Gramm) wird in einem 50 mL Rundkolben mit 25 mL einer Kaliumhydroxid-Lösung versetzt. Ein Schlangenkühler wird zur Rückflußkühlung eingesetzt. Man kocht ca. 20 Minuten. Anschließend werden einige Tropfen Phenolphthalein-Lösung hinzugefügt. Mit einer Salzsäure-Maßlösung, wird rasch solange titriert, bis die rote Farbe gerade verschwindet.

Hinweis: Falls es bei der Titration zur Feststoffbildung infolge zu starker Abkühlung kommt, muss kurzzeitig erwärmt werden [2].

### **Beobachtung:**



Beim Erhitzen des Bienenwachses in der Kaliumhydroxid-Lösung kann man beobachten, wie dieses schmilzt und anschließend zu kochen beginnt (Foto A).

Beim Zugeben des Phenolphthalein in die warme Lösung kann man zunächst keine Farbveränderung beobachten (Foto B). Titriert man mit der HCl-Maßlösung, so kann man den Umschlagspunkt sehr gut erkennen, dieser ist erreicht, wenn die Lösung leicht rosa ist (Foto C). Gibt man nun noch mehr HCl hinzu, so färbt sich die Lösung kräftig rosa (Foto D), der Äquivalenzpunkt ist überschritten. Bis zum Äquivalenzpunkt verbrauchte man 10,7 mL HCl.



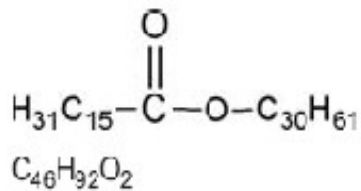
## Entsorgung:

Die Lösungen werden neutral in den organischen Abfallbehälter gegeben.

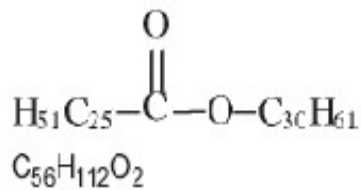
## Fachliche Analyse:

Wachse sind Ester höherer Carbonsäuren mit höheren Alkoholen. Bienenwachs enthält hauptsächlich Säuren und Alkohole mit 26 und 28 Kohlenstoffatomen. Durch Hydrolyse ("Verseifung") der Fette mit Natron- oder Kalilauge entstehen die Alkalisalze der höheren Fettsäuren, die allgemein als Seifen bezeichnet werden und als waschaktive Substanzen große Bedeutung erlangt haben.

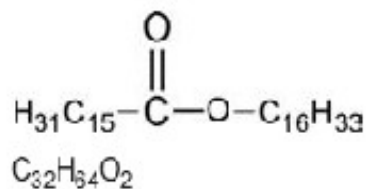
Neben Palmitinsäuremyricylester  $C_{15}H_{31}CO-O-C_{30}H_{61}$  als Hauptbestandteil sind im Bienenwachs noch folgende Bestandteile enthalten:



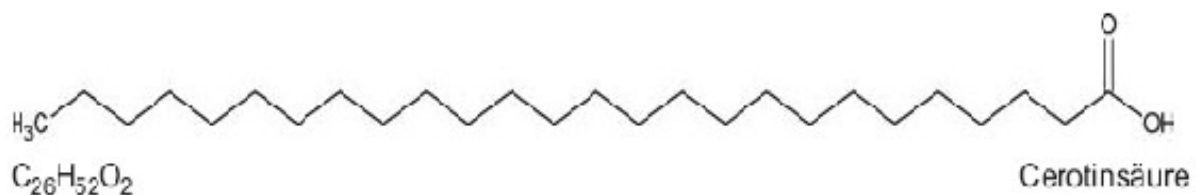
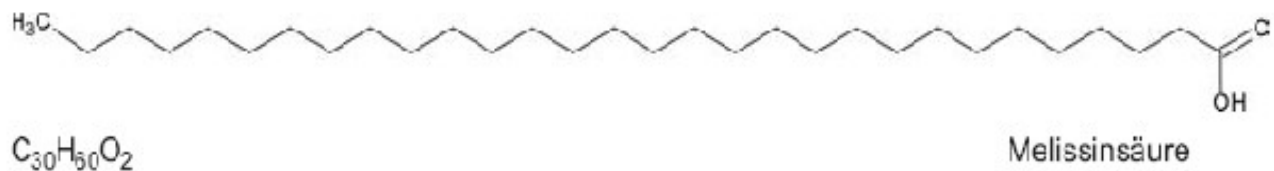
Palmitinsäureester des Myricylalkohols



Hexaeicosansäureester des Myricylalkohols



Palmitinsäureester des Cetylalkohols

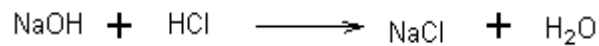


[Quelle: 3]

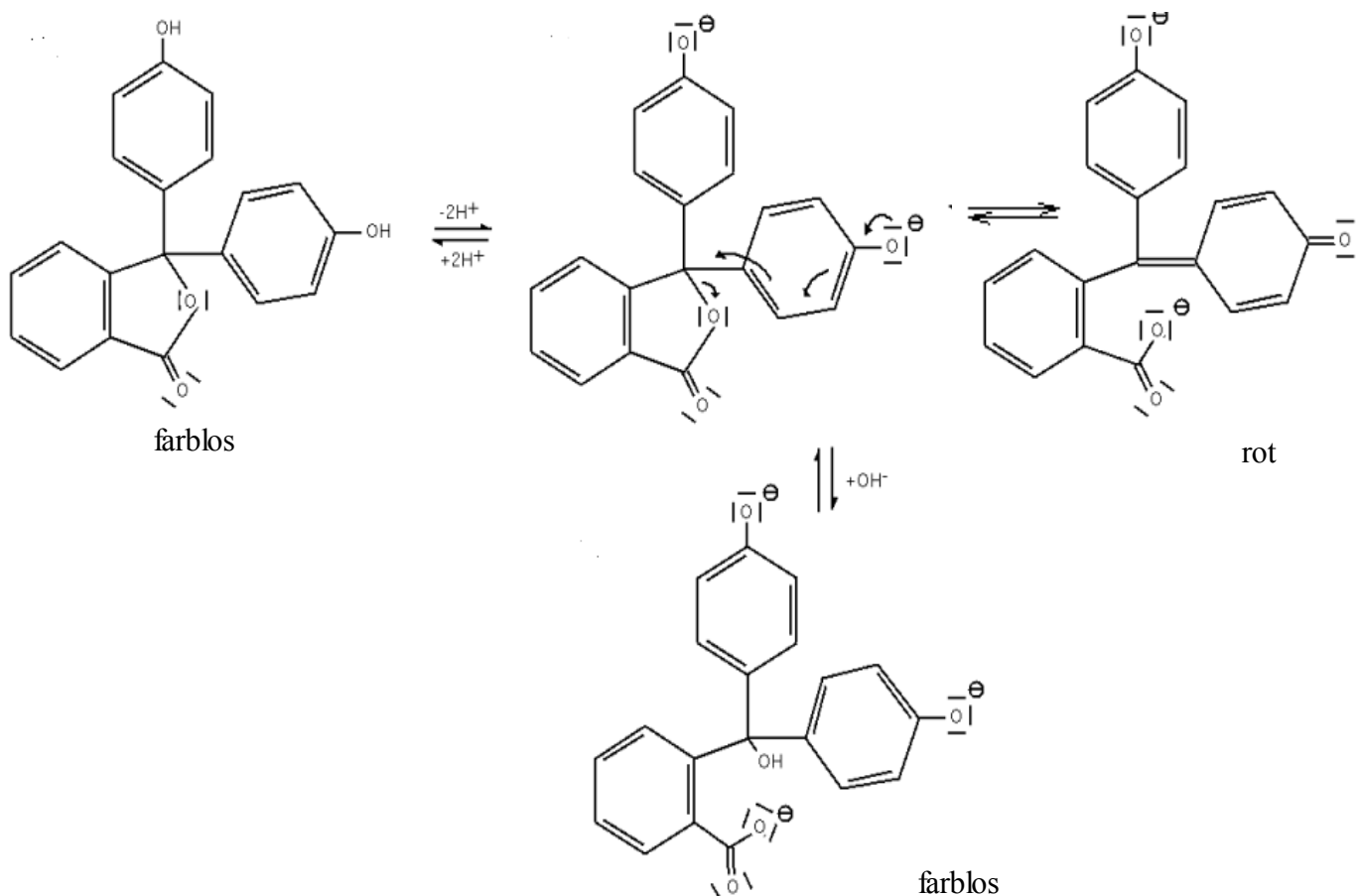
Es kommt also zu folgender Reaktion:



Bei der Titration wird nun die überschüssige NaOH mit der HCl-Maßlösung neutralisiert:

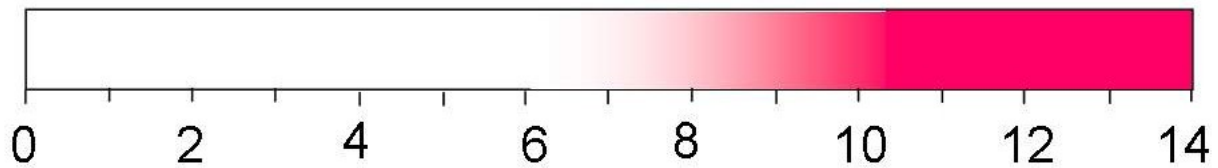


Die Reaktion mit dem Phenolphthalein ist dann die folgende:



[Quelle: 4]

Das Phenolphthalein hat den Umschlagspunkt der folgenden Skala:



[Quelle: 5]

Bei der Rücktitration wird also die Menge an Kalilauge erfaßt, die bei der Verseifung des Bienenwachses nicht verbraucht wurde.

Einwaage Bienenwachs: 2,05 g, Vorlage KOH: 25 mL

$c(\text{KOH}) = 0,5 \text{ mol/L}$

Es wurden 9,6 mL der HCl-Maßlösung ( $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$ ) bis zum Farbumschlag verbraucht, daraus ergibt sich folgende Rechnung:

$$n(\text{KOH})_{\text{Beginn}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = n(\text{KOH})_{\text{Überschuß}}$$

$$n(\text{KOH})_{\text{Esterspaltung}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol} - 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{da } n(\text{KOH}) = m(\text{KOH}) / M(\text{KOH})$$

$$\Rightarrow m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 56 \text{ g/mol} = 0,163 \text{ g}$$

$m(\text{KOH})$  für 1 Gramm Bienenwachs beträgt also ca. 0,0815 g bzw. 81,5 mg. Das heißt die Verseifungszahl beträgt 81,5.

Durchschnittliche molare Masse des Bienenwachses:

Für die Esterspaltung von 2,05 g Bienenwachs sind  $2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  KOH nötig. Da das Stoffmengenverhältnis von Säuren zu Alkoholen bei Wachsen 1:1 beträgt, muss die Stoffmenge an Wachsmolekülen identisch mit der von Kaliumhydroxid sein.

$$M(\text{Bienenwachs}) = 2,05 \text{ g} / 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 706,9 \text{ g/mol} [2]$$

#### Verseifungszahl:

Die Verseifungszahl (kurz: VZ) ist ein Maß für die in einem Gramm Fett oder Wachs vorkommenden gebundenen und freien Säuren. Je kleiner die mittlere molare Masse eines Fettes ist, desto größer ist die Verseifungszahl. Sie wird meist zusammen mit der Säurezahl bestimmt die ein Maß für die freien Säuren in einem Fett ist. Aus der Differenz und der mittleren molaren Masse lässt sich die mittlere Kettenlänge der vorhandenen Fettsäuren berechnen.

Allgemein: Verseifungszahl = Säurezahl + Esterzahl (Da die Esterzahl aber nur rechnerisch ermittelt werden kann lautet die Rechnung Esterzahl = Verseifungszahl - Säurezahl). Wobei die Säurezahl angibt, wie viel Milligramm Kaliumhydroxid(KOH) zur Neutralisation der in 1 Gramm Fett enthaltenen freien Säuren erforderlich sind. Die Esterzahl gibt an, wie viel Milligramm

Kaliumhydroxid zur vollständigen Verseifung der Esterbindungen in 1 Gramm Fett erforderlich sind. Einheit: (mg KOH) / (g Fett/Wachs) [Quelle: 4]

#### Allgemeines zum Thema Bienenwachs:

Bienenwachs – als ältester Kerzenrohstoff– ist ein Stoffwechselprodukt der Honigbiene. Das Wachs wird an der Bauchseite der 'Baubienen' ausgeschieden und zum Wabenbau eingesetzt. Die Farbe und den angenehmen Geruch bekommt das Bienenwachs im Laufe der Zeit durch Kontakt mit Honig und Pollen. Naturgemäß steht dieser Rohstoff nur begrenzt zur Verfügung. Bienenwachs besteht aus einem Gemisch von Estern langkettiger Wachsalkoholen 70% (C24/C44) mit Säuren(C16/C18), Kohlenwasserstoffen 13-18% (C25-C35), freien Wachssäuren 10-15%(C24-C32), freien Wachsalkoholen 1%(C34-C36). Der Schmelzpunkt des Bienenwachses liegt bei ca. 65°C. Weitere Kennzahlen sind die Säurezahl (17- 24 mg KOH/g), die Verseifungszahl (87-104 mg KOH/g) sowie die Esterzahl (70-80 mg KOH/g). Seine Farbe schwankt von gelb über hell- und dunkelgrün bis rotgelb und dunkelbraun. Es besitzt einen stumpfen, muscheligen, feinkörnigen Bruch, leichte Knetbarkeit, große Plastizität und ist in der Wärme deutlich klebrig. Natürliches Bienenwachs enthält eine Reihe von Verunreinigungen, die durch verschiedene Reinigungsverfahren entfernt werden. Zumeist wird es danach noch einer Bleichung mit Bleicherde oder Wasserstoffperoxid unterworfen. Da dadurch Farbe und Geruch verloren gehen, werden hochreinem Bienenwachs aus „Verbrauchergründen“ zum Teil Farb- und Duftstoffe wieder zugesetzt. Gebleichtes Bienenwachs wird für Altarkerzen verwendet. Es dient darüber hinaus als Beimischung für Wachscompositionen und wegen seiner Geschmeidigkeit zur Herstellung von Wachsplatten, wie sie für Verzierungen, z.B. Blumen, Bänder und Ornamente Verwendung finden. [6]

#### Methodisch- Didaktische Analyse:

Der zeitliche Aufwand ist relativ hoch. Die Vorbereitungszeit ist hoch, da der Aufbau ca. 10-15 Minuten dauert. Er ist also, wenn man alles griff bereit hat in einer großen Pause durchaus durchzuführen. Die Durchführung ist ebenfalls von etwas größerem Zeitaufwand, da man zunächst zwanzig Minuten kochen muss, bevor man titrieren kann. Die Nachbereitung ist aufgrund des recht großen Aufbaus etwas höher aber ebenfalls in ca. 10-15 Minuten zu schaffen. Hinderlich ist, dass das Reinigen des Kolbens etwas mehr Zeit benötigt da das Wachs nur in warmen Zustand gut aus dem Kolben zu entfernen ist. Außerdem muss man Bedenken das die Auswertung des Versuches einige Zeit in Kauf nehmen wird. Der Apparative Aufwand ist also wie eben schon genannt wegen der relativ großen Anzahl an Geräten (vor allem wenn man ihn als Schülerversuch durchführen lassen will) recht hoch, es ist außerdem recht unwahrscheinlich, dass an einer typischen Schule alle diese Geräte nicht in mehrfacher Ausführung vorhanden sein werden. Aus diesem Grund eignet sich

dieser Versuch wohl nur für einen Lehrerversuch oder als eine Station, so dass man ihn nur ein oder zwei mal aufbauen muss. Der finanzielle Aufwand ist recht gering da alle Chemikalien entweder an einer typischen Schule vorhanden sein sollten oder wie das Bienenwachs recht billig (eine Kerze kostet ca. 2-3 Euro und reicht für mehrere Durchführungen) zu haben ist.

Der Versuch zeigt den Schülern nicht nur wie eine Verseifung funktioniert, sondern auch wie man quantitativ sagen kann wieviel verseift wurde. Nicht nur diese Tatsache macht den Versuch so wichtig, sondern vor allem die Durchführung an sich, da ich denke das es wichtig ist, dass die Schüler die im Labor wichtigen Methoden (hier das Titrieren), schon in der Schule einmal kennenlernen. Der Versuch ist also methodisch sehr wertvoll, da nicht zu Letzt alle Effekte sehr gut zu sehen sind.

In der Schule kann man diesen Versuch am besten zum Thema Fette (ich denke es ist wichtig das die Schüler die Wachse hier thematisieren) in der 11 Klasse zum Oberthema „*Kohlenstoffchemie II: Technische und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen*“ anbringen [7].

Auch kann man diesen Versuch mit der Biologie verbinden, den Bienen und das Bienenwachs kann auch dort thematisiert werden.

Ich denke das es auf Grund des relativ großen Aufwand den man bei diesem Versuch betreiben muss und den recht große Zeitaufwand den man betreiben muss bei diesem Versuch entweder um einen Lehrerversuch handeln sollte oder in einem Leistungskurs (welcher mehr Stunden Chemie in der Woche hat) als Schülerversuch z.B. in einem Lernzirkel handeln sollte. Auch wenn die Schüler aus diesem Versuch sehr viel lernen können, nicht nur theoretisch sondern auch methodisch, denke ich das der recht große Aufwand für eine Doppelstunde schon zuviel wäre, man muss also bedenken. Man muss also überlegen was man mit ihm erreichen möchte und ob sich der Aufwand lohnt. Ich denke jedoch das er besonders für einen recht leistungsstarken kleinen Leistungskurs kein Problem sein sollte und man ihn dort auch in ca. 3 Schulstunden durchführen und besprechen könnte.

### **Literatur:**

1. Soester-Liste
2. Praxis der Naturwissenschaften-Chemie, Nr. 5/47, Jahrgang 1998
3. [http://www.kerzeninnung.de/wiswe/kerzen/Die\\_Qualitaetskerze.pdf](http://www.kerzeninnung.de/wiswe/kerzen/Die_Qualitaetskerze.pdf)
4. <http://de.wikipedia.org>
5. <http://www.chempage.de/lexi/phenolphth.jpg>
6. [http://www.kerzeninnung.de/wiswe/kerzen/Die\\_Qualitaetskerze.pdf](http://www.kerzeninnung.de/wiswe/kerzen/Die_Qualitaetskerze.pdf)
7. Hessischer Lehrplan (G8)