

## Aufgabenstellung      Alkohole, Carbonsäuren und Ester

### Aufgabe 1: Bienenwachs (Material 1)

- 1 Erläutern Sie die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bienenwachses und begründen Sie, weshalb Bienenwachs für die Herstellung von und Verwendung in Kerzen sehr gut geeignet ist.

### Aufgabe 2: Reaktionen von Alkoholen mit Kaliumpermanganat (Material 2)

- 2.1 Werten Sie die Versuche 1a) - 1c) durch die entsprechenden Reaktionsgleichungen (mit Teilgleichungen) aus und erläutern Sie kurz die Reaktionen.
- 2.2 Erstellen Sie für den pH-Bereich von 10 - 14 ein Diagramm, in dem die Redoxpotenziale beider Redoxreaktionen des Manganations ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ) in Abhängigkeit vom pH-Wert gemeinsam dargestellt werden. Fassen Sie die beiden Teilgleichungen zu einer Gesamtgleichung zusammen.
- 2.3 Begründen Sie mithilfe der jeweils vorliegenden Stoffmengen-Verhältnisse und des Zusatzversuches 1d), dass die Aussage: „*Primäre Alkohole können durch Permanganat bis zur Carbonsäure oxidiert werden, sekundäre Alkohole bis zum Keton.*“ die Beobachtungen nicht hinreichend erklären kann. Entwerfen und erläutern Sie einen Versuch, mit dem Sie Ihre Überlegungen bestätigen können.
- 2.4 Erläutern Sie das in **M2** beschriebene Reaktionsverhalten bei zu klein gewählter Hydroxidkonzentration.

### Aufgabe 3: Analyse eines Carbonsäureesters (Material 3)

- 3.1 Im Material **M3** wird Ihnen der Weg einer Esteranalyse dargestellt. Entwickeln Sie ein Schema für die einzelnen Schritte der Esteranalyse, in dem die Untersuchungsschritte, die Stoffe (Bezeichnungen siehe **M3**), die möglichen Erkenntnisse über diese Stoffe und, falls möglich, die jeweiligen Reaktionstypen deutlich zu ersehen sind.
- 3.2 Beschreiben Sie unter Angabe von Strukturformeln den Reaktionsmechanismus der alkalischen Verseifung eines beliebigen Esters. Stellen Sie den wesentlichen Unterschied zur Esterbildung heraus.
- 3.3 Werten Sie den Analyseschritt (3) aus, indem Sie unter Verwendung der experimentell ermittelten Daten zeigen, dass der Ester X die molare Masse 118 g/mol besitzt. Gehen Sie dabei auf die „drei Ansätze“ und die Reaktionsreihe in der Fußnote von **M3** ein. Erläutern Sie die Aussage: „*Die Stärke der entstehenden Säure ist abgesehen von räumlichen Einflüssen ein Maß dafür, wie leicht ein Ester verseift wird.*“
- 3.4 Erläutern Sie am Beispiel der Propansäure die Begriffe „*Säurestärke*“ und „*korrespondierendes Säure-Base-Paar*“. Berechnen Sie Ihnen zweckmäßig erscheinende Punkte für die Titrationskurve von 10mL Propansäure ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) mit Natronlauge ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ). Erstellen Sie eine entsprechende Grafik ( $\text{p}K_{\text{SPropansäure}} = 4,87$ ).
- 3.5 Werten Sie die Graphen in **M3** aus und ordnen Sie die Graphen begründet den Säuren S1, S2 und S3 zu. Erläutern Sie dabei auch die Säurestärken dieser Stoffe im Vergleich zu der von Propansäure.
- 3.6 Fassen Sie alle Ergebnisse der Analyse, mit dem Ziel den Ester X zu bestimmen, zusammen.

## Material

### M1

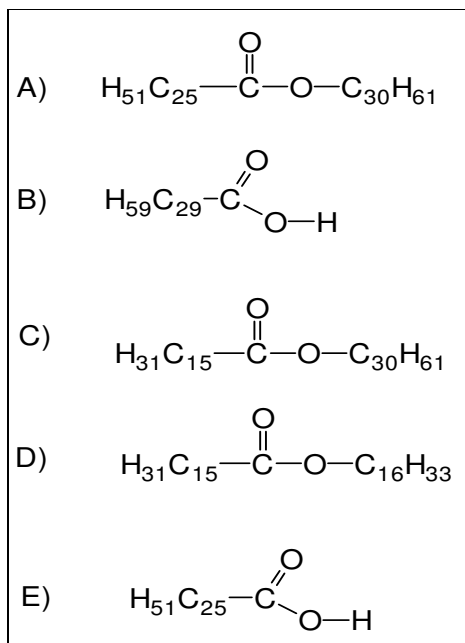
Die Ester sind wichtige Derivate der Carbonsäuren. Die gut bekannten Ester der kurzkettigen Carbonsäuren und Alkohole haben einen charakteristischen, meist angenehmen Geruch. Sie sind wichtige Komponenten von natürlichen und künstlichen Aromen und besitzen zudem ein großes Anwendungsspektrum als Lösungsmittel. Ester langkettiger Carbonsäuren (Fettsäuren) und langkettiger Alkohole (Fettalkohole) sind die Hauptbestandteile der tierischen und pflanzlichen Wachse. Wichtige biologische Wachse sind unter anderem das in der Kosmetik eingesetzte Jojobaöl und das 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.

Bienenwachs besteht aus einem Gemisch. Die Zusammensetzung von Bienenwachs geht aus der Tabelle 1 hervor. Die Abbildung 1 zeigt Formeln einiger im Bienenwachs vorliegender Stoffe. Der Schmelzbereich des Bienenwachses liegt bei 61- 65 °C.

1) Ester langkettiger Wachsalkohole (C24-C44) mit Säuren (C16-C26)	70%
2) Kohlenwasserstoffe (C25-C35)	13-18%
3) freie Wachssäuren (C24-C32)	10-15%
4) freie Wachsalkohole (C34-C36)	1%

**Tabelle 1:** Bienenwachs besteht aus vier Stoffklassen, deren prozentuale Anteile in der zweiten Spalte angegeben sind.



**Wachse** sind eine Klasse von Stoffen, die durch ihre mechanisch-physikalischen Eigenschaften definiert werden, da die chemische Zusammensetzung verschiedener Wachse sehr unterschiedlich ist. Ein Stoff wird als Wachs bezeichnet, wenn er bei 20 °C knetbar, fest bis brüchig hart ist, eine grobe bis feinkristalline Struktur aufweist, farblich durchscheinend bis opak, aber nicht glasartig ist, über 40 °C ohne Zersetzung schmilzt, wenig oberhalb des Schmelzpunktes leicht flüssig (wenig viskos) ist, eine stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit aufweist sowie unter leichtem Druck polierbar ist. (Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft)

**Abb. 1:** Formeln einiger Komponenten von Bienenwachs.

**M2**

Der nachfolgend beschriebene Versuch eignet sich dafür, in kurzer Zeit primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole zu unterscheiden. Dazu wird ihre unterschiedliche Oxidierbarkeit durch Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung ausgenutzt. Es wurden die folgenden Versuche durchgeführt:

Lösung 1 enthält Kaliumpermanganat ( $c = 0,003 \text{ mol/L}$ ) und Natriumhydroxid ( $c = 0,5 \text{ mol/L}$ ).

a) 10mL Lösung 1 werden mit 2 mL Propan-1-ol versetzt.

b) 10mL Lösung 1 werden mit 2 mL Propan-2-ol versetzt.

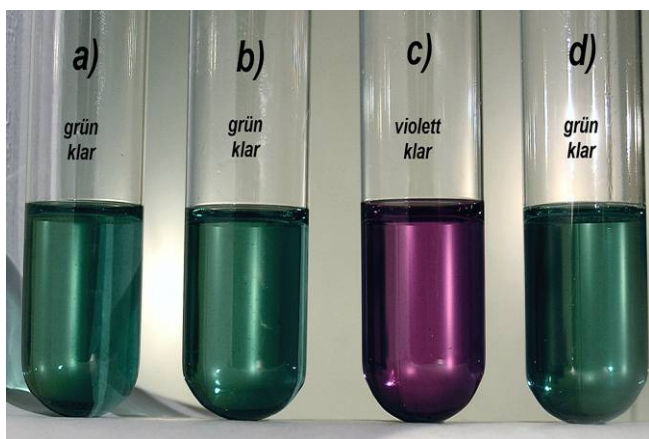
c) 10mL Lösung 1 werden mit 2 mL 2-Methylpropan-2-ol versetzt.

Die Ergebnisse zeigen die Abb. 2 und 3.

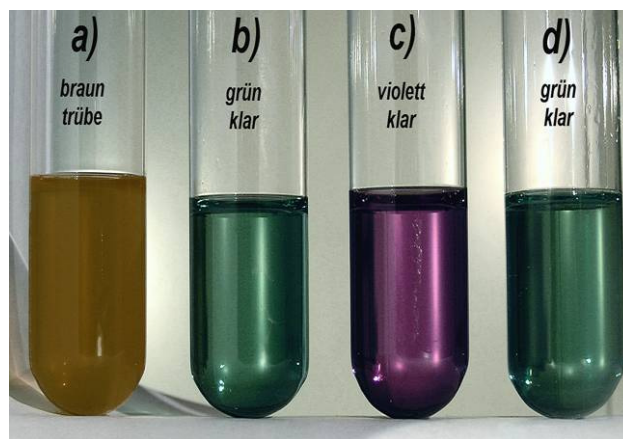
Um verlässliche Resultate zu erhalten, müssen allerdings die Konzentrationen genau eingehalten werden. Wird zum Beispiel die Hydroxidkonzentration zu klein gewählt, so reagieren gebildete Manganat-Ionen ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ) in einer Disproportionierung weiter. (Disproportionierung: Ein Element in einer Verbindung geht bei einer Redoxreaktion von einer mittleren Oxidationsstufe gleichzeitig in eine höhere und eine niedrigere Oxidationsstufe über.) Der Versuch b) zeigt in diesem Fall das Ergebnis von Versuch a).

Als Erklärung der Versuche wird angegeben, dass primäre Alkohole durch Permanganat bis zur Carbonsäure, sekundäre Alkohole zum Keton oxidiert werden können. Aus der violetten Permanganatlösung ( $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ ) entstehen dabei eine grüne Manganatlösung ( $\text{MnO}_4^{2-} (\text{aq})$ ) und gelblichbrauner, wasserunlöslicher Braunstein ( $\text{MnO}_2 (\text{s})$ ).

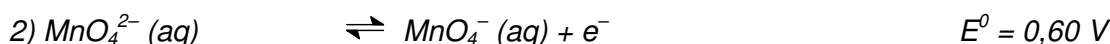
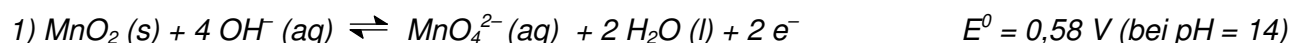
d) Zusatzversuch: 10 mL Lösung 1 werden mit 1 mL Propan-2-ol versetzt und nach einer Minute zusätzlich mit 2 mL Propan-1-ol.



**Abb. 2:** nach etwa 30 Sekunden



**Abb. 3:** nach etwa 4 Minuten

**Standardredoxpotenziale:****Dichten einiger Alkohole:**

$$\rho_{(\text{Propan-1-ol})} = 0,799 \text{ g/mL}; \quad \rho_{(\text{Propan-2-ol})} = 0,781 \text{ g/mL}; \quad \rho_{(2\text{-Methylpropan-2-ol})} = 0,781 \text{ g/mL};$$

## M3

## Analyse eines Esters

Aus dem Lösungsmittel der Farbe für einen Tintenstrahldrucker wird ein Ester isoliert und eine Analyse durchgeführt.

- (1) Aus der quantitativen Elementaranalyse des **Esters (X)** ergibt sich die Verhältnisformel  $C_{0,5}H_1O_{0,3}$ .
- (2) Durch Oxidation mit Permanganat kann gezeigt werden, dass der Ester (X) eine freie Hydroxylgruppe enthält.
- (3) Zur Bestimmung der molaren Masse werden in drei Ansätzen je 2,00 g Ester (X) mit 20 mL Natronlauge ( $c_{NaOH} = 1 \text{ mol/L}$ ) unter Rückfluss a) 5 min, b) 10 min und c) 20 min gekocht <sup>\*)</sup>. Nach dem Abkühlen wird mit Wasser auf 100mL verdünnt und mit Salzsäure ( $c_{HCl} = 0,1 \text{ mol/L}$ ) titriert. Verbrauch an Salzsäure : a) 35,2 mL, b) 30,5 mL c) 30,5 mL.
- (4) Zur Bestimmung des Alkohols wird eine weitere Esterprobe verseift und der Alkohol und das Wasser abdestilliert. Der Alkohol lässt sich durch Permanganat zu einer **Säure (S1)** oxidieren.  
Die **Säurekomponente (S2)** des Esters wird ebenfalls isoliert und kann mit Permanganat zu einer neuen **Säure (S3)** oxidiert werden.
- (5) Je 5,00g der **Säure (S1)**, der **Säure (S2)** und der **Säure (S3)** werden in jeweils 100 mL Wasser gelöst und mit Natronlauge ( $c_{NaOH} = 1 \text{ mol/L}$ ) titriert. Die Messergebnisse der drei Titrationen sind in Abbildung 4 dargestellt.

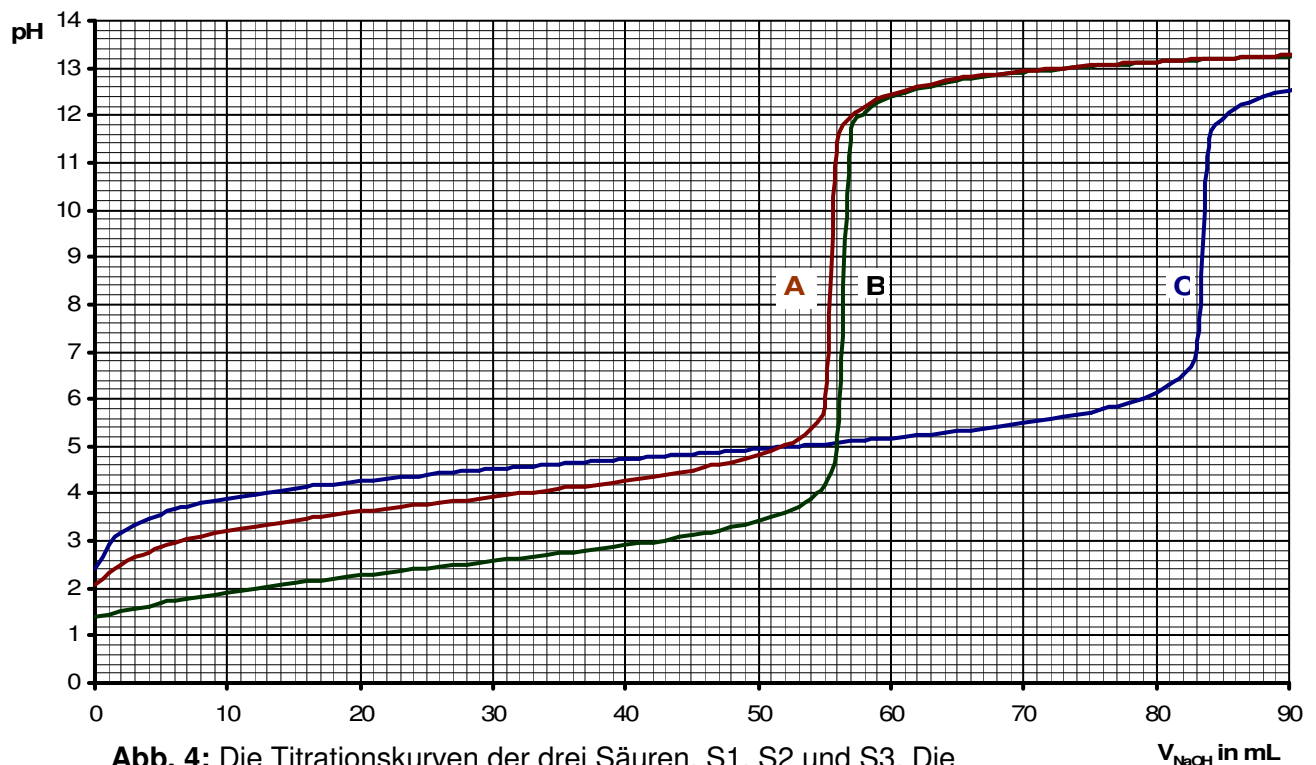
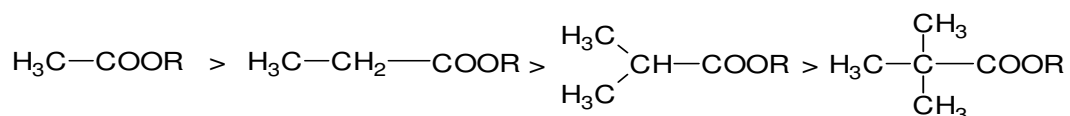


Abb. 4: Die Titrationen der drei Säuren, S1, S2 und S3. Die experimentellen Bedingungen stehen oben unter (5).

<sup>\*)</sup> Ester werden im Allgemeinen umso leichter verseift, je leichter sie gebildet werden. So nimmt die Verseifungsgeschwindigkeit in folgender Reihe stark ab:



**Hilfsmittel:** Formelsammlung, Taschenrechner, Periodensystem.