

## 2 Organische Stoffe in Natur und Technik

### 2.36 Durchblick Zusammenfassung und Übung

#### Zu den Aufgaben

**A1** Wasser ist eine hydrophile, Benzin eine hydrophobe (lipophile) Flüssigkeit. Ethanol ist aufgrund des Baus seiner Moleküle hydrophil *und* lipophil und kann daher gleichzeitig hydrophile und lipophile Stoffe lösen.

#### A2

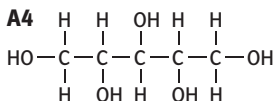
a) Die Verwendung von Ethanol anstelle von Benzin soll die Abhängigkeit von Erdölimporten mindern. Ferner handelt es sich bei Ethanol um einen nachwachsenden Rohstoff.

- b) Einige Probleme, die mit der Herstellung von Ethanol aus Zuckerrohr aufgetreten sind:
- Der Anbau von Zuckerrohr auf Flächen, die bisher der Nahrungsmittelproduktion dienten, führte dazu, dass Grundnahrungsmittel importiert werden mussten und zu einer Landflucht mit Bildung von Slums in den Großstädten.
  - Der Zuckerrohranbau erforderte eine intensive Düngung mit ihren negativen Folgen.
  - Die Abwässer der Ethanolfabriken verschmutzten die Flüsse.
  - Die staatliche Förderung führte zu einer Festlegung auf den Pkw als dominantes Verkehrsmittel; der öffentliche Personennahverkehr wurde nicht mehr gefördert.
  - Der enorme Aufwand an Steuermitteln (bis zu 15 Mrd. US-Dollar pro Jahr) führte dazu, dass das Geld für lebenswichtige Projekte fehlte.

c) Nachwachsende Rohstoffe besitzen eine wesentlich günstigere Kohlenstoffdioxid-Bilanz als fossile Rohstoffe. Wenn man den Kohlenstoffdioxid-Ausstoß bei Anbau, Pflege, Düngung, Ernte und Verarbeitung nicht berücksichtigt, wird bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe nur gerade so viel Kohlenstoffdioxid freigesetzt, wie die Pflanze beim Wachstum gebunden hat. Diesem Vorteil stehen allerdings die in (b) genannten Nachteile gegenüber.

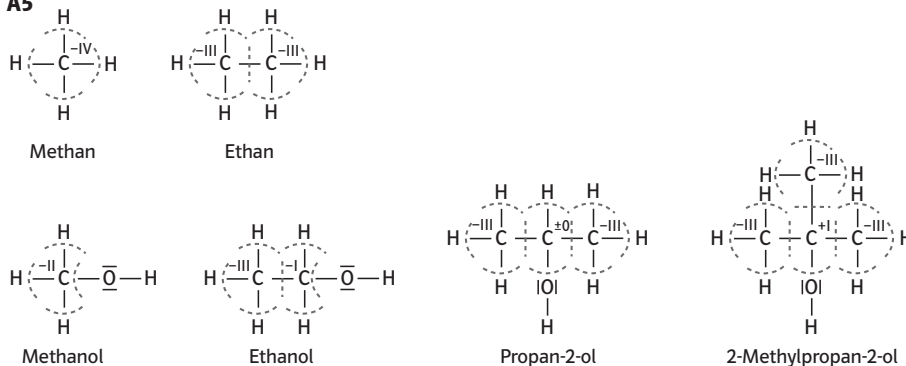
#### A3 Beispiel-Lösung:

primäres Alkoholmolekül:  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$  Propan-1-ol  
 sekundäres Alkoholmolekül:  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{OH}$  Propan-2-ol  
 tertiäres Alkoholmolekül:  $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{OH}$  2-Methylpropan-2-ol

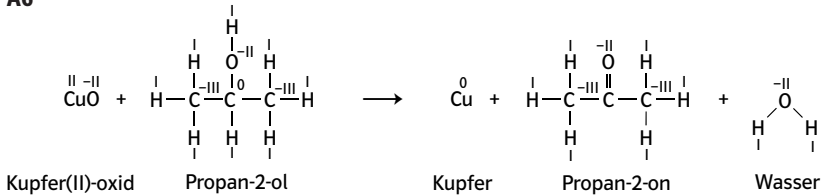


Aufgrund der insgesamt fünf Hydroxygruppen ist Xylit (Pentanpentol) gut wasserlöslich.

#### A5



A6



A7

- a) Bei der Herstellung von Essig aus Wein wird Ethanol von Essigsäurebakterien (Acetobacter aceti) zu Essigsäure oxidiert. Diese benötigen dazu Sauerstoff aus der Luft. Die Verwendung flacher Pfannen mit großem Durchmesser bewirkt eine schnelle Aufnahme von Luftsauerstoff, da die Kontaktfläche der Flüssigkeit mit der Luft groß ist.
- b) Bei heutigen Verfahren siedelt man die Essigsäurebakterien auf großen Oberflächen (z. B. auf Buchenholzspänen) an und bläst mithilfe einer Pumpe Luft ein.

A8 Gegeben: Essigessenz mit dem Massenanteil  $w(\text{Essigsäure}) = 25\%$   
 Gesucht: Masse der Essigessenz  $m(\text{Essigessenz})$ ,  
 die zur Herstellung von 1 Liter Essig mit  $w(\text{Essigsäure}) = 5\%$  benötigt wird

Berechnung der benötigten Masse von Essigsäure für 1 kg Essig:

$$w(\text{Essigsäure}) = \frac{m(\text{Essigsäure})}{m(\text{Essig})} \Leftrightarrow m(\text{Essigsäure}) = w(\text{Essigsäure}) \cdot m(\text{Essig})$$

$$\Rightarrow m(\text{Essigsäure}) = 5\% \cdot 1 \text{ kg} = 0,05 \cdot 1 \text{ kg} = 0,05 \text{ kg}$$

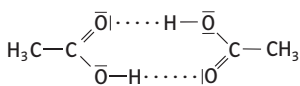
Berechnung der Masse von Essigessenz, die 0,05 kg Essigsäure enthält:

$$w(\text{Essigsäure}) = \frac{m(\text{Essigsäure})}{m(\text{Essigessenz})} \Leftrightarrow m(\text{Essigessenz}) = \frac{m(\text{Essigsäure})}{w(\text{Essigsäure})}$$

$$\Rightarrow m(\text{Essigessenz}) = \frac{0,05 \text{ kg}}{25\%} = \frac{0,05 \text{ kg}}{0,25} = 0,2 \text{ kg}$$

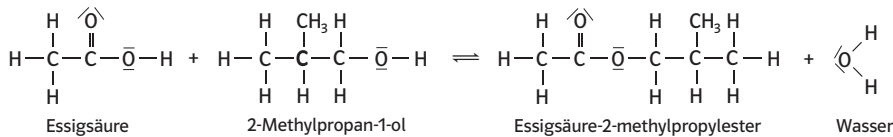
Um 1 kg Essig mit  $w = 5\%$  zu erhalten, benötigt man 0,2 kg Essigessenz mit  $w = 25\%$  und 0,8 kg Wasser. Nimmt man vereinfachend an, dass die Dichte von Essig  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$  ist, entspricht dies auch 1 Liter Essig.

A9 Die höhere Siedetemperatur der Essigsäure weist auf stärkere zwischenmolekulare Kräfte hin, verursacht durch die stark polare Carboxygruppe. Die Carboxygruppe enthält die polare C=O-Doppelbindung und die ebenfalls polare O—H-Einfachbindung. Dadurch können sich zwei Essigsäuremoleküle über Wasserstoffbrücken zu einem Essigsäuredimer (mit der doppelten Teilchenmasse  $m_t = 120 \text{ u}$ ) zusammenlagern:



Die Hydroxygruppe des Ethanolmoleküls ist weniger stark polar, und zwischen zwei Ethanolmolekülen kann nur eine Wasserstoffbrücke gebildet werden.

**A10**

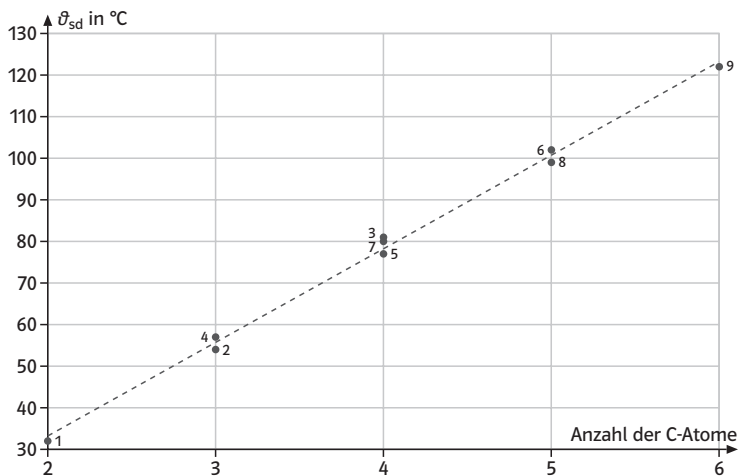


Ein Essigsäuremolekül reagiert mit einem 2-Methylpropan-1-ol-Molekül unter Abspaltung eines Wassermoleküls zu einem Essigsäure-2-methylpropylester-Molekül. Man bezeichnet diese Reaktion als Veresterung. Da insgesamt aus zwei Molekülen ein größeres Molekül unter Abspaltung eines kleinen Moleküls (H<sub>2</sub>O) gebildet wird, spricht man von einer Kondensationsreaktion.

**A11** Die funktionellen Gruppen des Milchsäuremoleküls sind eine Carboxygruppe und eine Hydroxygruppe.

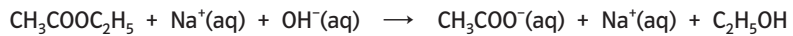
**A12**

Nr.	Ester	Anzahl der C-Atome	$\vartheta_{\text{sd}}$ in °C
1	Ameisensäuremethylester	2	32
2	Ameisensäureethylester	3	54
3	Ameisensäurepropylester	4	81
4	Essigsäuremethylester	3	57
5	Essigsäureethylester	4	77
6	Essigsäurepropylester	5	102
7	Propansäuremethylester	4	80
8	Propansäureethylester	5	99
9	Propansäurepropylester	6	122



Das Diagramm zeigt, dass die Siedetemperatur eines Carbonsäureesters hauptsächlich von der Anzahl der C-Atome seiner Moleküle abhängig ist. Isomere wie z. B. Ameisensäureethylester und Essigsäuremethylester haben sehr ähnliche Siedetemperaturen. Außerdem erkennt man eine annähernd lineare Abhängigkeit der Siedetemperatur von der Anzahl der C-Atome. Bestimmt man die Steigung der Geraden, so erkennt man, dass pro zusätzlichem C-Atom die Siedetemperatur um etwa 22,5°C höher wird.

**A13** Bei der Reaktion von Essigsäureethylester mit Natronlauge entsteht eine Lösung von Natriumacetat und Ethanol:



*Hinweis:* Die alkalische Hydrolyse (Verseifung) ist nicht umkehrbar, da die Veresterung säurekatalysiert abläuft. Daher läuft die alkalische Hydrolyse praktisch vollständig ab.