

## 4.1 S Alkohole – eine Stoffklasse mit vielen Gesichtern

M1

Arbeitsblatt

Name:

Datum:

### Methanol – Treibstoff der Zukunft

Steigende Rohölpreise und zunehmende Luftverschmutzung durch den Straßenverkehr sind seit Jahren Gründe für die Suche nach alternativen Treibstoffen. In Europa hat sich mittlerweile Biodiesel aus Rapsöl etabliert, in Südamerika setzt man vor allem auf Ethanol aus Zuckerrohr. Auch der Einsatz von Methanol als Treibstoff wird zur Zeit diskutiert. Methanol lässt sich aus Synthesegas herstellen, das z. B. auch aus Bioabfällen gewonnen werden kann. Auf dem Weg zu erneuerbaren Kraftstoffen scheint Methanol eine Schlüsselrolle einzunehmen, denn es kann, da es schadstofffrei verbrennt, als Kraftstoff direkt benutzt werden und es kann als Brennstoff für Brennstoffzellen eingesetzt werden.

#### Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC)

Brennstoffzellen sind kleine Kraftwerke: Ein Brennstoff, meistens Wasserstoff, reagiert in einer elektrochemischen Reaktion mit Sauerstoff, bei der die Reaktionsenergie in elektrische Energie umgewandelt wird. Diese direkte Stromerzeugung vor Ort, genau da, wo die Energie gerade gebraucht wird, macht die Brennstoffzelle zu einem sehr effizienten und umweltfreundlichen Energieversorgungssystem.

Bei der Direkt-Methanol-Brennstoffzelle wird als Brennstoff ein Gemisch aus Wasser und Methanol eingesetzt. Die Brennstoffzelle selbst besteht aus zwei Elektroden (Plus- und Minus-Pol), die durch eine protonendurchlässige Polymermembran voneinander getrennt sind. Das Methanol reagiert mit Wasser am Minus-Pol unter Abgabe von Elektronen zu Protonen  $H^+$  und Kohlenstoffdioxid. Die Elektronen wandern, da sie die Membran nicht durchdringen können, über einen äußeren Stromkreis zum Plus-Pol. Es fließt ein Strom. Die Protonen durchqueren die Membran und wandern so ebenfalls zum Plus-Pol, wo sie mit Sauerstoff und den ankommenden Elektronen zu Wasserdampf reagieren.

Da eine einzelne Brennstoffzelle nur eine sehr geringe Spannung erzeugt, werden je nach benötigter Spannung mehrere Brennstoffzellen zu einem so genannten „Stack“ (Stapel) elektrisch verschaltet.



F-Cell B-Klasse von Mercedes

#### Nachweis der Verbrennungsprodukte von Methanol

*Geräte* Trichter, Schlauchmaterial, Wasserstrahlpumpe, Glasrohr, Waschflasche, Porzellanschale, Stativmaterial

*Chemikalien* Methanol (F, leichtentzündlich, T, giftig, Gefahr der Hautresorption), weißes Kupfersulfat (Xn, gesundheitsschädlich, N, umweltgefährlich), Kalkwasser (Xi, reizend)

*Sicherheitshinweise* Schutzbrille, Arbeit mit T im Abzug, Handschutz

## 4.1 S Alkohole – eine Stoffklasse mit vielen Gesichtern

M1

### Arbeitsblatt Methanol (Fortsetzung)

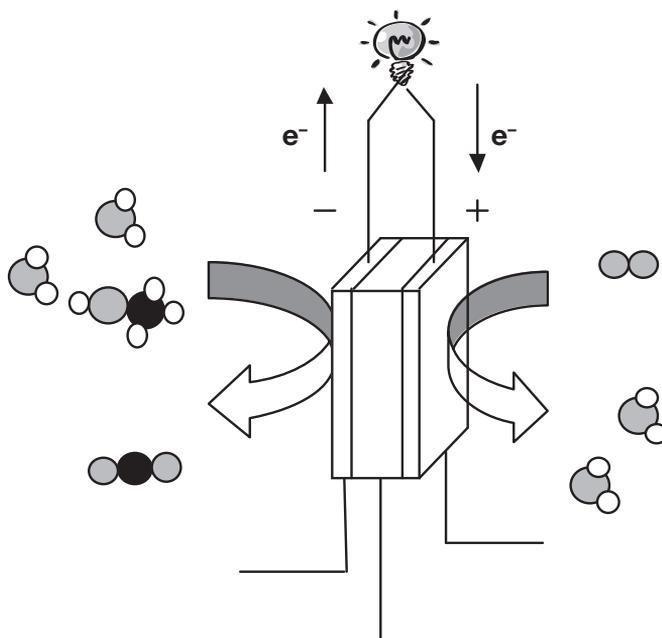
*Alternativ-Vorschlag* Ethanol (F, leichtentzündlich)

*Durchführung* Füllen Sie etwas Methanol in eine Porzellanschale und entzünden Sie es. Saugen Sie die Verbrennungsgase über einen Trichter durch ein Rohr mit weißem Kupfersulfat und anschließend durch eine Waschflasche mit frischem Kalkwasser.

*Entsorgung* Kupfersulfat kann getrocknet und wieder benutzt werden. Kalkwasser kann in den Abguss gegeben werden.

### Aufgaben

- Erklären Sie anhand der Strukturformel, warum Methanol bei Raumtemperatur flüssig ist.
- Untersuchen Sie die Löslichkeit von Methanol in Wasser und Pentan. Protokollieren und erklären Sie Ihre Beobachtungen.
- Informieren Sie sich über die Herstellung von Methanol aus Synthesegas (Chemiebuch, Lexikon, Internet) und geben Sie eine Gleichung für die Reaktion an.
- Überprüfen Sie die Brennbarkeit des Methanols und weisen Sie die Verbrennungsprodukte nach.
- Informieren Sie sich über die Funktion der Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (<http://www.innovation-brennstoffzelle.de/>). Beschriften Sie die unten angegebene Zeichnung und geben Sie die Reaktionsgleichung für den Gesamtvorgang an.
- Erstellen Sie einen Stoffsteckbrief für Methanol.
- Informieren Sie sich über den Einsatz von Methanol als Kraftstoff für Otto-Motoren. Erstellen Sie eine Tabelle mit Vor- und Nachteilen im Vergleich zu Benzin.

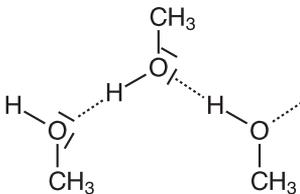


## 4.1 L Alkohole – eine Stoffklasse mit vielen Gesichtern

Erwartungshorizont

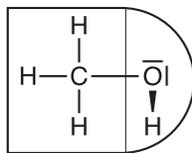
### Methanol – Treibstoff der Zukunft

zu a) Methanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  gehört zu den kurzkettigen Alkoholen. Deshalb werden seine Eigenschaften im Wesentlichen durch die polare Hydroxy-Gruppe ( $-\text{OH}$ ) bestimmt. Daher bilden sich zwischen den Methanol-Molekülen Wasserstoffbrückenbindungen (Dipol-Dipol-Wechselwirkung). Diese intermolekularen Anziehungskräfte sind stärker als die *Van-der-Waals*-Kräfte bei den entsprechenden Alkanen (Methan). Deshalb ist Methanol bei Raumtemperatur flüssig.



Wasserstoffbrückenbindung zwischen Methanol-Molekülen

zu b) Methanol ist in jedem Verhältnis mit Wasser (polares Lösungsmittel) mischbar, da Methanol-Moleküle mit Wasser-Molekülen gut Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. In Pentan (unpolares Lösungsmittel) löst sich Methanol nur zum Teil, da der hydrophobe aliphatische Rest ( $\text{CH}_3$ -Gruppe) nur sehr klein ist.

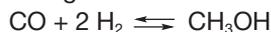


unpolare Methyl-  
Gruppe      polare OH-  
Gruppe

zu c) Herstellung von Methanol aus Synthesegas

Synthesegas ist ein Gemisch aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff im Verhältnis 1:2. Es entsteht durch die partielle Oxidation von Erdgas oder der Vergasung von Kohle.

Bildung von Methanol aus Synthesegas

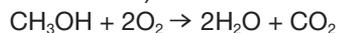


Die Herstellung erfolgt durch eine katalytische Druckreaktion bei 200 bar und  $380^\circ\text{C}$  mithilfe von Katalysatoren. Das entstehende Rohmethanol ist durch Nebenprodukte verunreinigt und muss destillativ gereinigt werden.

zu d) Beobachtungen:

Methanol brennt mit schwach blauer, fast unsichtbarer Flamme. Das weiße Kupfersulfat färbt sich blau, das Kalkwasser trübt sich.

Erklärung: Bei der Verbrennung entsteht Wasser (Nachweis mit Kupfersulfat) und Kohlenstoffdioxid (Trübung des Kalkwassers).



## 4.1 L Alkohole – eine Stoffklasse mit vielen Gesichtern

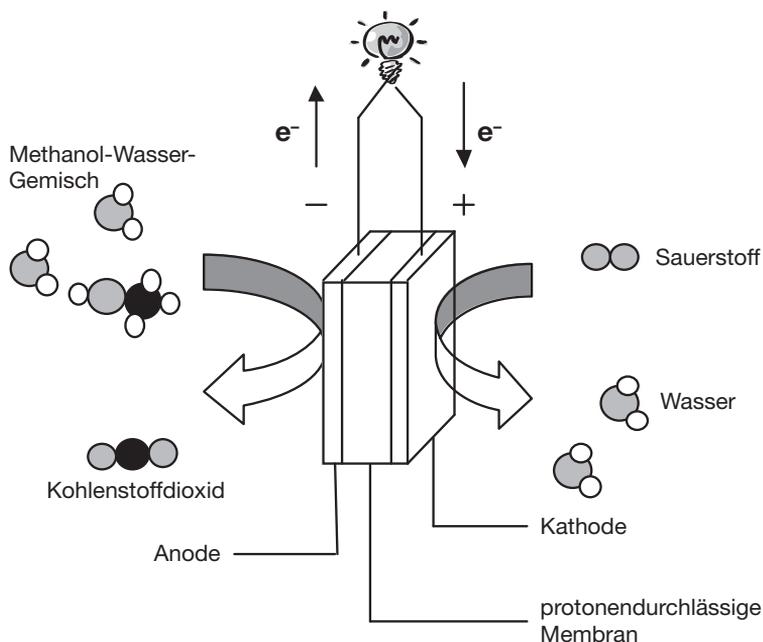
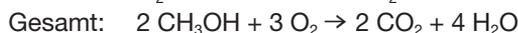
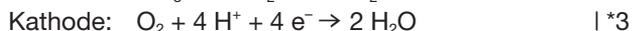
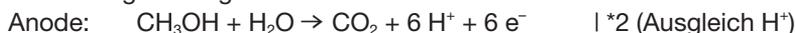
Erwartungshorizont

### Methanol (Fortsetzung)

zu e) Bei der Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) wird ein Methanol-Wasser-Gemisch als Brennstoff genutzt. Die Zelle besteht aus einer Anode (Minus-Pol) und einer Kathode (Plus-Pol). Als Elektrolyt dient eine protonendurchlässige Polymermembran, auf die beidseitig ein Katalysator aufgetragen ist.

An der Anode wird Methanol zu Kohlenstoffdioxid oxidiert. Die dabei entstehenden Elektronen wandern über einen äußeren Stromkreis zur Kathode, die Protonen wandern durch die Membran. Im Kathodenraum reagieren die Protonen mit dem Luftsauerstoff und den Elektronen zu Wasser.

Reaktionsgleichungen



### zu f) Steckbrief Methanol

Eigenschaften	Herstellung	Verwendung
<ul style="list-style-type: none"> <li>- farblose Flüssigkeit</li> <li>- Schmelztemperatur: <math>-97,8 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> <li>- Siedetemperatur: <math>64,7 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> <li>- Dichte: <math>0,7915 \text{ g/mL}</math> bei <math>20 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> <li>- unbegrenzt mit Wasser mischbar</li> <li>- brennbar</li> <li>- giftig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destillation des Holzessigs bei der Holzverkohlung</li> <li>- aus Synthesegas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösungsmittel für Lacke</li> <li>- Treibstoffzusatz</li> <li>- Brennstoff für Brennstoffzellen</li> <li>- Herstellung von Formaldehyd</li> <li>- Rohstoff zur Herstellung von Farbstoffen, Medikamenten und Pflanzenschutzmitteln</li> </ul>