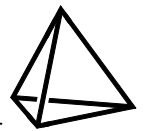


# Versuch 10: Brennstoffzelle

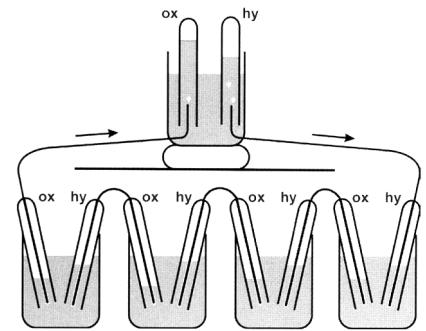


Bezug: Lehrplaneinheit 8: Elektrochemie / Prinzip einer Brennstoffzelle

Information: Die erste Brennstoffzelle wurde 1839 von Sir WILLIAM ROBERT GROVE (1811-1896) entwickelt.

Vorausgegangen war die Entdeckung, dass die Elektrolyse umkehrbar ist.

Die Abbildung zeigt eine Brennstoffzelle von 1842, die GROVE aus vier hintereinander geschalteten Zellen konstruierte. In den vier unteren Gefäßen befindet sich verdünnte Schwefelsäure, in die je zwei Glasröhren mit Platin-Elektroden eintauchen. Im oberen Teil der Glasröhren befinden sich entweder Sauerstoff (Oxygen) oder Wasserstoff (Hydrogen).



Der dabei erzeugte Strom versorgt hier einen Elektrolyseur (oberes Gefäß).

Geräte und Chemikalien: Becherglas (150 mL, h.F.), Separator (Trennwand), 2 Graphitelektroden, 2 Kabel, 2 Krokodilklemmen, Trafo, Multimeter, Mikromotor, Stativmaterial, Kalilauge ( $c(\text{KOH}) \approx 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

Für V2: Graphitelektroden mit geeigneten Katalysatoren: C/Pd als Wasserstoffelektrode und C/Ag als Sauerstoffelektrode (Herstellung, siehe unten).

## Aufgaben:

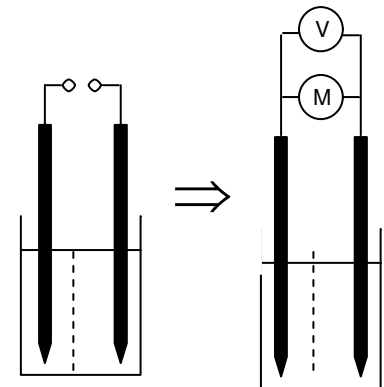
1. Bestimmen Sie die Spannung der Brennstoffzelle.
2. Wie lange läuft der Mikromotor?
3. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen der an den Elektroden ablaufenden Reaktionen.
4. Vergleichen Sie die Wirksamkeit der Elektroden ohne und mit katalytisch wirksamen Metallen.

Versuch 1: Die Graphitelektroden werden in die Kalilauge getaucht und an den Gleichspannungstrafo angeschlossen.

Ein Separator verhindert, dass sich die Elektroden berühren. Für die kurzzeitige (1-2 min) Elektrolyse wird die Spannung so weit erhöht, dass an den Elektroden eine geringe Gasentwicklung erfolgt.

Hierbei beladen sich die Graphitstäbe in ihrem feinporigen Gefüge mit den entsprechenden Gasen.

Nach der Elektrolyse wird die Spannungsquelle durch ein Voltmeter und einen Mikromotor ersetzt.



Versuch 2: Wie Versuch 1, aber statt der normalen Graphitelektroden werden folgende, mit katalytisch wirksamen Metallen ausgestattete Graphitelektroden eingesetzt:

- Sauerstoffelektrode (blau markiert): Graphit / Silber
- Wasserstoffelektrode (rot markiert): Graphit / Palladium

**Bitte Polung beachten!**

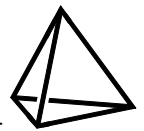
Auswertung: ....

Herstellung der katalytisch wirksamen Graphitelektroden: [1]

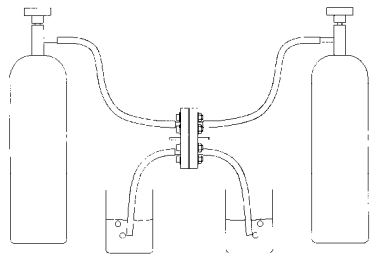
1. **Sauerstoffelektrode:** Die Graphitelektrode wird als Kathode in eine Silbernitratlösung ( $w \approx 2\%$ ) gestellt. Als Anode dient eine weitere Graphitelektrode. Bei  $U \approx 3 \text{ V}$  wird ca. 10 Minuten lang elektrolysiert. Die Elektrode wird getrocknet und mit **blauer Markierung** z.B. in einem Reagenzglas aufbewahrt.
2. **Wasserstoffelektrode:** Die Graphitelektrode wird als Kathode in eine Palladiumchloridlösung ( $w \approx 0,2\%$ ) gestellt. Als Anode dient wieder eine Graphitelektrode. Bei  $U \approx 3 \text{ V}$  wird 0,5 bis 1 Stunde lang elektrolysiert. Die Elektrode wird getrocknet und mit **roter Markierung** z.B. in einem Reagenzglas aufbewahrt.

[1]: W. Jansen, M. Kenn, B. Flintjer, R. Peper: Elektrochemie, Aulis Verlag, ISBN 3-7614-0603-7, 3. Aufl., 1985, S. 58/59, verändert

# Zu Versuch 10: Brennstoffzellen – Hinweise auf mögliche Weiterführung



## Versuch 3: Membran-Brennstoffzelle (PEMFC = proton exchange membrane fuel cell)



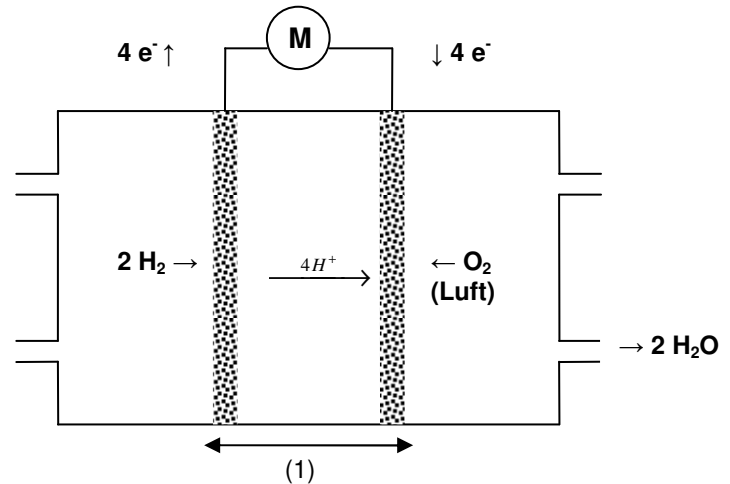
Die Schläuche enden in Bechergläsern mit dest. Wasser. Nach Anschluss eines Voltmeters oder eines Mikromotors werden die Gasventile **vorsichtig (!)** so weit geöffnet, dass ein wenig überschüssiges Gas über die Schläuche ins Wasser entweicht. Es genügt, wenn etwa alle 10 Sekunden eine Glasblase austritt.

Prinzip: Siehe Skizze

(1) ist eine Protonenaustauschmembran (PEM).

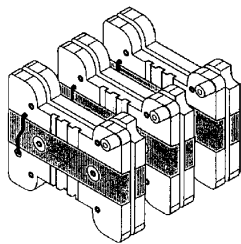
Sie übernimmt folgende Aufgaben:

- Elektrolyt
- Katalytisch wirksame Gasdiffusionselektroden (Gewebe aus platiniierten Kohlefasern)



## Versuch 4: Brennstoffzellen-Stack

Um höhere Leistungen zu erzielen, werden viele Einzelzellen zu einem Brennstoffzellen-Stack (-Stapel) in Reihe geschaltet (siehe Skizze).

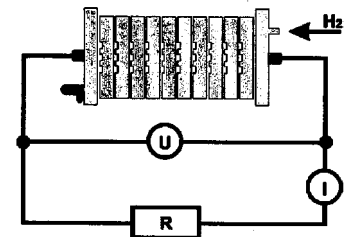


Links: 3 Einzelzellen

Rechts: Brennstoffzellen-Stack (FC-Stack)

Betriebsbereitschaft herstellen:

1. FC-Stack so aufstellen, dass die Luftkanäle senkrecht nach oben und unten zeigen.
2. Kurzzeitig die Gummikappe abnehmen, um den FC-Stack komplett mit Wasserstoff zu durchströmen (z.B. 100 mL H<sub>2</sub> aus Kolbenprober). Gummikappe wieder aufsetzen.



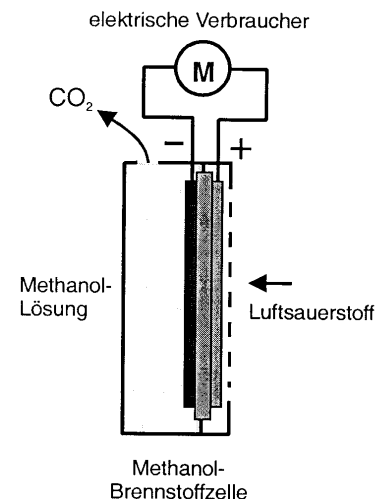
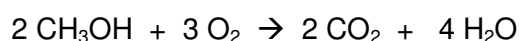
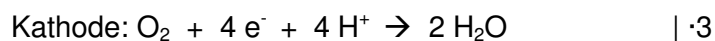
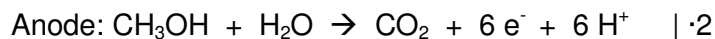
Durchführung:

1. Schließen Sie einen Mikromotor an.
2. Geben Sie aus dem Kolbenprober ca. 10 mL Wasserstoff zu. Wenn die Motorleistung nachlässt, fügen Sie die nächste kleine H<sub>2</sub>-Portion zu, usw.

## Versuch 5: Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC)

Analoger Aufbau wie Membran-Brennstoffzelle.

Unterschied: Als Brennstoff dient Methanol anstelle von Wasserstoff.



Hinweis: Die Abbildungen der PEMFC, des Brennstoffzellen-Stacks und der DMFC sind aus Firmenschriften der Firma „h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH“ entnommen.