

**HappyEvening
am 15.10.2008**

**Brennstoffzellen zur mobilen
Energiebereitstellung**

T. Pröll
15.10.2008

Inhalt

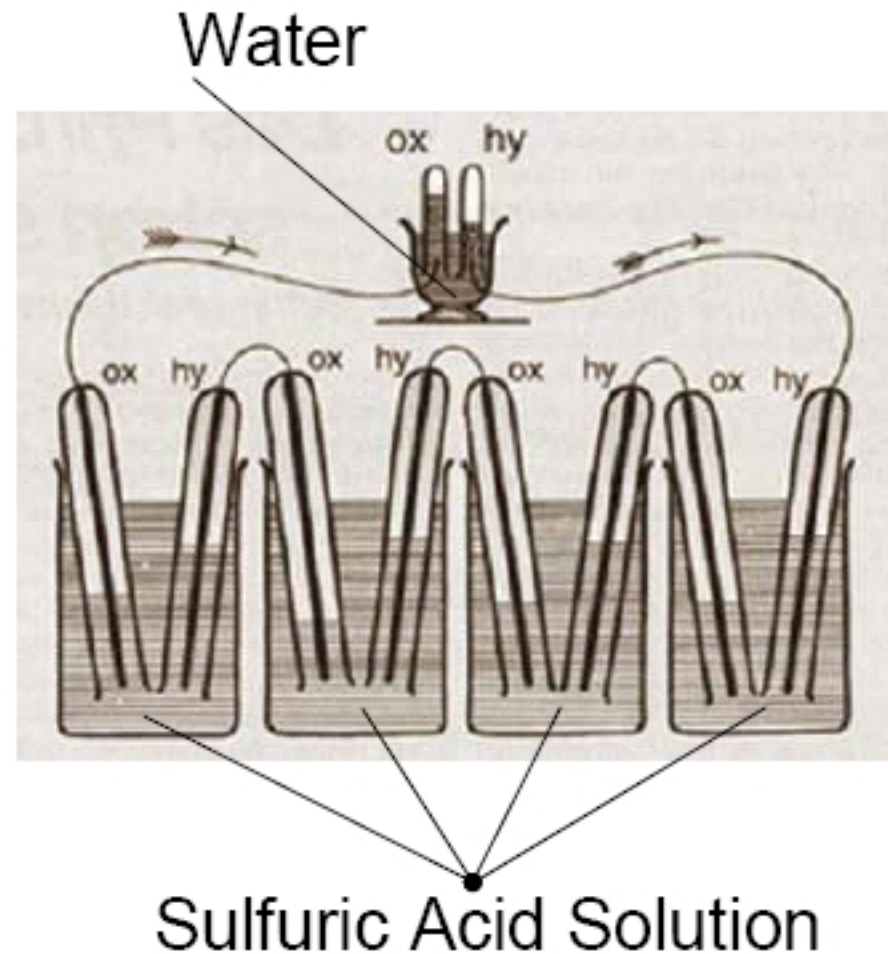
- Grundlagen
- Zelltypen und Anwendungen
- PEM-Brennstoffzelle (Prinzip)
- Direkt-Methanol-Brennstoffzelle
- Zusammenfassung

Grundlagen

- Geschichte
- Stromgewinnung aus Brennstoffen
- Brennstoffzelle vs. Galvanische Zelle
- Elektrochemisches Potenzial (Zellspannung)
- Verhalten der belasteten Zelle → Kennlinie

Geschichte

- Prinzip der Brennstoffzelle 1838 von C.F. Schönbein als Umkehrung der Elektrolyse entdeckt
- Erste Zelle von Sir William Robert Grove 1839 „demonstriert“



Stromerzeugung aus Brennstoffen

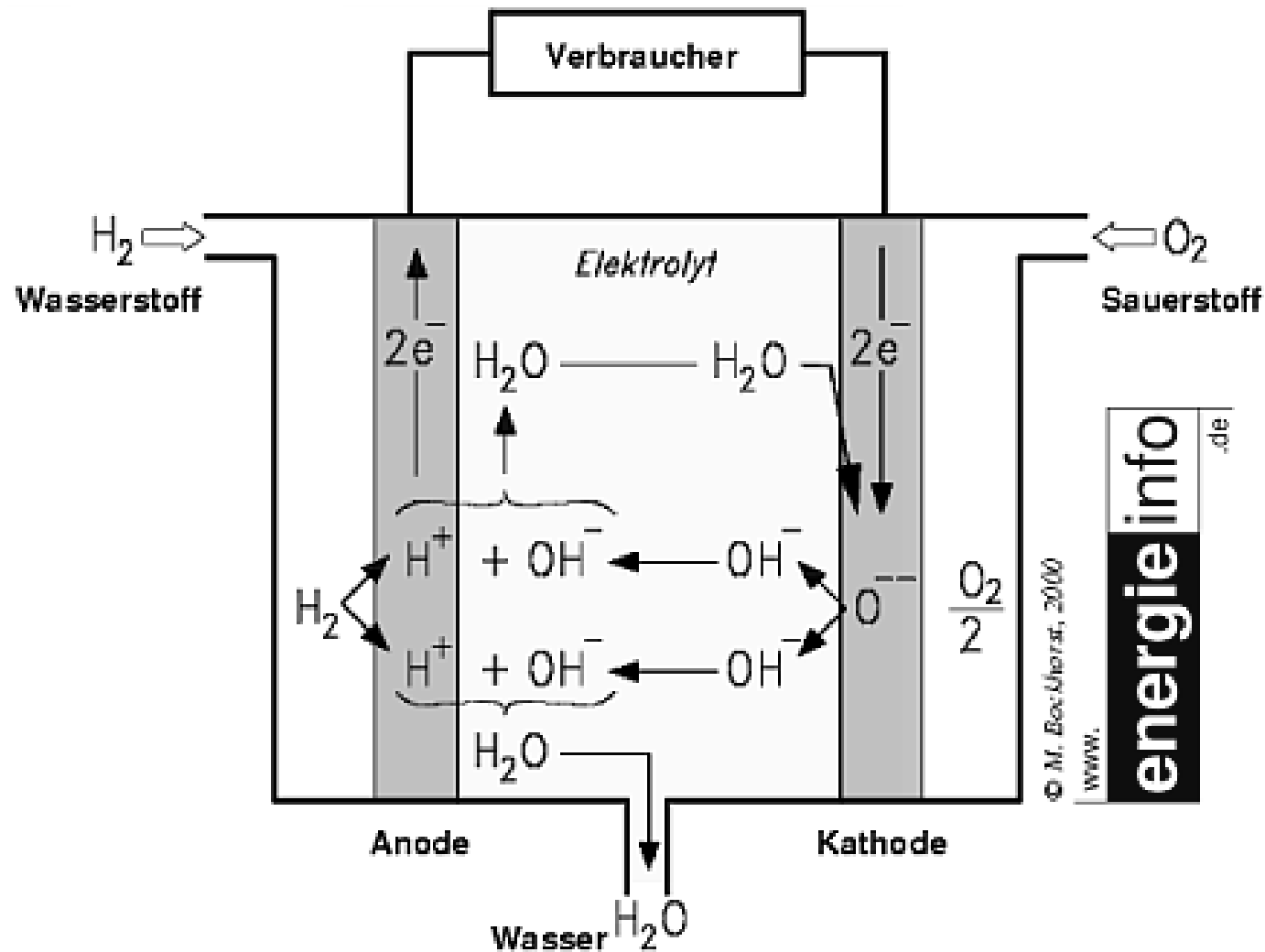
- Umwandlung von chemisch gebundener Energie in elektrische Energie
 - Klassisch mit Umweg über Wärme und mechanische Energie (Verbrennungsmotor, Dampfprozess, etc.)
 - Problem der begrenzten Umwandelbarkeit von Wärme
 - Brennstoffzelle umgeht diese Problematik (teilweise)

- Basis von Wirkungsgradformulierungen ist der Heizwert

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot H_U}$$

$$\dot{m} \cdot H_U = P_{el} + \sum \dot{Q}_{ab}$$

Prinzip der klassischen Brennstoffzelle



Brennstoffzelle vs. Galvanische Zelle

Brennstoffzelle

- Energiewandler
- Elektroden sind Katalysatoren (Pt, etc.)
- Elektrolytzusammensetzung ist konstant
- Komplexe Reaktion an einer Dreiphasen-Grenzfläche (Gas-Katalysator-Elektrolyt)

Galvanische Zelle

- Energiespeicher
- Elektroden reagieren chemisch
- Elektrolytzusammensetzung ändert sich
- Vergleichsweise einfache Zweiphasen-Reaktion (Elektrode-Elektrolyt)

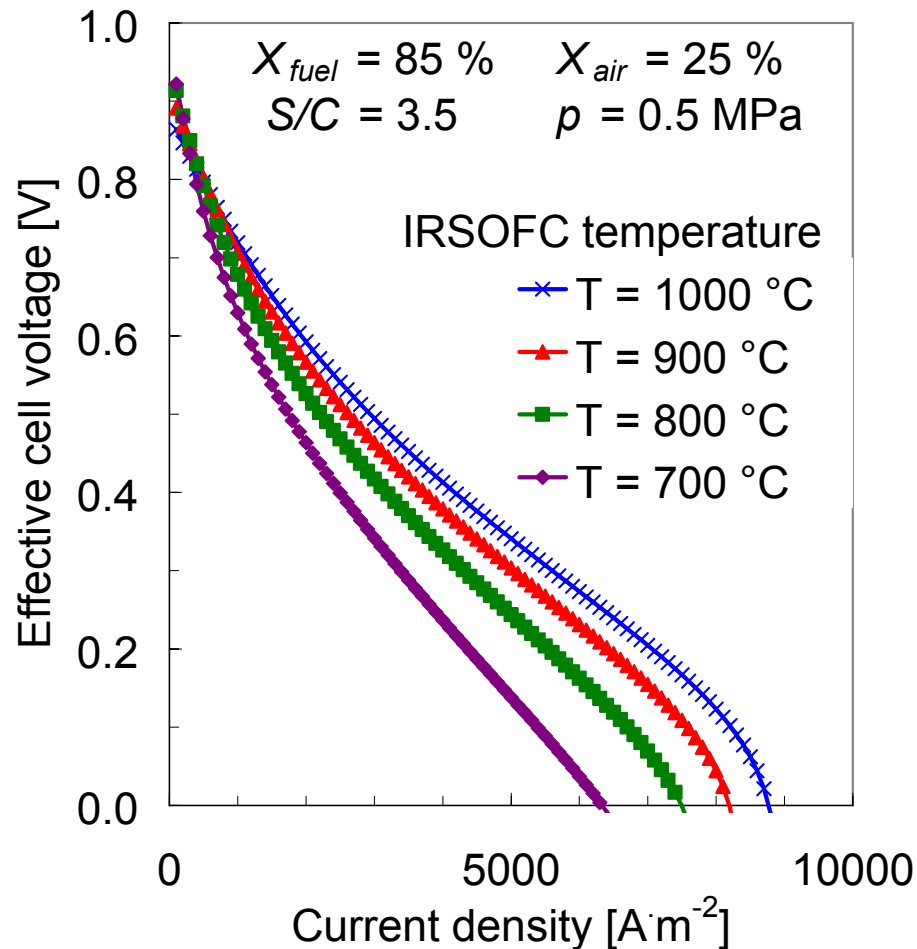
Zellspannung

- Leerlaufspannung durch die Stoffeigenschaften und die Konzentrationen der Reaktionspartner bestimmt (Nernst-Gleichung)
- Praktische Zellspannung nimmt mit zunehmender Belastung (Strom) ab (Polarisationseffekte):
 - Aktivierungspolarisation
 - Konzentrationspolarisation
 - Ohmsche Verluste

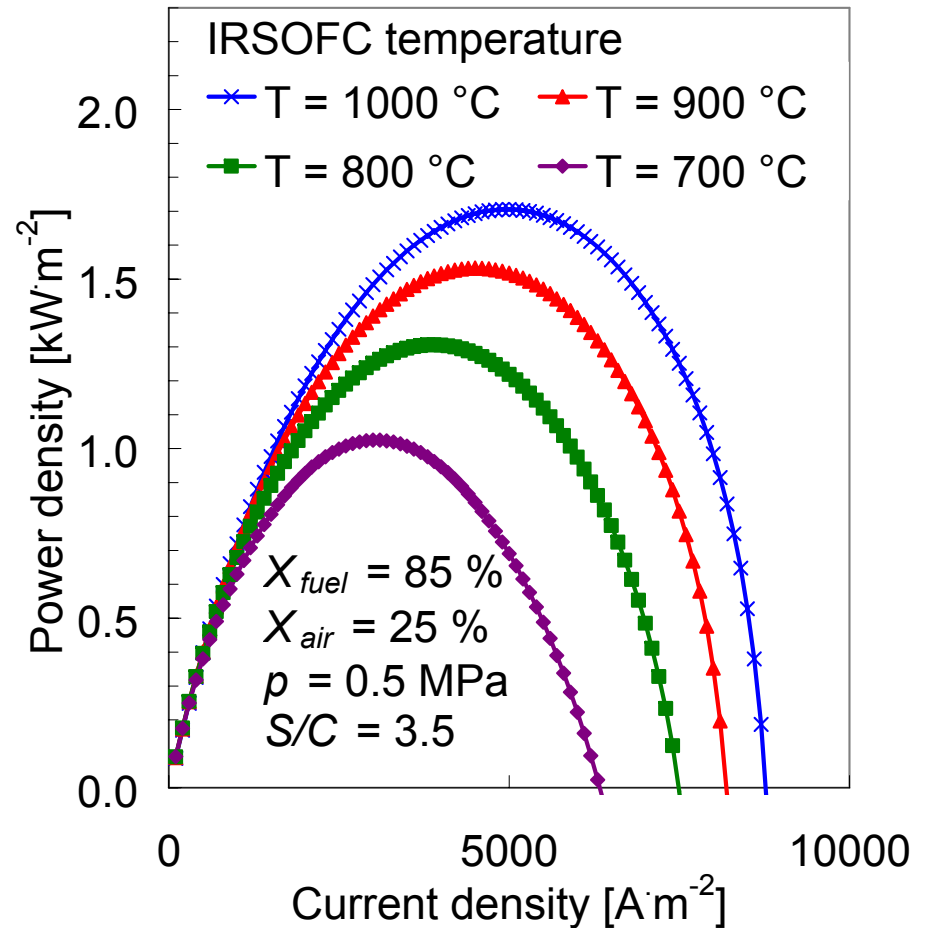
Verhalten der belasteten Zelle

Beispiel Oxidkeramische Brennstoffzelle

Zellspannung vs. Stromdichte



Leistungsdichte vs. Stromdichte



Inhalt

- Grundlagen
- Zelltypen und Anwendungen
- PEM-Brennstoffzelle (Prinzip)
- Direkt-Methanol-Brennstoffzelle
- Zusammenfassung

Zelltypen

<i>Fuel cell</i>	<i>Electrolyte</i>	<i>Operating temperature</i>	<i>fuel gas</i>	<i>catalyst poisons</i>
AFC	KOH solution	70-260 °C	pure H ₂	CO, CO ₂
PEM	Polymer membrane	50-120 °C	pure H ₂	CO > 10 ppm
PAFC	H ₃ PO ₄	180-210 °C	H ₂	CO > 0.5 %, H ₂ S > 50 ppm
MCFC	molten alkaline carbonates	650 °C	H ₂ /CO	H ₂ S > 0.5 ppm
SOFC	solid oxide ceramics	800-1000 °C	H ₂ /CO (CH ₄)	H ₂ S > 1.0 ppm

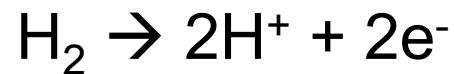
Source: Larminie & Dicks, "Fuel Cell Systems Explained", J. Wiley & Sons, 2000.

Inhalt

- Grundlagen
- Zelltypen und Anwendungen
- **PEM-Brennstoffzelle (Prinzip)**
- Direkt-Methanol-Brennstoffzelle
- Zusammenfassung

Proton Exchange Membrane (PEM) Brennstoffzelle (Aufbau)

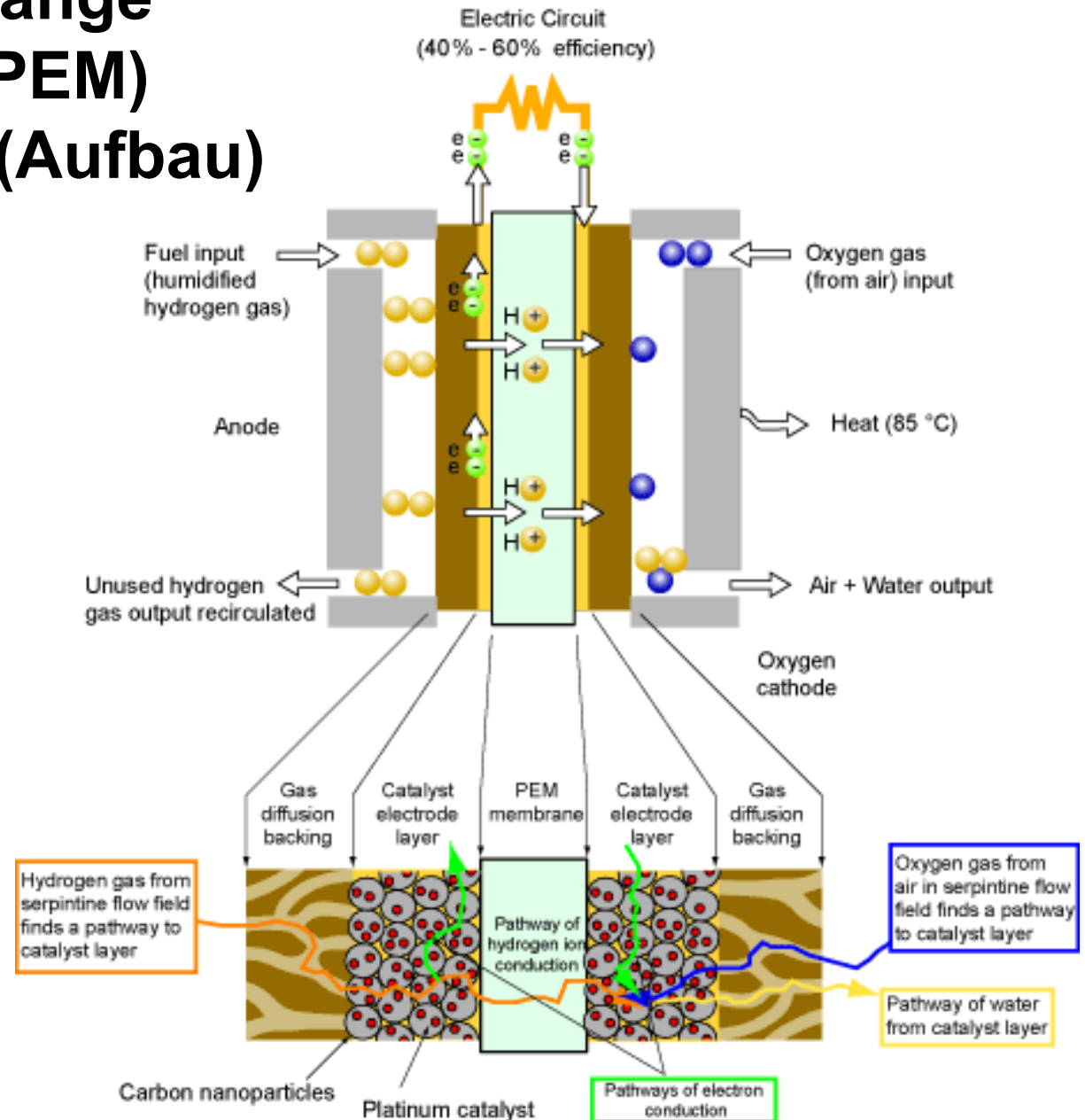
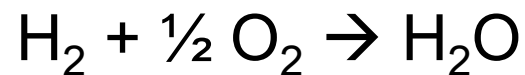
Anodenreaktion:



Kathodenreaktion:



Summenreaktion:

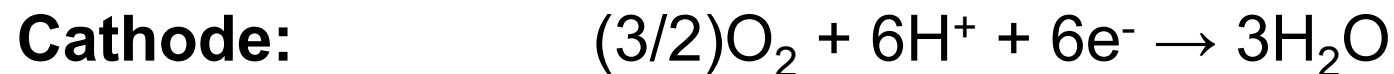
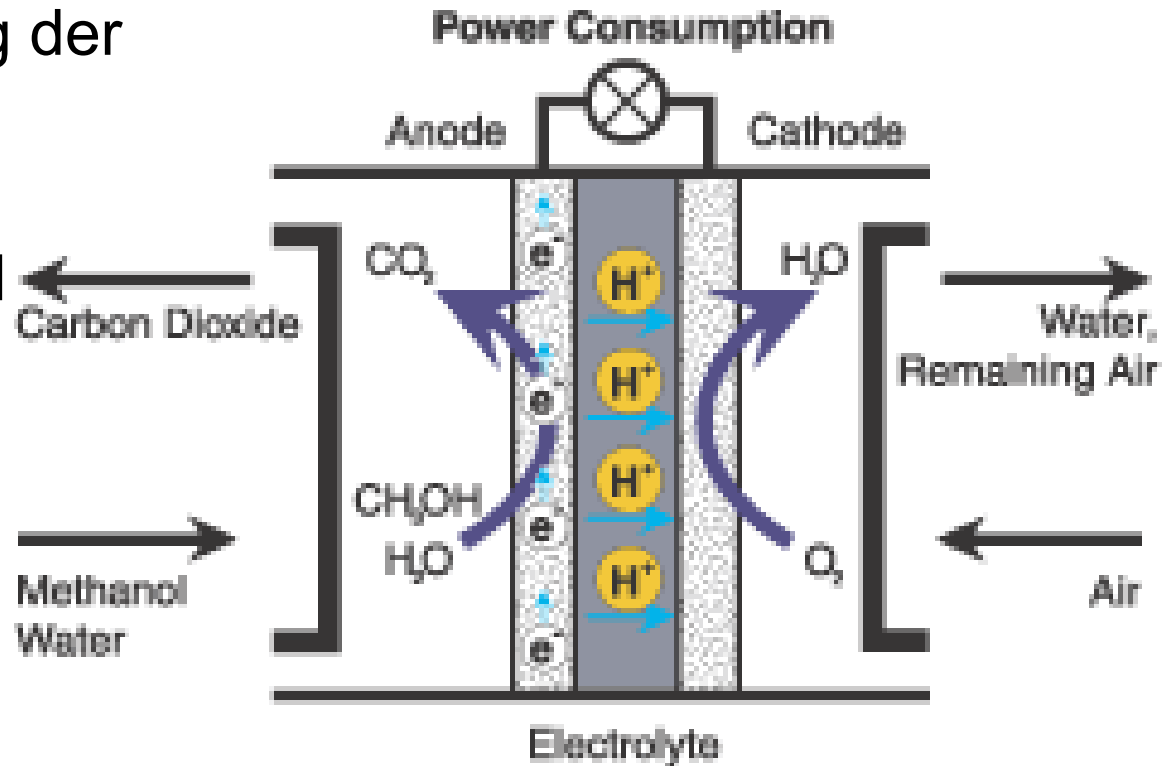


Inhalt

- Grundlagen
- Zelltypen und Anwendungen
- PEM-Brennstoffzelle (Prinzip)
- **Direkt-Methanol-Brennstoffzelle**
- Zusammenfassung

Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC)

- Weiterentwicklung der H₂ - PEM-FC
- Flüssiger Einsatzbrennstoff CH₃OH



Diskussion DMFC

- Wasser wird auf der Anodenseite verbraucht
 - wird durch H₂O-Durchlässigkeit der Membran bereitgestellt
- Diffusion von Methanol durch die Membran (methanol crossover)
 - wird durch neue Membrantechnologie gering gehalten
- Katalysatorvergiftung durch CO
 - CO kann durch Zugabe von Gold oder Ruthenium am Kat oxidiert werden
- Methanol ist toxisch und hochentzündlich
 - solche Eigenschaften sind bei Kraftstoffen typisch

Performance DMFC EFOY 1600

Verbrauch (EFOY)	0.9	Liter/kWh
Stromausbeute (EFOY)	1.1	kWh/Liter
Energiedichte CH ₃ OH	4.4	kWh/Liter
Wirkungsgrad EFOY	25.3	%
Heizwert Methanol	19.7	MJ/kg
entspricht theoretisch	456.0	Ah/kg @ 12 V
mit Wirkungsgrad 25%	114.0	Ah/kg @ 12 V

DMFCs in der Anwendung



Zusammenfassung

- Brennstoffzellen haben derzeit schon Vorteile wenn Batterien/Akkus ersetzt werden
- Wirkungsgrade von kleinen DMFC liegen mit 25% noch unter denen klassischer verbrennungsbasierter Prozesse
- Eher ein Durchbruch im Kleinstleistungsbereich zu erwarten (Handy, Laptop, etc.) als große stationäre Anwendungen