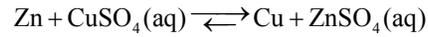
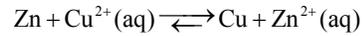


## Elektrochemie im Gleichgewicht

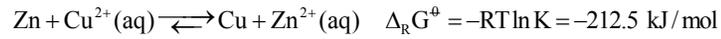
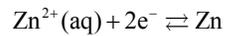
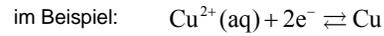
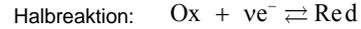


Kupfersulfat wird zu Kupfer reduziert, Zink zu Zinksulfat oxidiert

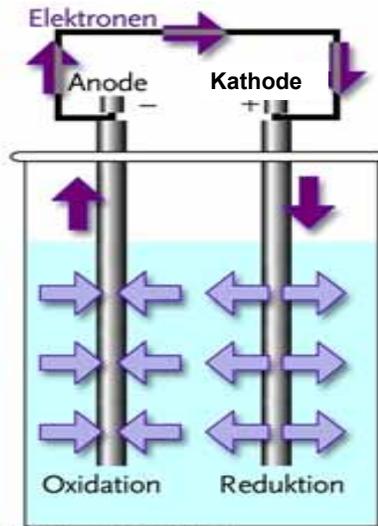


Sulfationen nehmen an der Reaktion nicht teil

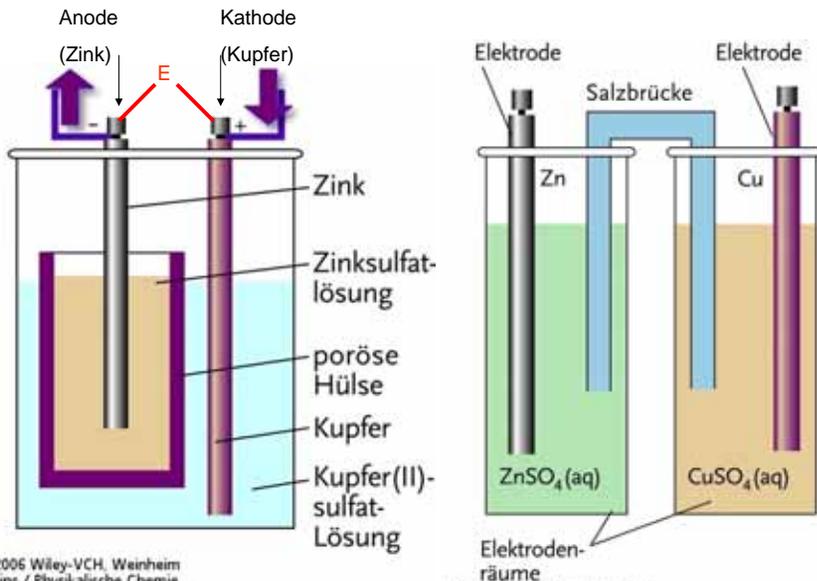
Redoxreaktion - Zerlegung in zwei Halbreaktionen



Man kann die Reaktion nutzen, um elektrische Arbeit zu erzeugen durch räumliche Trennung der Oxidations- und Reduktionsprozesse in einer **Galvanischen Zelle**

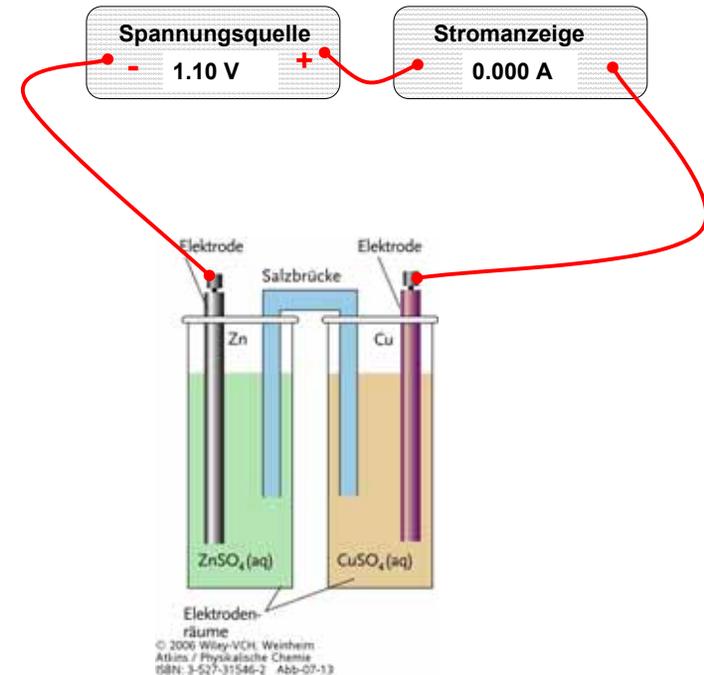


© 2006 Wiley-VCH, Weinheim  
Atkins / Physikalische Chemie  
ISBN: 3-527-31546-2 Abb-07-11



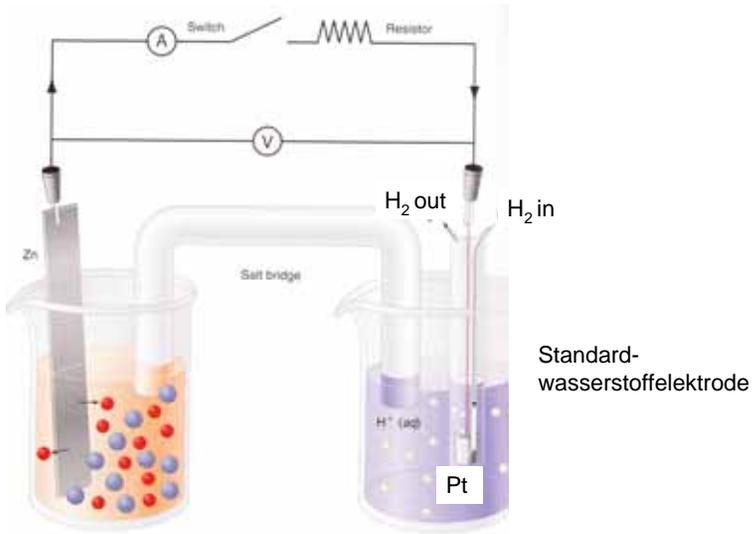
© 2006 Wiley-VCH, Weinheim  
Atkins / Physikalische Chemie  
ISBN: 3-527-31546-2 Abb-07-12

© 2006 Wiley-VCH, Weinheim  
Atkins / Physikalische Chemie  
ISBN: 3-527-31546-2 Abb-07-13



© 2006 Wiley-VCH, Weinheim  
Atkins / Physikalische Chemie  
ISBN: 3-527-31546-2 Abb-07-13

### Standardwasserstoffelektrode



Quelle:  
Engel/Reid

### Elektrochemische Spannungsreihe der Metalle

$$E^\ominus = -\frac{\Delta_R G^\ominus}{F \cdot \nu}$$

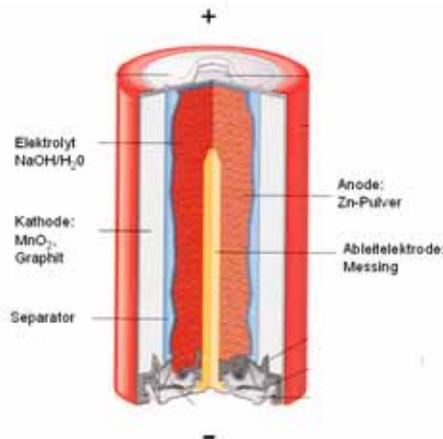
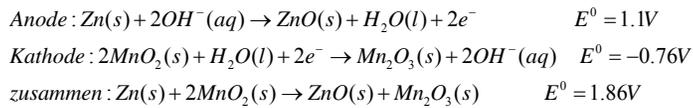
edel  
↑  
↓  
unedel

	$E^\ominus$ (Volt)	$\Delta_R G^\ominus$ (kJ/mol)
$\text{Au}^+ + e^- \rightarrow \text{Au}$	1.69	-163.1
$\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$	0.80	-77.1
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	0.34	-65.5
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$	0	0
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.44	+78.9
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	-0.76	+147.1
$\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$	-2.71	+261.9
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ca}$	-2.87	+553.6
$\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li}$	-3.05	+293.3

... und Nichtmetalle

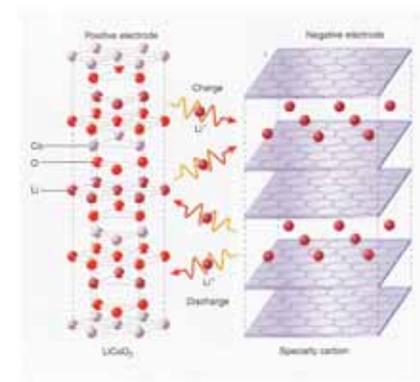
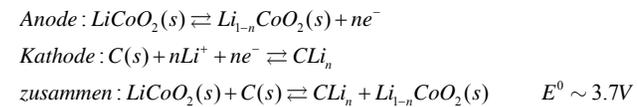
	$E^\ominus$ (Volt)	$\Delta_R G^\ominus$ (kJ/mol)
$\text{F}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{F}^-$	+2.87	-557.6
$\text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	+1.36	-262.5
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23	-474.3
$\text{S} + 2e^- \rightarrow \text{S}^{2-}$	-0.48	+92.6

### Alkalibatterie



Quelle:  
Engel/Reid

### Lithium-Ionen-Akkumulator

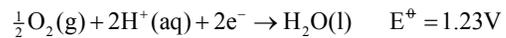
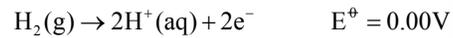


Quelle:  
Engel/Reid

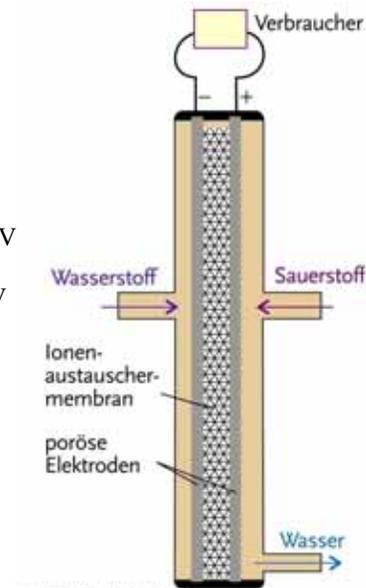
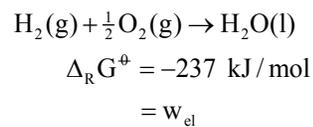
### Brennstoffzelle:

Galvanische Zelle, bei der Reaktanden kontinuierlich zu- und abgeführt werden

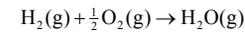
z.B. Wasserstoff und Sauerstoff



insgesamt



© 2006 Wiley-VCH, Weinheim  
Atkins / Physikalische Chemie  
ISBN: 3-527-31546-2 Abb-25-49



$$\Delta_{\text{R}}H^\ominus = -242 \text{ kJ/mol } (\text{H}_2\text{O})_{\text{g}}$$

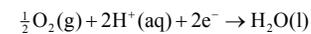
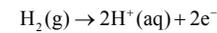
$$\Delta_{\text{R}}G^\ominus = -237 \text{ kJ/mol } (\text{H}_2\text{O})_{\text{l}}$$

### Ottomotor

$$\eta = \frac{|w|}{|q_A|} \leq 1 - \frac{T_B}{T_A} \quad \text{etwa } 0.3$$

etwa 80kJ/mol werden in Arbeit umgewandelt, 160 kJ/mol in Wärme

### Brennstoffzelle



$$dG = dw_{\text{el}} = \Delta_{\text{R}}G \cdot d\chi$$

Reaktion läuft vollständig ab,  $d\chi=1$

volle 237 kJ/mol werden in Arbeit umgewandelt

### Volles Rohr mit Wasserstoff

Wasserstoff gilt als Energiequell der Zukunft, darin sind sich die Autohersteller einig. BMW verfeuert das flüchtige Element am liebsten in herkömmlichen Ottomotoren. Jetzt stellen die Münchner gleich neun Weltrekorde für ein Auto mit dieser Technik auf.



Der BMW H2R, so heißt das Rekordauto, ist mit einem Zwölfzylindermotor mit sechs Litern Hubraum bestückt und leistet mehr als 285 PS (210 kW). Das reicht für eine Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in rund sechs Sekunden und eine Höchstgeschwindigkeit von 302,4 km/h. Quelle: Spiegel - online