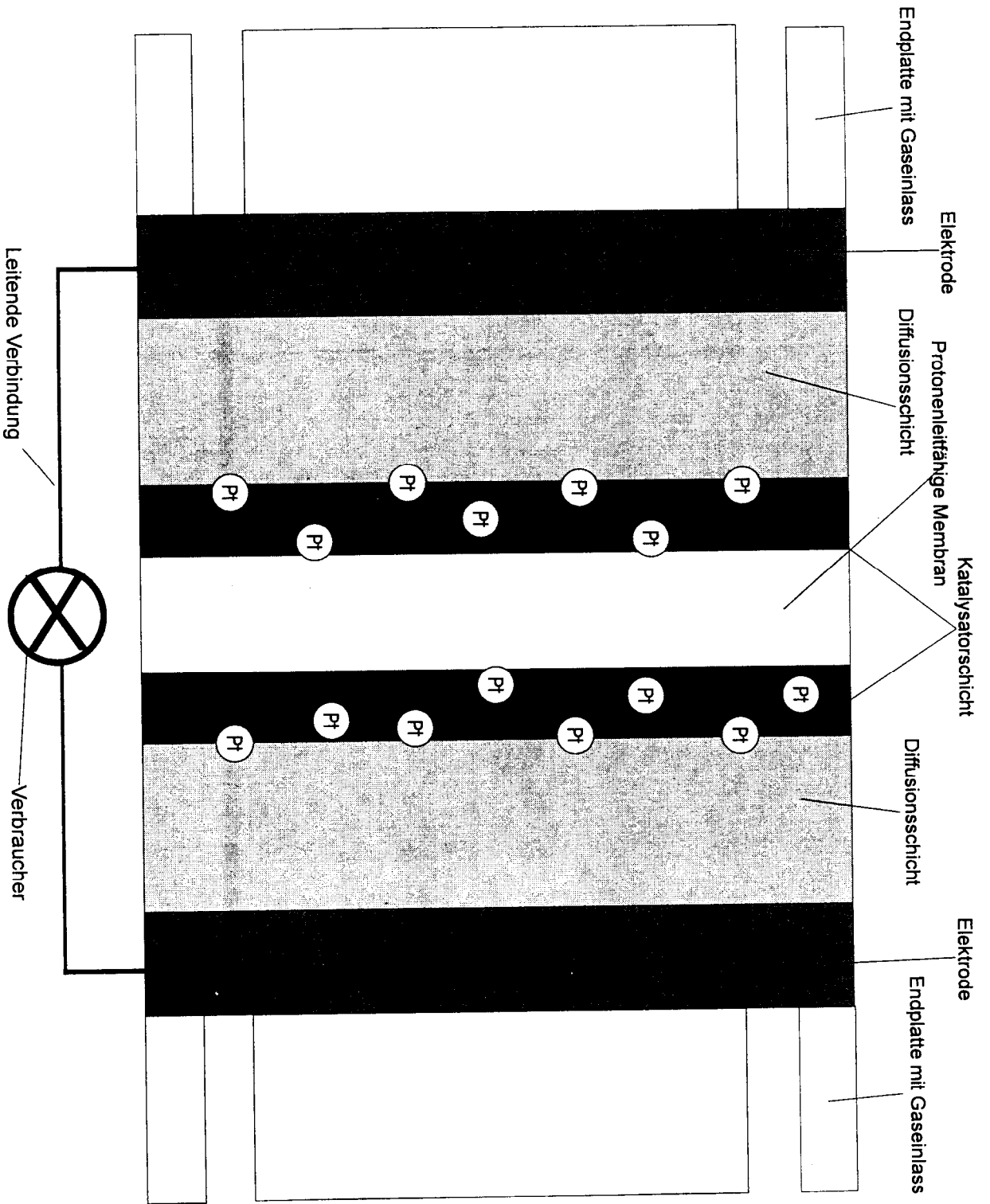
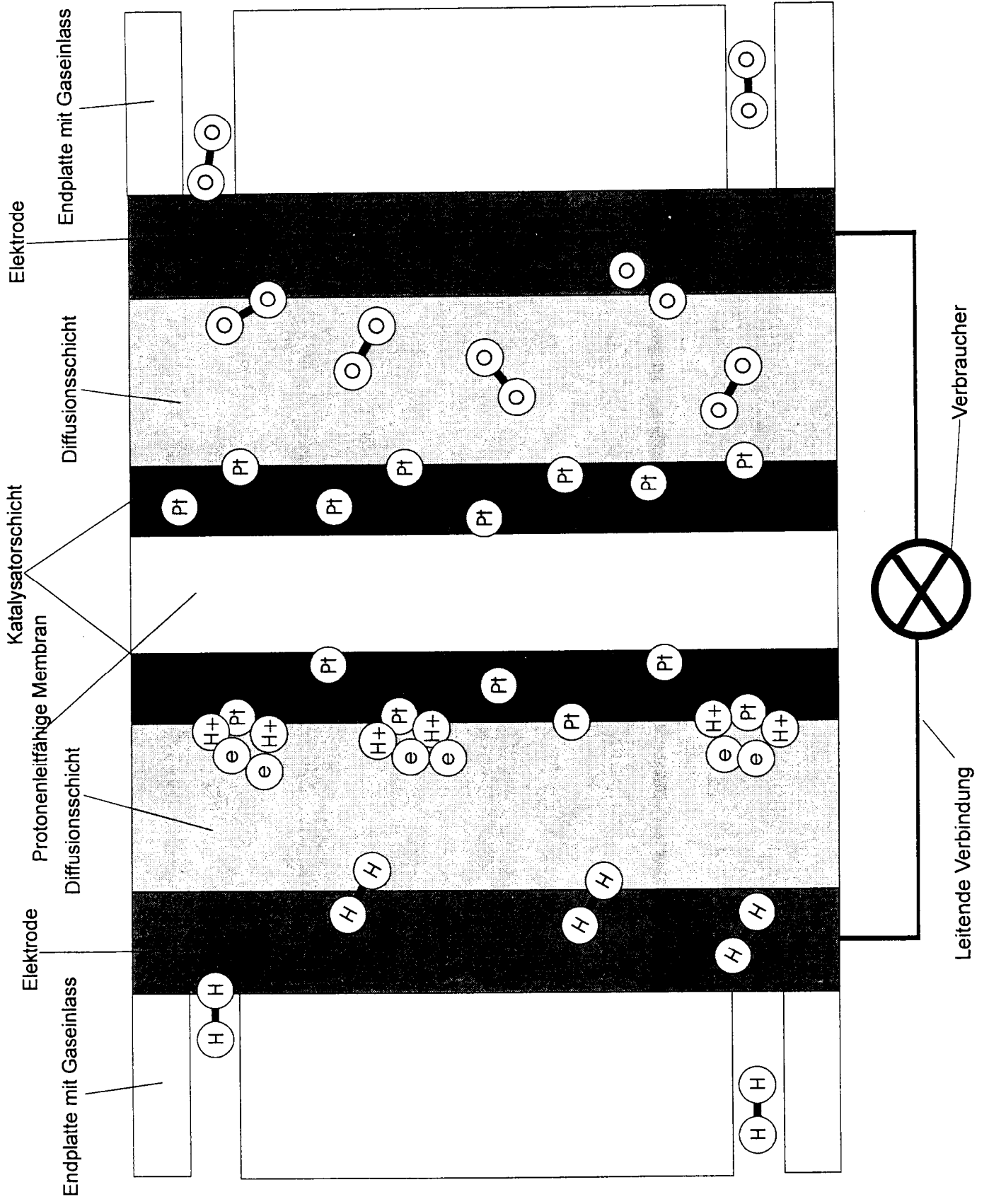
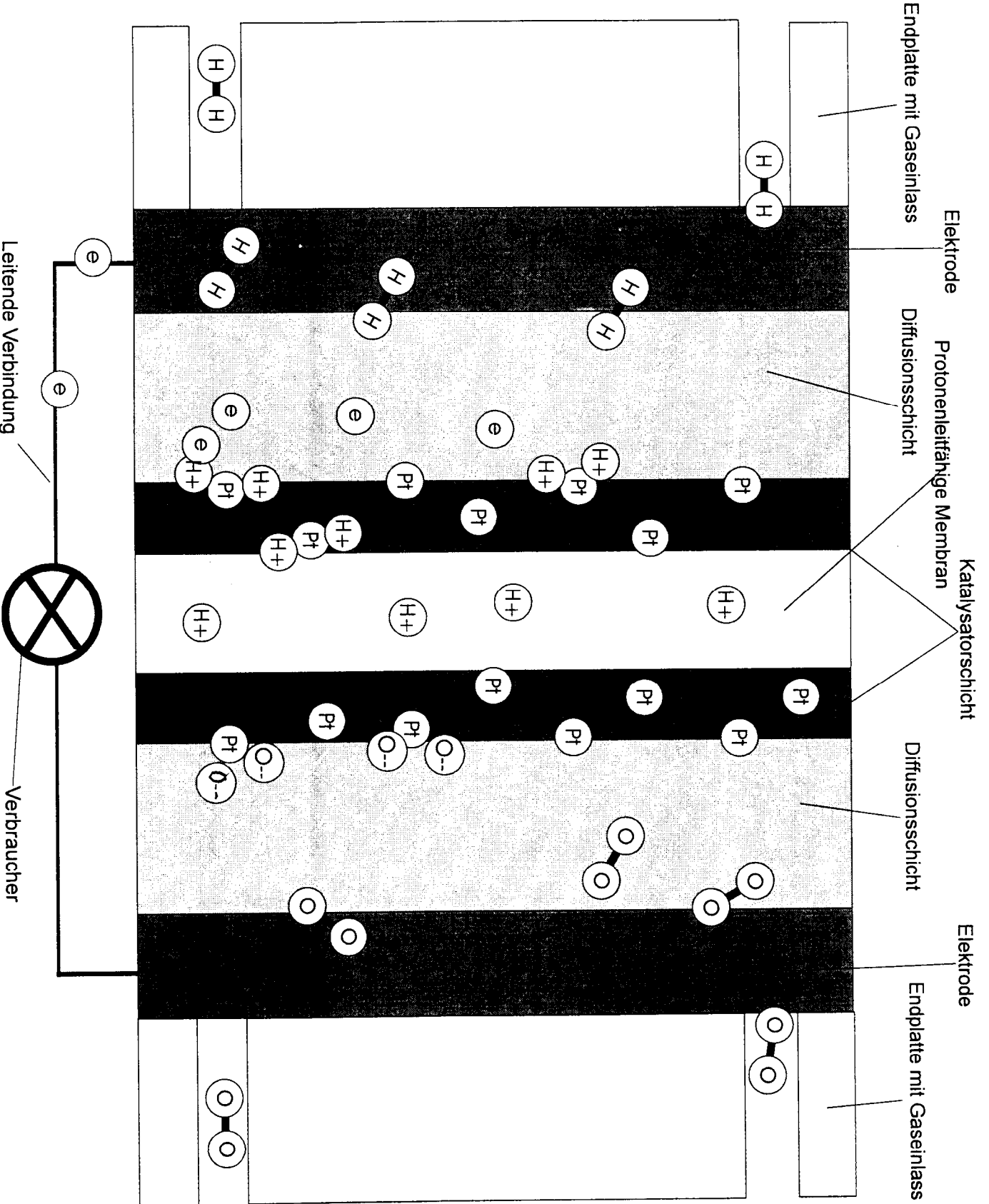


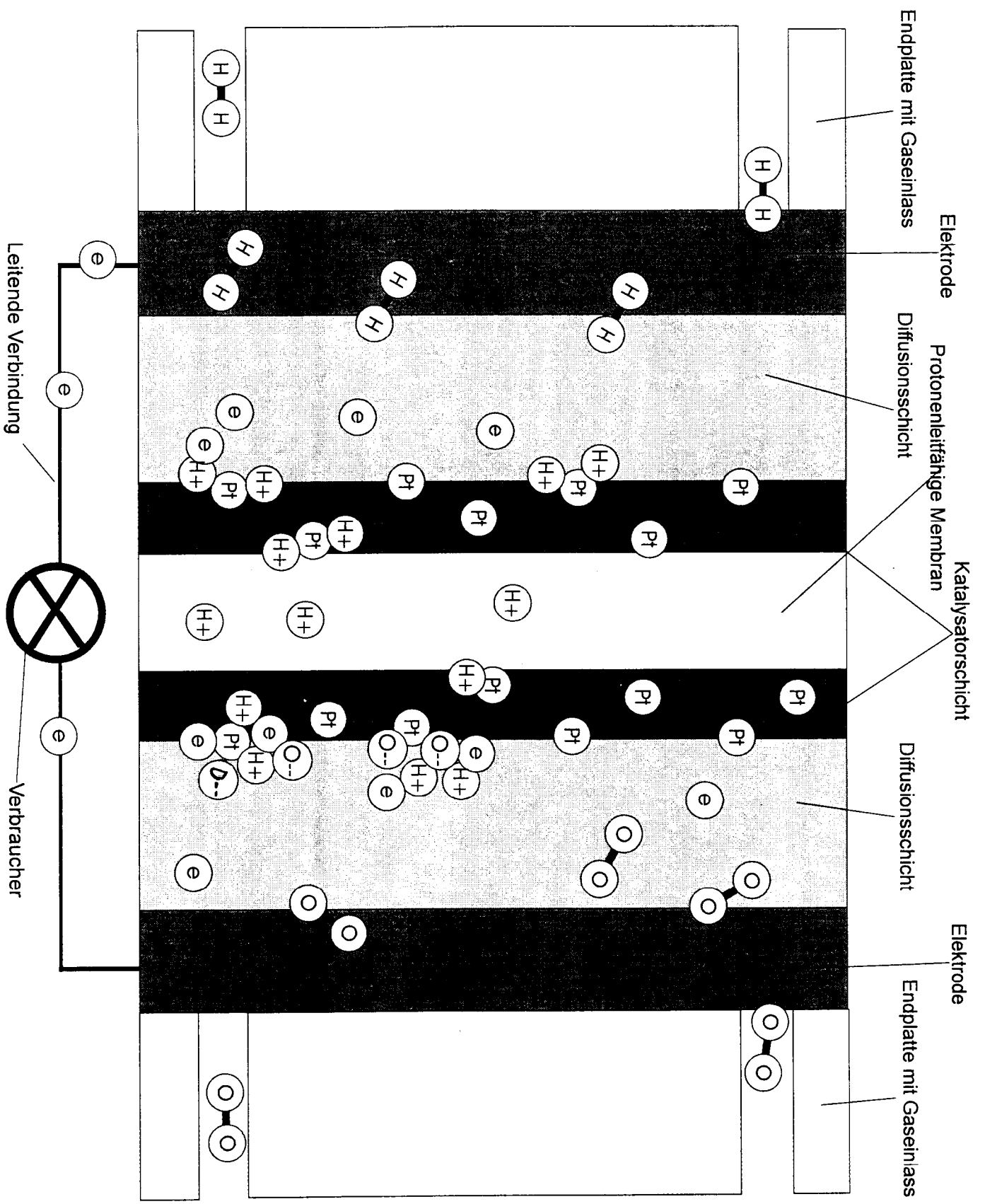
Abb. 1. Prinzipieller Aufbau und Elementarprozesse von Brennstoffzellen. Die Elektroden sind in der Regel porös und katalytisch aktiv, der Elektrolyt trennt Anoden- und Kathodenraum und ist elektronisch isolierend.

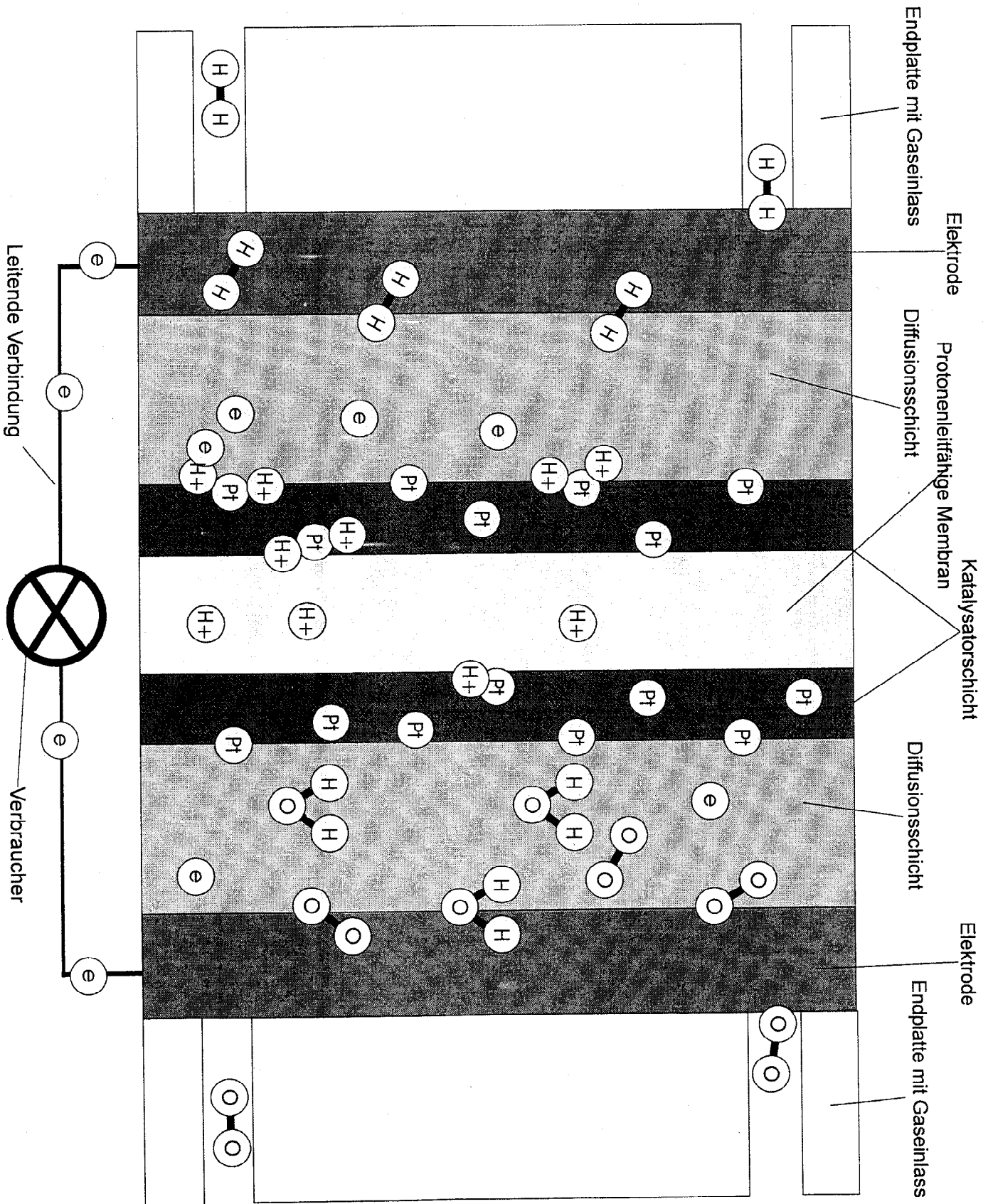
Brennstoffzelle	Elektrolyt	Anodengas	Kathodengas	Betriebs-temperatur
AFC (Alkaline Fuel Cell)	Kalilauge	Wasserstoff	Sauerstoff	bis 100°C
PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)	protonenleitender Polymerelektrolyt	Wasserstoff/ Wasserstoff aus Methanol nach Reformierung	Sauerstoff oder Luftsauerstoff	bis 100°C
DMFC (Direct Methanol Fuel Cell)	Polymerelektrolyt	Methanol	Luftsauerstoff	90-120°C
PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)	Phosphorsäure	Wasserstoff/ Wasserstoff aus Methan nach Reformierung	Luftsauerstoff	200°C
MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)	Alkalikarbonat-schmelzen	Wasserstoff Methan Kohlegas	Luftsauerstoff	650°C
SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)	keramischer Festelektrolyt	Wasserstoff Methan Kohlegas	Luftsauerstoff	800-1000°C







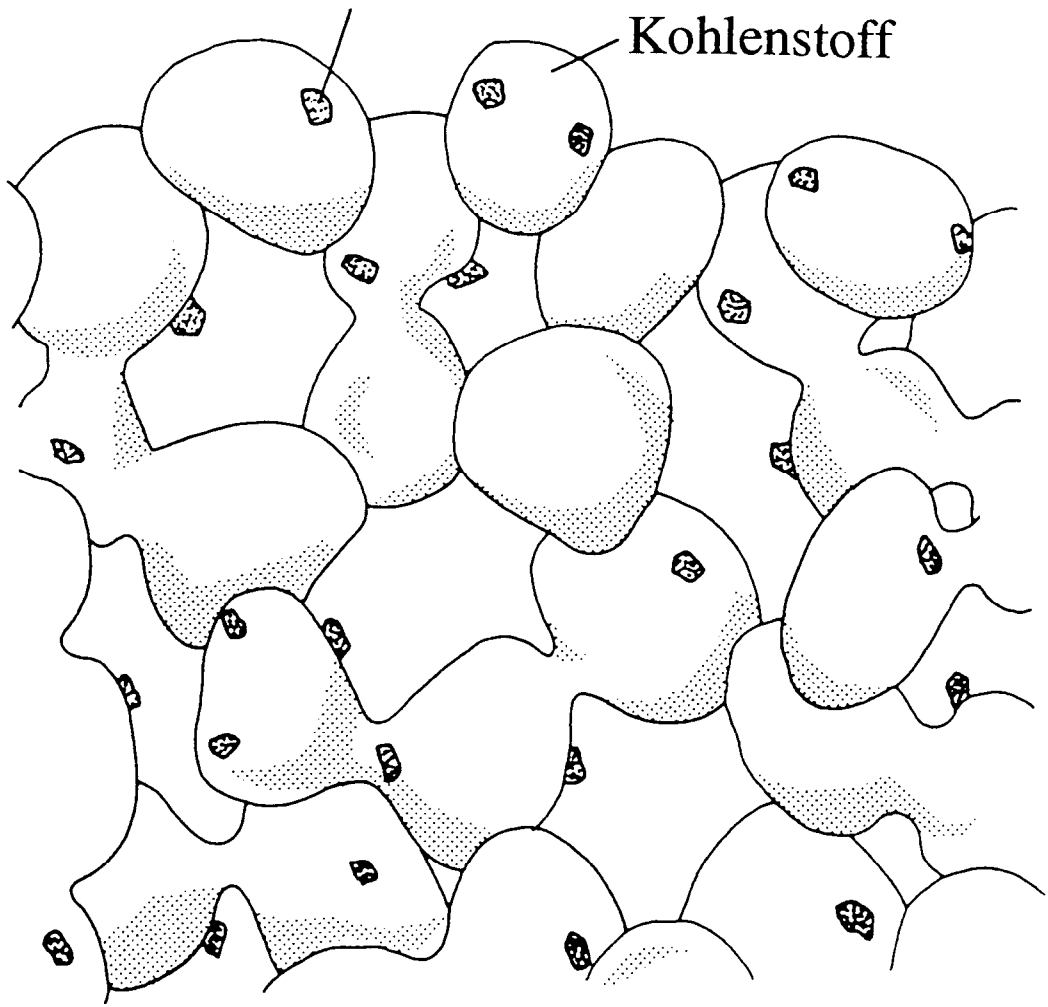


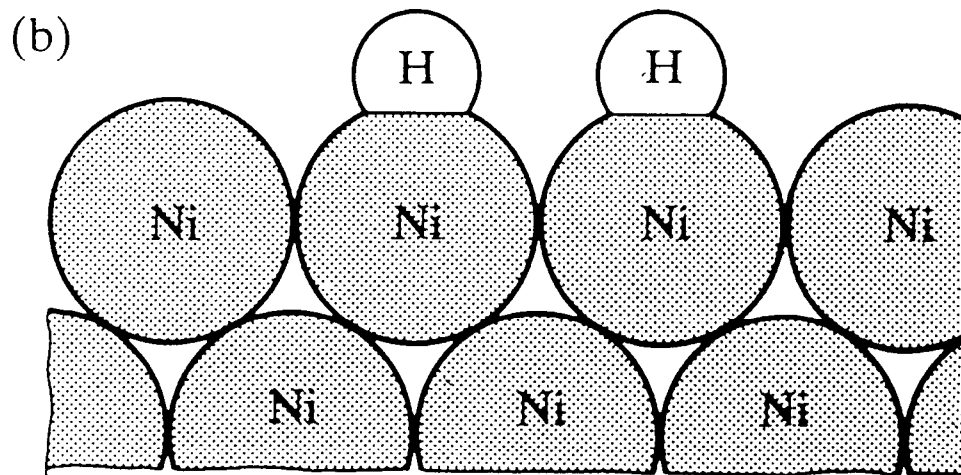
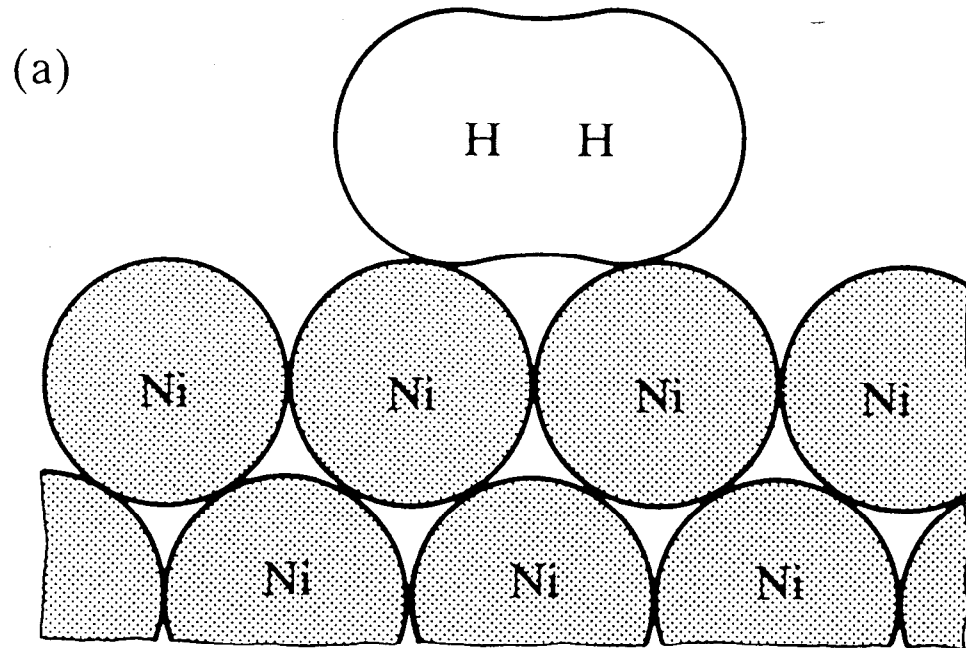




Pt-Teilchen

Kohlenstoff





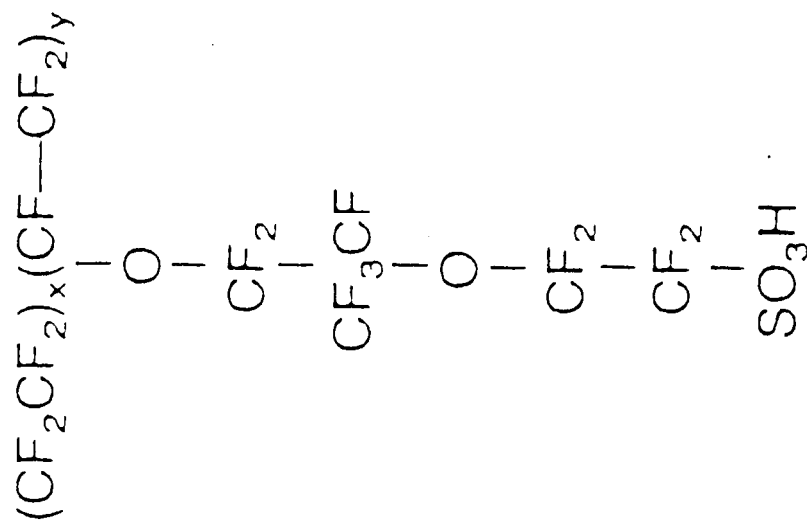
**Abb. 17.12** Schematische Darstellung der Physisorption (a) und der Chemisorption (b) von  $\text{H}_2$  auf einer Nickelmetalloberfläche.

**Tabelle 17.5** Tendenz von Metallen zur Chemisorption einfacher Moleküle.

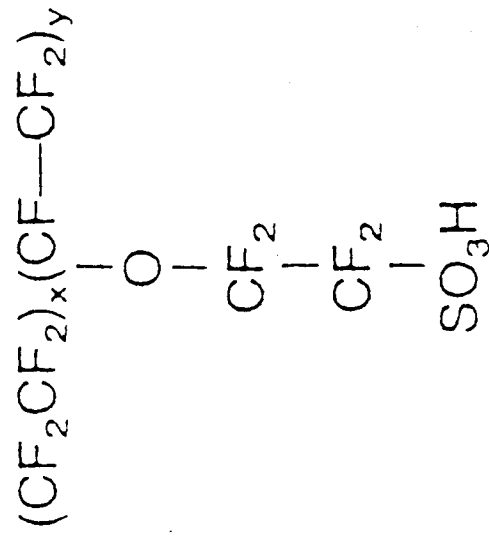
	Gase						
	O <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Ti, Zr, Hf, V, } Nb, Ta, Cr, Mo, } W, Fe, Ru, Os }	+	+	+	+	+	+	+
Ni, Co	+	+	+	+	+	+	-
Rh, Pd, Pt	+	+	+	+	+	-	-
Mn, Cu	+	+	+	+	±	-	-
Al, Au	+	+	+	+	-	-	-
Na, K	+	+	-	-	-	-	-
Ag, Zn, Cd, } In, Si, Ge, Sn, } Pb, As, Sb, Bi }	+	-	-	-	-	-	-

+ starke Chemisorption, ± schwach, - nicht feststellbar.  
 Entnommen aus G. C. Bond. *Heterogeneous catalysis*, Oxford University Press (1987), S. 29.

**NAFION**



**DOW**



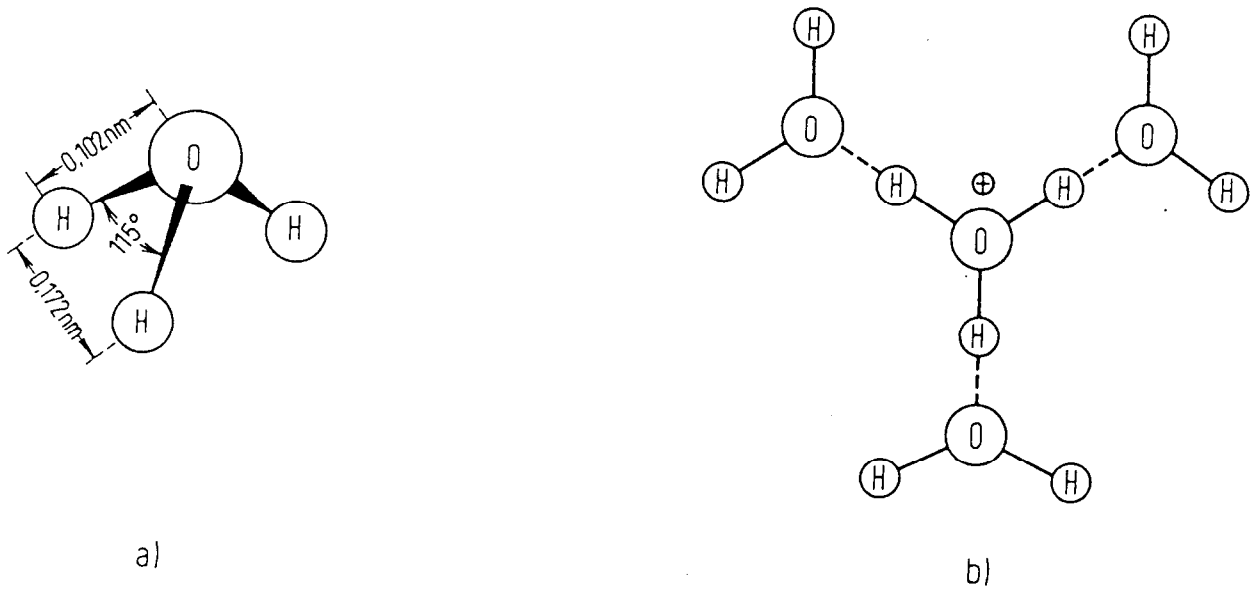


Abb. 1-77. Struktur des Oxonium-Ions (a) und des Hydronium-Ions  $\text{H}_9\text{O}_4^+$  (b).

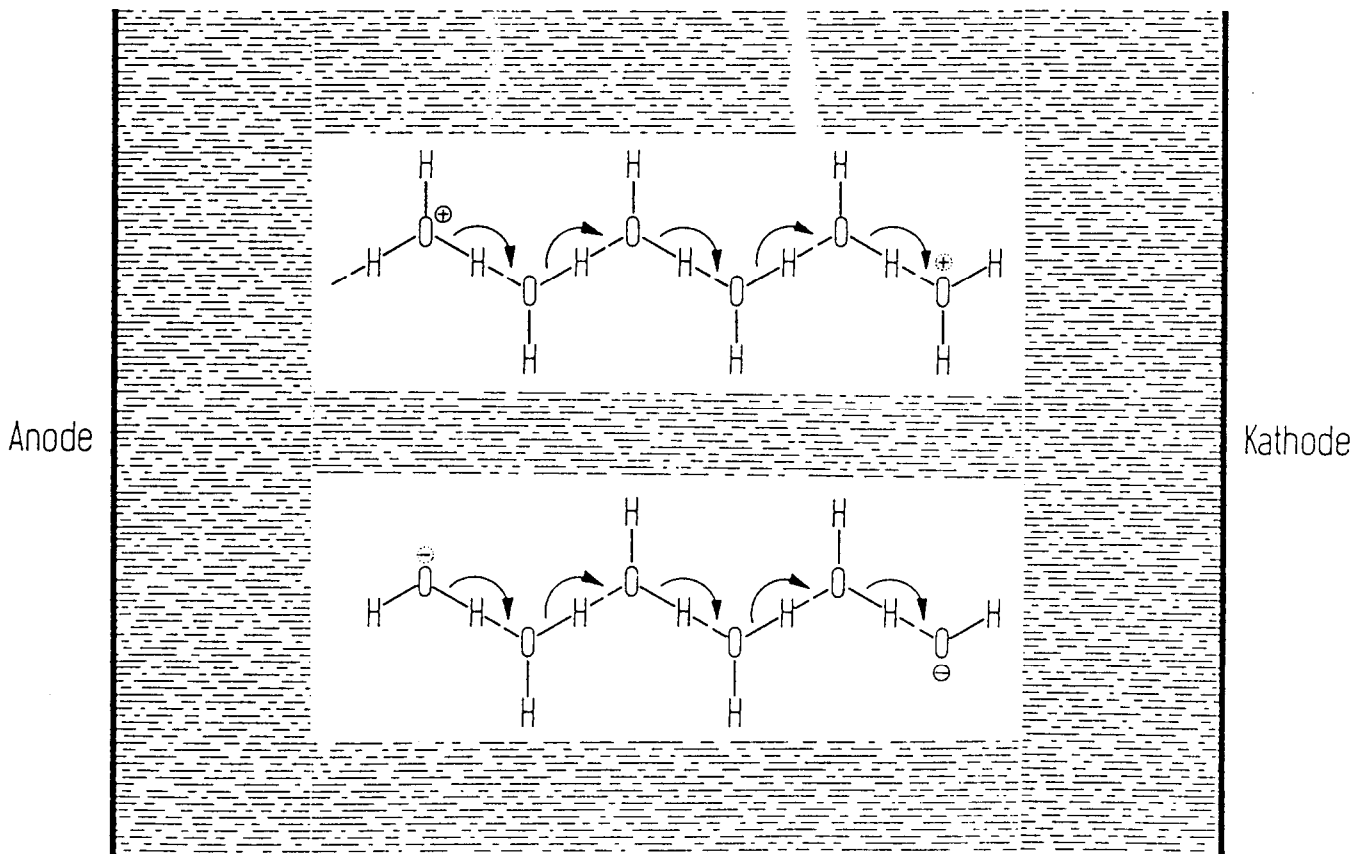
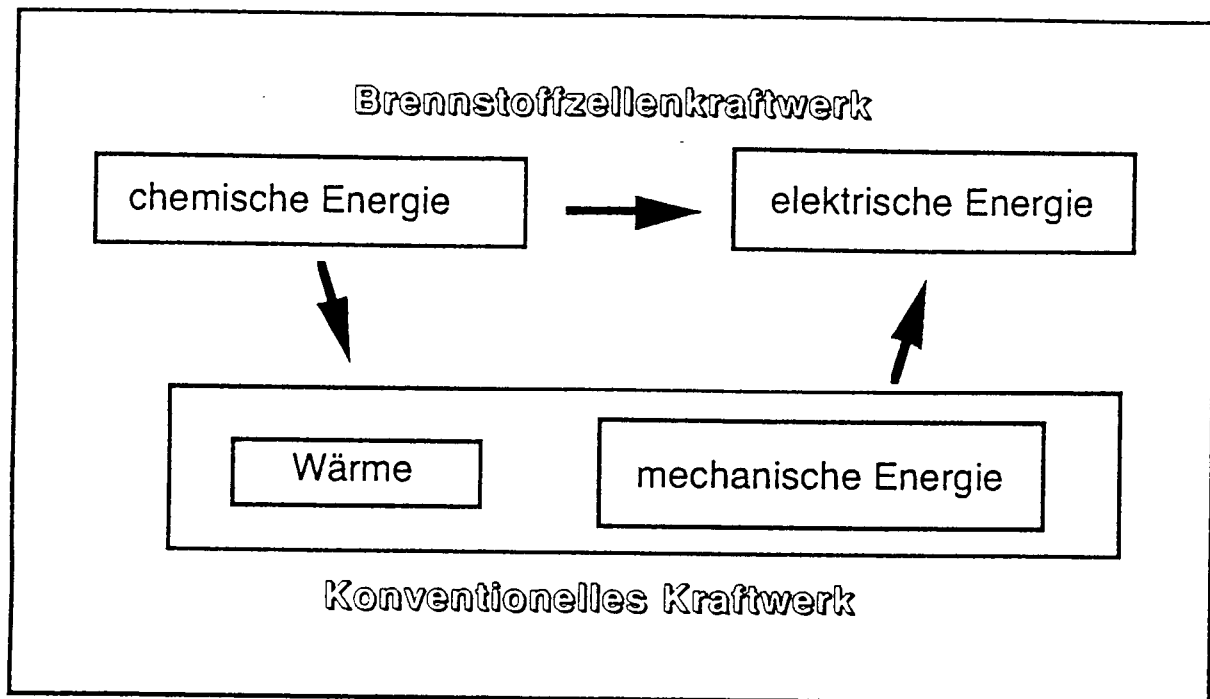
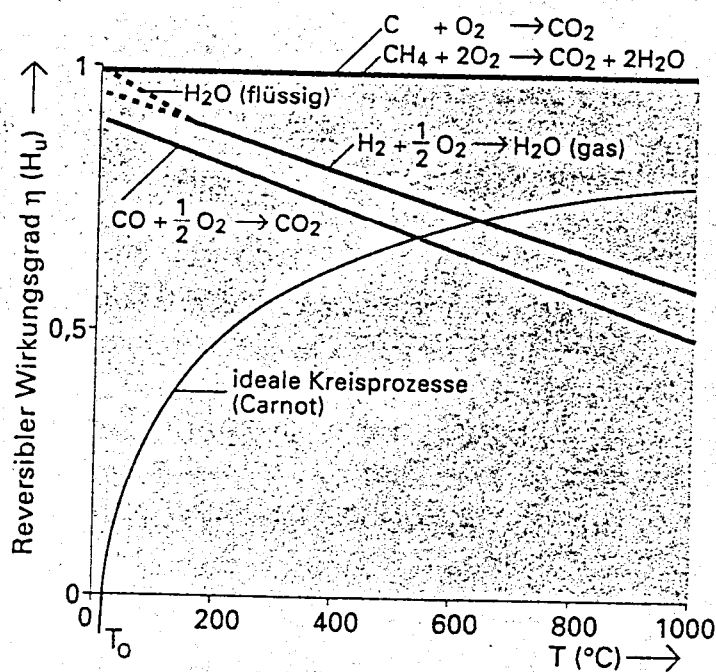


Abb. 1-78. Zur Wanderung der Wasserstoff- und Hydroxid-Ionen in wässriger Lösung





$$\eta_{BZ,rev.} = \frac{\Delta G}{\Delta H} = \frac{-n F U_{rev}}{-n F U_{rev} + T \Delta S}$$

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_0(K)}{T(K)}$$

Quelle: E. Barendrecht, Fuel Cell Systems (1993)

Abb. 2. Reversible Zellwirkungsgrade bezogen auf die unteren Heizwerte  $H_u$  für verschiedene Brennstoffzellenreaktionen in Abhängigkeit von der Temperatur  $T$ . Zum Vergleich sind die Carnot-Wirkungsgrade eingezeichnet.

## **Bereitstellen von Wasserstoff**

### **Metallhydridspeicher:**

- Einfache, schnelle und sichere Handhabung
- leicht zu transportieren
- wiederbefüllbar

### **Hoffmanscher Dreischenkel:**

- in der Chemiesammlung bereits vorhanden (keine Anschaffungskosten)
- (Umkehrreaktion der Brennstoffzelle; Polarisation der Elektroden)
- Rezept: 200ml destilliertes Wasser, 30 ml konz. Schwefelsäure, Elektrolyse mit 24V Gleichspannung

### **Druckdose (12 bar) mit Druckminderer:**

- leicht zu transportieren

### **Wasserstoffflasche (200 bar) mit Druckminderer:**

- evtl. in der Chemiesammlung vorhanden
- kann zum Befüllen des Metallhydridspeichers (mit Adapter!) benutzt werden

### **Elektrolyseur (KOH):**

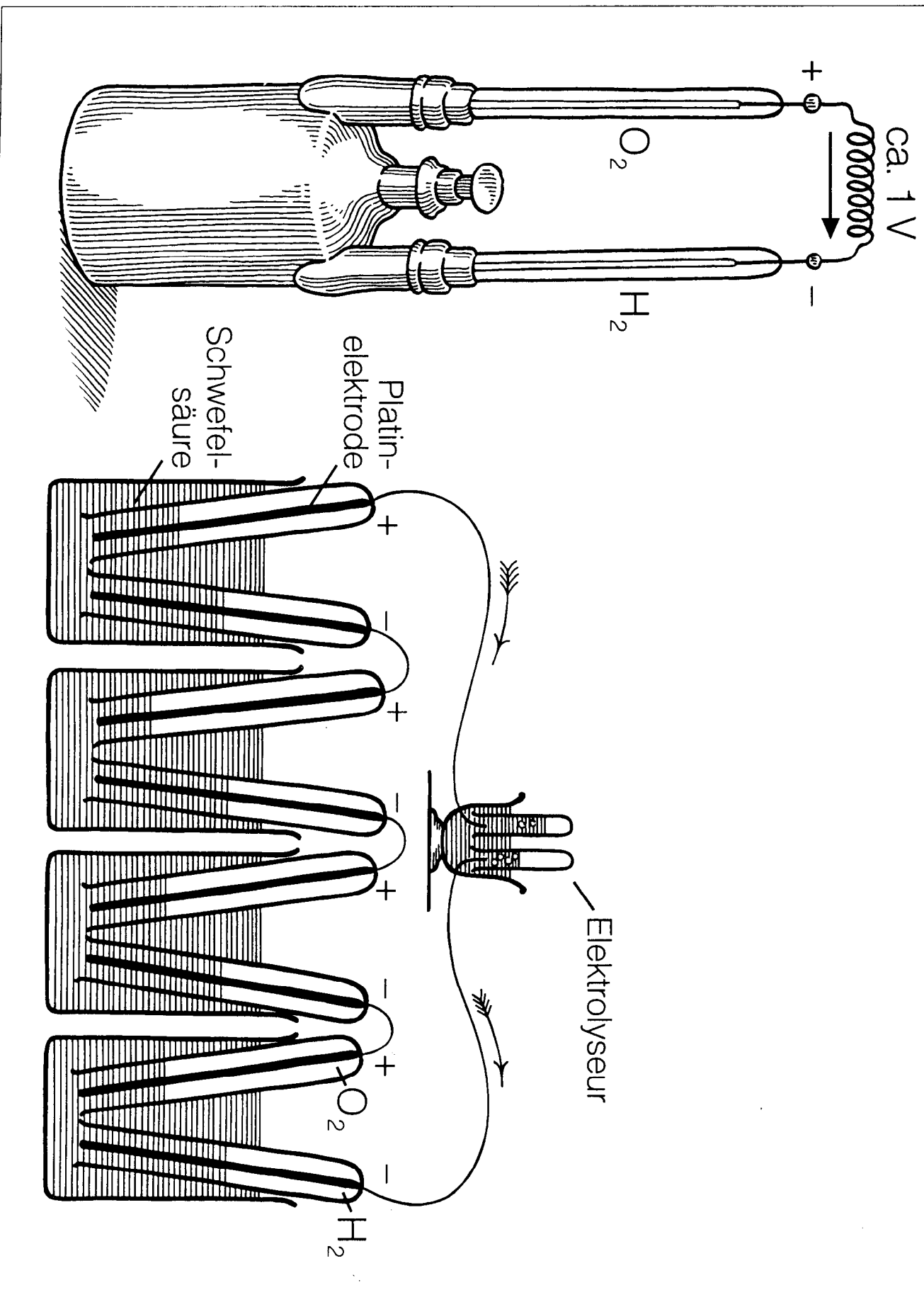
- Verwendung von KOH-Lauge

### **Elektrolyseur (PEM):**

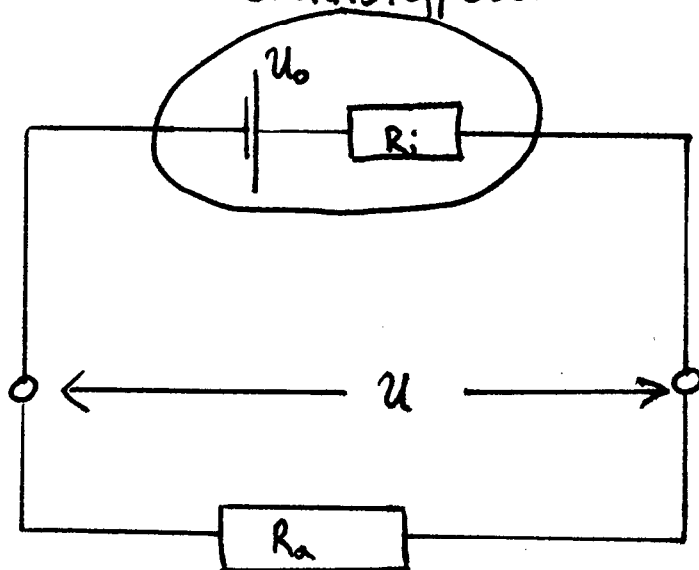
- gefahrlose Handhabung (nur destilliertes Wasser notwendig)



# Historische Brennstoffzelle von Grove (1839)



Brennstoffzelle



## Abschätzen von $R_i$ :

$$I = \frac{U_0}{R_a + R_i} \Leftrightarrow \underbrace{I R_a + I R_i}_U = U_0 \Leftrightarrow R_i = \frac{U_0 - U}{I}$$

$U_0 \rightarrow$  messbar

$R_a \rightarrow$  vorgegeben

$U \rightarrow$  messbar

}  $\Rightarrow I$

damit:  $R_i$  bestimmbar (falls als konstant angenommen)

## Beispiel:

$$\text{Punkt A: } R_i = \frac{U_0 - U}{I} = \frac{0,963 \text{ V} - 0,803 \text{ V}}{0,115 \text{ A}} = \underline{\underline{1,39 \Omega}}$$

$$\text{Punkt B: } R_i = \frac{0,963 \text{ V} - 0,582 \text{ V}}{1,164} = \underline{\underline{0,327 \Omega}}$$

## Andere Möglichkeit: Leistungsanpassung

hier gilt: Im Punkt maximaler Leistung ist  $R_a = R_i$ .

somit im Beispiel:  $R_i = R_a = 0,2 \Omega$

## Messen:

0,050  $\Omega$