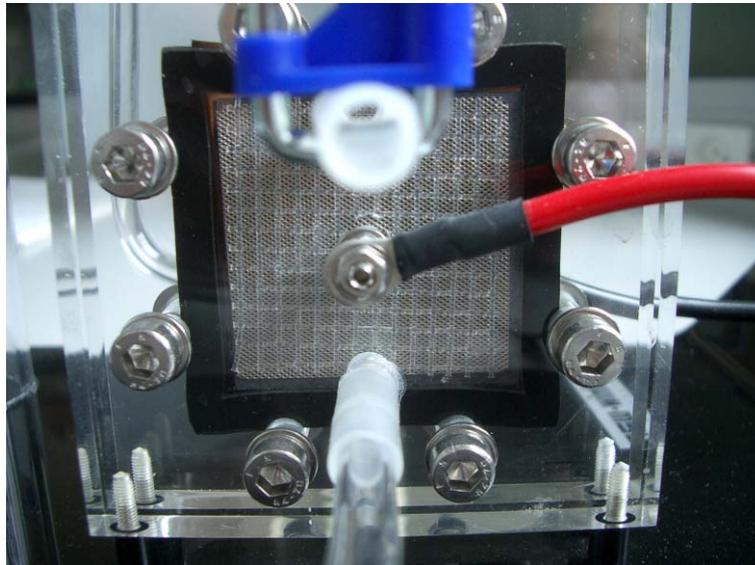


Wasserelektrolyse

Peter Bützer



Eine Brennstoffzelle, die Umkehr der Wasserelektrolyse

Inhalt

1	Einleitung/Theorie	1
2	Datenbasis	2
2.1	Aufgabenstellung.....	2
2.2	Durchführung.....	2
2.3	Beobachtungen/Messungen.....	2
2.4	Reaktionsgleichungen/Berechnungen.....	3
2.5	Folgerungen	3
3	Simulation.....	4
3.1	Simulationsdiagramm.....	4
3.2	Zeitdiagramm	4
3.3	Dokumentation (Gleichungen, Parameter)	4
3.4	Vergleich	5
4	Interpretation	5

1 Einleitung/Theorie

Die Elektrolyse von Wasser besteht aus zwei Teilreaktionen, die an den zwei Elektroden ablaufen. Die Elektroden tauchen in Wasser ein, welches durch die Zugabe von etwas Schwefelsäure besser leitend gemacht wird. In dieser elektrisch leitenden Flüssigkeit, dem sogenannten Elektrolyten, kommt es bei einem von aussen erzwungenen Stromfluss (Gleichstrom) zur Zersetzung des Elektrolyten und einer Abscheidung von Stoffen an den Elektroden.

2 Datenbasis

2.1 Aufgabenstellung

Die Geschwindigkeit der Wasserstoff- und der Sauerstoffbildung soll gemessen und verglichen werden. Die Abhängigkeit von der Spannung ist zu überprüfen.

2.2 Durchführung

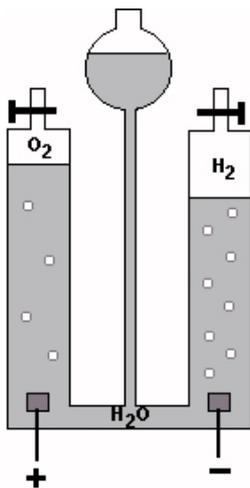


Abbildung 1: Hofmannscher Apparat (2 mol/l Schwefelsäure)

Der Hofmannsche Apparat wird mit 2, 4, 6 und 8 Volt betrieben und die Geschwindigkeit der Gasbildung bestimmt.

2.3 Beobachtungen/Messungen

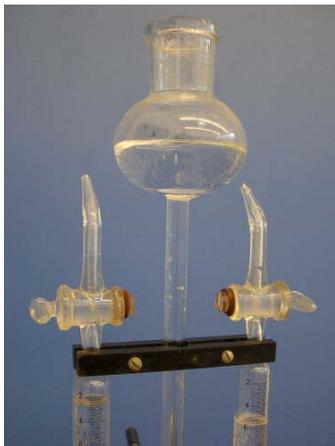
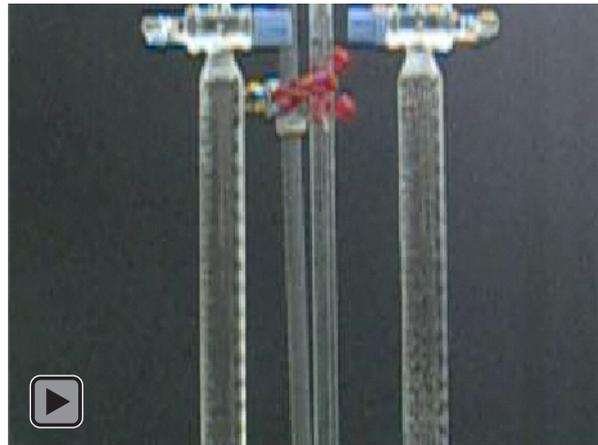


Abbildung 2: Oberer Teil der Apparatur



Der dynamische Prozess läuft ab, wenn man auf dieses Bild und dann auf ► klickt.

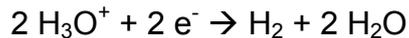
An den Platin-Elektroden der Hofmannschen Apparatur steigen in der verdünnten Schwefelsäure Gasbläschen auf: Am Minuspol entsteht Wasserstoff und am Pluspol Sauerstoff, im Volumen-Verhältnis von (annähernd) 2 : 1. Das Volumen-Verhältnis ist nicht exakt 2 : 1, weil sich Sauerstoff in Wasser etwas besser löst als Wasserstoff. Es bildet sich etwa doppelt so rasch Wasserstoffgas, wie sich Sauerstoffgas bildet.

2.4 Reaktionsgleichungen/Berechnungen

Bekannte Summengleichung: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$

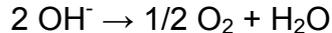
Reaktion im Detail:

Positiv geladene Hydronium-Ionen wandern im elektrischen Feld zu der negativ geladenen Elektrode (Kathode), wo sie jeweils ein Elektron aufnehmen. Dabei entstehen Wasserstoff-Atome, die sich mit einem weiteren, durch Reduktion entstandenen H-Atom zu einem Wasserstoff-Molekül vereinigen. Übrig bleiben Wasser-Moleküle.

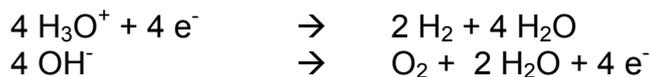


Der abgeschiedene, gasförmige Wasserstoff steigt an der Kathode auf. Dieser Wasserstoff verursacht ein Kratzen im Hals, wenn er kurze Zeit nach der Herstellung eingeatmet wird. Er ist also viel reaktiver, als der übliche, molekulare Wasserstoff aus der Flasche. Man könnte davon ausgehen, dass er zum Teil nicht molekular, sondern noch atomar ist.

Zur positiv geladenen Elektrode (Anode) wandern die negativ geladenen Hydroxid-Ionen. Jedes Hydroxid-Ion gibt zwei Elektronen an den Plus-Pol ab, so dass Sauerstoff-Atome entstehen, die sich zu Sauerstoff-Molekülen vereinigen. Die übrig bleibenden H^+ -Ionen werden umgehend von Hydroxid-Ionen zu Wasser-Molekülen neutralisiert.

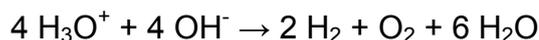


Bei der Elektrolyse von Wasser bildet sich aus H_3O^+ -Ionen Wasserstoff und aus OH^- -Ionen Sauerstoff:



Auch hier steigt der abgeschiedene Sauerstoff als farbloses Gas an der Anode auf. Besonders interessant ist, dass dieser Sauerstoff sehr reaktiv ist. Er lässt sich mit KI/I_2 -Papier nachweisen (wie Ozon), auch greift er Gummi rasch an. Wir können davon ausgehen, dass dieser Sauerstoff teilweise noch atomar sein könnte.

Die Gesamtreaktionsgleichung der Elektrolyse von Wasser lautet:



Wasserelektrolyse

$n = I \cdot t / (z \cdot F)$ daraus folgt für die Geschwindigkeit der Gasbildung: $n/t = I / (z \cdot F)$

2.5 Folgerungen

Der Wirkungsgrad der Elektrolyse von Wasser liegt bei ca. 70 %. Bei der alkalischen Elektrolyse bei etwa 90 %. Die energetische Betrachtung ist beispielsweise bei der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger wichtig (Brennstoffzellen).

3 Simulation

3.1 Simulationsdiagramm

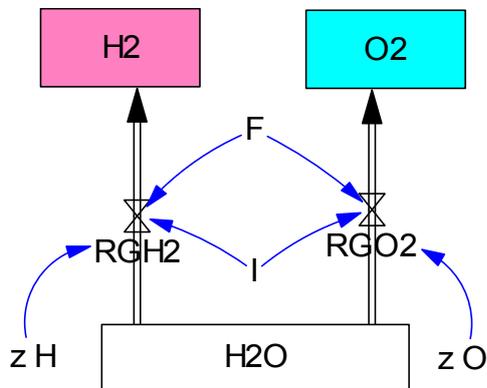


Abbildung 3: Simulationsdiagramm der Geschwindigkeit der Wasserstoff und Sauerstoffbildung durch Elektrolyse aus Wasser

3.2 Zeitdiagramm

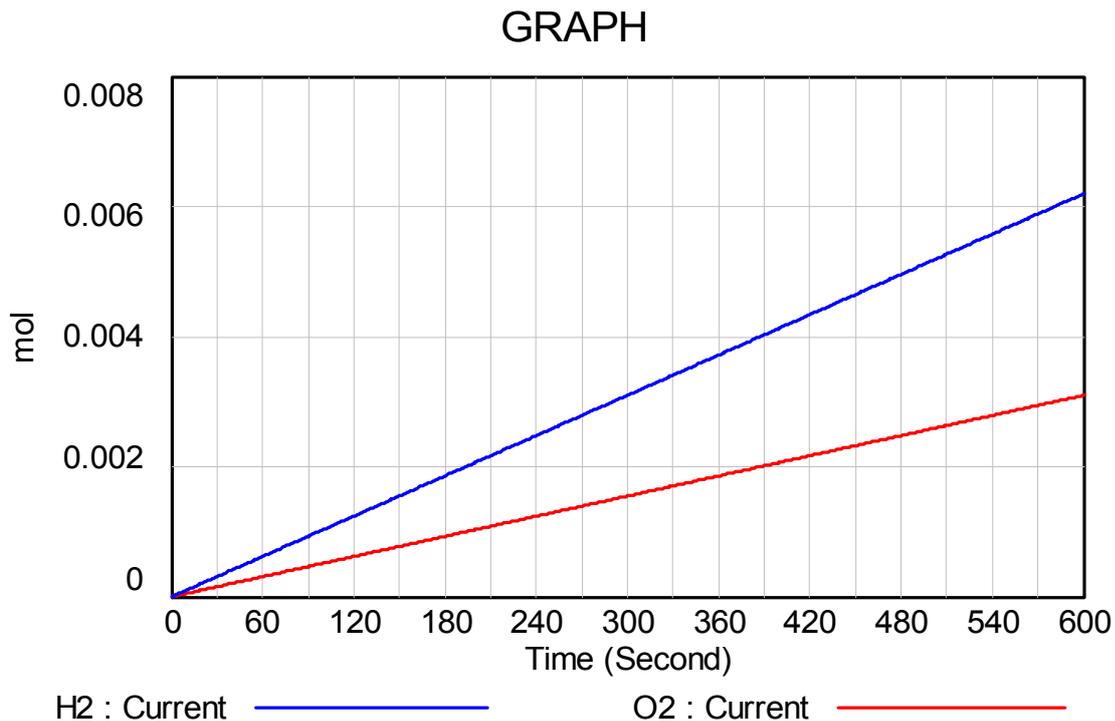


Abbildung 4: Zeitdiagramm der Gasbildung bei der Elektrolyse von Wasser

3.3 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) $F=96840$
- (02) $FINAL\ TIME = 600$
Units: Second
The final time for the simulation.
- (03) $H_2= INTEG (RGH_2, 0)$
Units: mol

- (04) $H_2O = \text{INTEG} (-RGH_2 - RGO_2, 1)$
Units: mol
- (05) $I = 1$
- (06) $\text{INITIAL TIME} = 0$
Units: Second
The initial time for the simulation.
- (07) $O_2 = \text{INTEG} (RGO_2, 0)$
Units: mol
- (08) $RGH_2 = I / (z_H \cdot F)$
- (09) $RGO_2 = I / (z_O \cdot F)$
- (10) $\text{SAVEPER} = \text{TIME STEP}$
The frequency with which output is stored.
- (11) $\text{TIME STEP} = 1$
The time step for the simulation.
- (12) $z_H = 1$
- (13) $z_O = 2$

3.4 Vergleich

Aus sehr vielen Experimenten mit der Hofmannschen Apparatur ist bekannt, dass das Volumenverhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff, unabhängig von der Elektrolysezeit ziemlich genau 2/1 beträgt.

4 Interpretation

Das Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff bei der Wasserelektrolyse ist bestimmt durch die Geschwindigkeit der Gasbildung. Diese wiederum ist nur von den übertragenen Elektronen bestimmt.

Die Geschwindigkeit der Gasbildung ist von der Spannung U , und damit bei gleichem Widerstand R auch von der Stromstärke I abhängig ($I = U/R$)