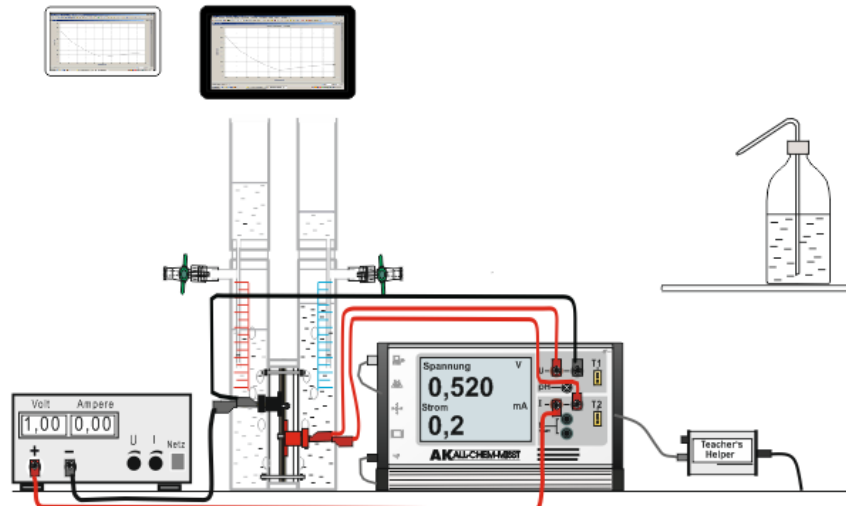


**Prinzip**

Destilliertes Wasser wird wie bei Arbeitsblatt M01C ohne Zusätze, wie Schwefelsäure (Arbeitsblatt M01A), in einer reversiblen Brennstoffzelle bzw. in einem käuflichen Elektrolyseur in die Elemente zerlegt. Dabei wird mit  $U = 0\text{ V}$  beginnend die Elektrolysiserspannung ständig erhöht und die zugehörige Stromstärke gemessen. Die im Strom-Spannungs-Diagramm entstehende "Kennlinie" kann diskutiert werden. Ebenso kann die Leistung des Elektrolyseurs in Abhängigkeit von der Spannung ermittelt werden.

**Aufbau und**



**Vorbereitung**

**Benötigte Geräte**

- All-Chem-Misst II / Junior
- USB-Kabel / Netzteil
- Teacher's Helper /Netzteil
- Tablet, Laptop oder Smartphone
- 3 Experimentierkabel, rot

- 2 Experimentierkabel, schwarz
- Netzgerät, 0-5 V =
- Elektrolyseur (1,4 – 1,8V)

**Verwendete Chemikalien**

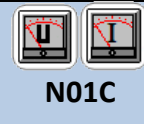
- dest. Wasser

**Vorbereitung des Versuchs**

- ▶ Die Schaltung nach Versuchsskizze aufbauen.
- ▶ Den unteren Teil der Apparatur (beide Schenkel) durch den jeweils oberen Teil mit dest. Wasser füllen.
- ▶ Die beiden seitlichen Ausgänge der Schenkel verschließen.
- ▶ Den Regler für die Spannung gegen den Uhrzeigersinn auf 0 V stellen.
- ▶ Den Regler für die Stromstärke etwa auf den halben Regelbereich stellen.

**Vorbereitung an den Tablets /Laptops (Clients)**

- ▶ Am Tablet / Laptop / Smartphone Einstellungen mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
  - ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben.-Es erscheinen 4 Bildschirme ...
  - ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im erscheinenden Bild können die Menüicons neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) untereinander angeordnet sein.
  - ▶ Icon 'Messen' (2. von links) und **Mit Messgerät verbinden** auswählen
    - ▶ **Messgrößen-Auswahl:**  **Spannung(U)**  **Strom(I)** **OK**
    - ▶ **Konfiguration x/y-Achsen:** **I auf Y-Achse- U auf X-Achse** **OK**
    - ▶ **Konfiguration-Methode** y-Achse: **I Min** **0** mA und **Max** **1500** mA
    - ▶ **Nachkomma** **2** und **Linien**  **ja**
    - ▶ x-Achse: **U Min** **0** V und **Max** **2** V
    - ▶ **Nachkomma** **1**
    - ▶  **Tastendruck** wählen **OK**
- Der Messbildschirm wird aufgebaut und Werte angezeigt.



Durchführung

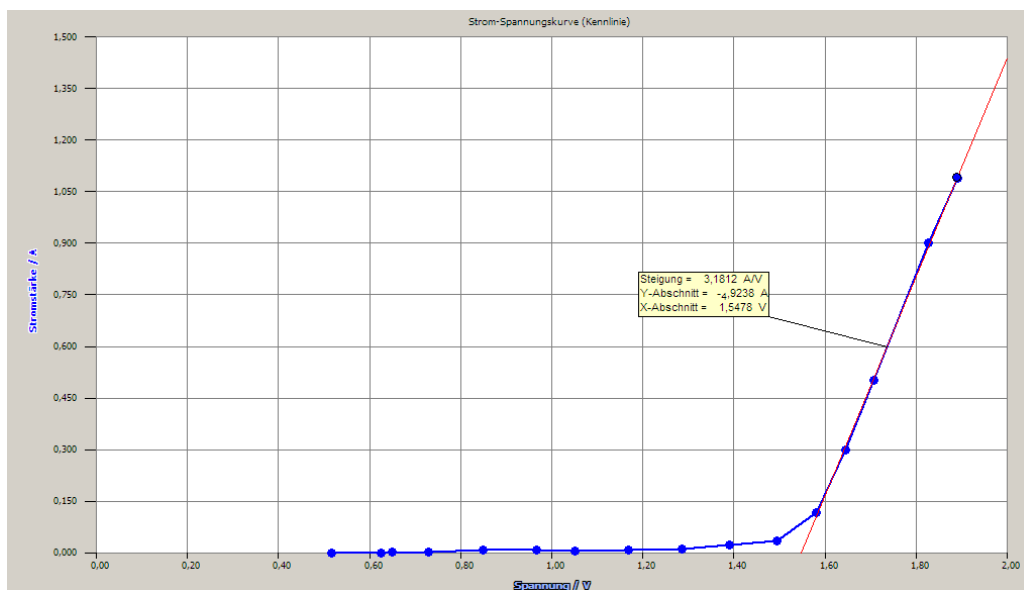
**Achtung:** Man darf besonders in der Startphase die Spannung nicht zurückdrehen, da sich sonst ein galvanisches Element aufbaut!

- ▶ Zur Messwertaufnahme bei 0,0 V Einzelwert oder besser 'Leertaste'.
- ▶ Danach die Spannung um jeweils  $U = 0,1 \text{ V}$  (beliebig) erhöhen und den Messwert mit Einzelwert oder besser 'Leertaste' speichern.
- ▶ Bei Erreichen von 1,8 V mit Klick Messung beenden.
- ▶ Projektname eingeben (hier: Beispiel) Mein erstes Projekt und Akzeptieren

Auswertung

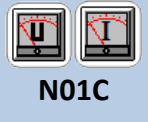
Wie wir wissen, gilt für die Elektrolyse in weiten Bereichen das ohmsche Gesetz: Spannung und Stromstärke sind zueinander direkt proportional. Nur zu Beginn der Elektrolyse verwischen die abgeschiedenen Gase mit ihrer Polarisationsspannung die Proportionalität. Die zuständige Spannung (Zersetzungsspannung) wird durch Extrapolation des proportionalen Teils für  $y = 0,0 \text{ mA}$  ermittelt.

- ▶ Icon Auswerten Ein-Geraden-Methode  
Folgen Sie den Anweisungen: Mit Maus oder Finger links auf den ersten Punkt der Datenreihe, durch die die Ausgleichsgerade gelegt werden soll, tippen, gedrückt halten und ziehen bis zum rechten Punkt und loslassen
- ▶ Berechnen anklicken.  
Der x-Abschnitt (experimentell ermittelte Zersetzungsspannung), der y-Abschnitt und die Steigung werden angegeben.



Aus der Grafik lässt sich ersehen, wie die Stromstärke von der Spannung abhängt (Strom-Spannungskennlinie). Erst ab einer bestimmten Spannung fließt ein merklicher Strom. Unterhalb dieser Spannung ist auch keine Gasentwicklung zu erkennen. Bei kleiner Spannung werden die Gase Wasserstoff und Sauerstoff von den Elektrodenblechen absorbiert und es entstehen zwei galvanische Halbelemente. Die theoretische Potentialdifferenz dieser Zelle beträgt 1,23 V.

Diese Spannung des Elementes muss erst überwunden werden, bis merklicher Strom fließt. Tatsächlich ist die Zersetzungsspannung aber noch höher. Die Differenz der Spannung zu der tatsächlichen Zersetzungsspannung (hier: 1,54 V) nennt man Überspannung. Sie entsteht, weil die entweichenden neutralen Gase die Elektrodenoberfläche besetzen und die Wanderung der Ionen zu den Elektroden behindern.

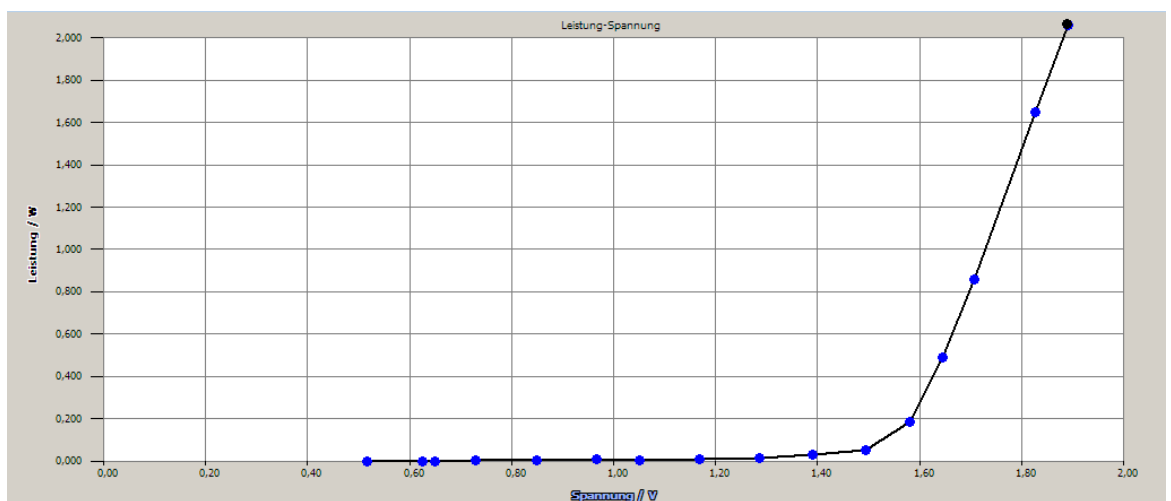


Ab der Zersetzungsspannung hat dann das ohmsche Gesetz Gültigkeit: Die Stromstärke steigt proportional zur angelegten Spannung.

### b) Erstellung der Leistungs-Spannungs-Kurve

Wenn man die Leistung (Produkt aus Strom und Spannung) gegen die Spannung aufträgt, kann man weitere Informationen über das System erhalten.

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Werte umrechnen** und **bel. Funktion** **OK**
- ▶ **Y=** **Y=** **OK**
- ▶ **Datenreihen** (links neben 'Wertetabelle') und dann auf Icon 'Menü' und **Eigenschaften**  
**y-Achse** Messgröße: **Leistung** Einheit **W**  
 Untergrenze: **0,000** Obergrenze: **2,000** Nachkomma: **3** **OK**
- ▶ Neue Datenreihe wird automatisch eingezeichnet
- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen  
 Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **Leistung** und **OK**



Erwartungsgemäß steigt die Leistung mit steigender Spannung. In diesem Fall beträgt die Leistung des Elektrolyseurs bei Dauerbetrieb von 1A immerhin etwa  $1,9V * 1 A = 2 W$ .

### Zusatz- info

Der hier im Versuch verwendete PEM-Elektrolyseur (PEM = Proton Exchange Membrane) enthält keinen flüssigen Elektrolyten. Die Elektrolytfunktion übernimmt eine spezielle protonenleitende Membran, die einer Schwefelsäure  $c = 1 \text{ mol/L}$  entspricht. Der PEM-Elektrolyseur besitzt auf der Seite, wo Wasserstoff entwickelt wird, Platin und auf der anderen Seite eine spezielle Ruthenium-Iridium-Legierung. Die katalytische Aktivität dieser Elektroden ist bei dieser Elektrolyse für die Minimierung der Arbeitsspannung und damit für die Erhöhung des Wirkungsgrades verantwortlich.

### Beachten:



### Entsorgung

Ausguss

### Literatur

A. Macdonald, M. Berry, Wasserstoff: Energie für morgen, Band 1, Physik und Chemie für die Sekundarstufe 1, S. 32, heliocentris, Berlin 2000