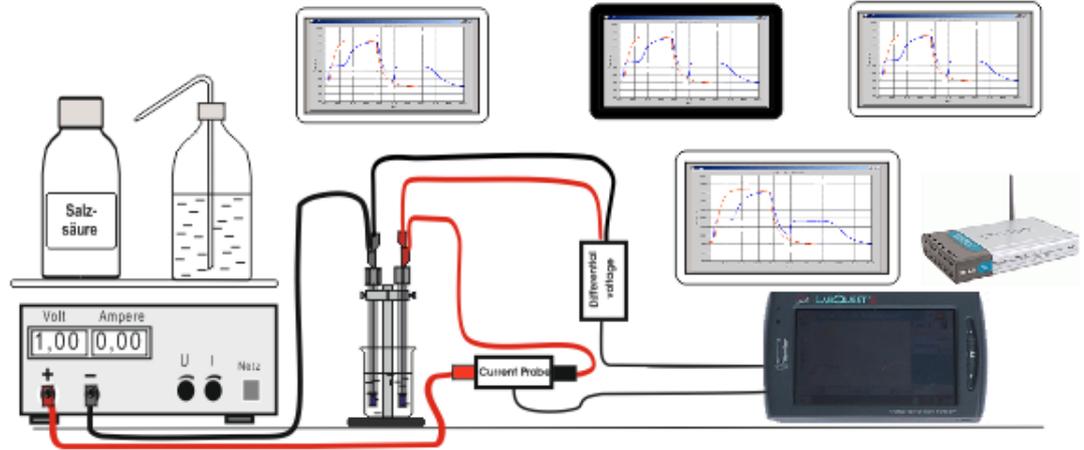


Prinzip

Salzsäure wird zwischen zwei Platinelektroden elektrolysiert. Dabei wird mit $U = 0\text{ V}$ beginnend die Elektrolysiserspannung ständig erhöht und die zugehörige Stromstärke gemessen. Die Zersetzungsspannung wird 'grafisch' ermittelt.

**Aufbau
und**



**Vorbe-
reitung**

Benötigte Geräte	Verwendete Chemikalien	
<input type="checkbox"/> Labquest 2 (Vernier) / (Netzteil) <input type="checkbox"/> Differential Voltage-Modul <input type="checkbox"/> Current Probe <input type="checkbox"/> Laptops/ Tablets mit WLAN Eee05 <input type="checkbox"/> 3 Experimentierkabel, rot <input type="checkbox"/> 2 Experimentierkabel, schwarz	<input type="checkbox"/> Netzgerät, 0-5 V = <input type="checkbox"/> Becherglas, 50 mL <input type="checkbox"/> Stativ <input type="checkbox"/> Muffe <input type="checkbox"/> Doppelelektrodenhalter <input type="checkbox"/> 2 Pt-Elektroden	<input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/L) <input type="checkbox"/> dest. Wasser

Vorbereitung des Versuchs

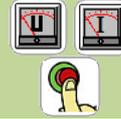
- ▶ Die Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen und aufbauen.
- ▶ ca. 40 mL Salzsäure (c = 0,1 mol/L) in das Becherglas füllen.
- ▶ Die Pt- Elektroden am Stativ befestigen.
- ▶ Den Regler für die Spannung gegen den Uhrzeigersinn auf 0 V stellen.
- ▶ Den Regler für die Stromstärke etwa auf den halben Regelbereich stellen.
- ▶ Spannungsmodul (Differential Voltage) und Stromstärkemodul (CurrentProbe) mit LabQUEST 2 verbinden

Vorbereitung am Labquest 2 in einem bestehenden Netzwerk (Eingaben mit dem Stift=🖱️)

- Optional: Netzgerät mit Labquest verbinden und den Eingabe-Stift aus dem Unterteil ziehen.
- ▶ Labquest 2 einschalten (Schalter auf der Oberseite links). Bootphase abwarten. Der Bildschirm zeigt Potenzial und Stromstärke an.

Vorbereitung für Netzbetrieb - sonst überspringen:

- ▶ Die mittlere Taste rechten Rand **Home**🖱️, **Verbindungen**🖱️ WiFi **📶**, daneben "Einstellungen" **⚙️**🖱️
- ▶ **AKLaborServer** **Wichtig: IP-Adresse (Vielleicht: 192.168.1.112 auch QR-Code)**
- ▶ Bei „Data Sharing“ **⚙️** Data Sharing: **📶** **🚫 Erlaube verbundenen Geräten Start/Stop ...** **OK**🖱️
- ▶ **Home**🖱️, **LabQuest App**🖱️ (Falls die Messwertanzeigen nicht sichtbar: ganz links oben **Messskala**🖱️)
- ▶ Rechts im Display **Betriebsart**🖱️ neben "Zeit basiert" **▼**🖱️ **Ausgewählte Ereignisse**🖱️ **OK**🖱️
- ▶ Oben auf **"Sensoren"**🖱️ **Null**🖱️ **CH 1 oder 2 Stromsensor**🖱️
- ▶ Wieder oben auf **"Sensoren"**🖱️ **Null**🖱️ **CH X Spannungssensor, Diff.**🖱️
- ▶ Oben rechts auf **Icon Graph**🖱️ klicken. Es erscheinen zwei Koordinatensysteme. In der Leiste oben **"Graph"**🖱️ anwählen, **Graphoptionen**🖱️ und "Spalte x-Achse" neben Ereignis **?**🖱️ **Potential**🖱️ **Rechts** **2** **Links** **0** **Fertig**🖱️.
- ▶ Unter "y-Achse Graph 1" **oben** **0,06** **Fertig**🖱️, **unten** **0** **Fertig**🖱️
- ▶ Häkchen bei **☑️ Punkte verbinden** und unter Lauf 1 bei **☑️ Stromstärke**.
- ▶ Unter " y-Achse Graph 2" unter Lauf 1 alle **☐** Häkchen entfernen und **OK**🖱️



Vorbereitung an den anderen Computern / Tablets (Clients)

- ▶ Am Laptop / Tablet **Netzwerk** mit dem bestehenden Netzwerk eine WLAN Verbindung herstellen **Home Netzwerk** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
- ▶ Browser z.B. **FireFox** aufrufen und in die Adresszeile (URL-Zeile) **z.B.:** **192.168.1.112** eingeben.
- ▶ Falls man später am Tablet auswerten will

Durchführung am Labquest

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

- ▶ Die **Messwertaufnahme** bei **0,0** mit **Grüner Pfeil** links unten starten und den Messwert mit dem Icon rechts daneben **Rosettensymbol** speichern..
- ▶ Danach die Spannung um jeweils $U = 0,1 \text{ V}$ (muss nicht exakt $0,1 \text{ V}$ sein) erhöhen und Messwert jeweils mit **Rosettensymbol** speichern.
- ▶ Zum Beenden **Rotes Quadrat** links unten drücken.

Speichern

- ▶ Zum Speichern oben im Menü **Datei** **Speichern**
- ▶ Projektnamen eingeben statt "unbenannt" **N01A-5-3-user** **Fertig** und **Speichern**

Öffnen bei Bedarf

- ▶ LabQuest 2 anstellen. Bootphase abwarten. Zum Dateiladen oben im Menü **Datei** **Öffnen**, entsprechende Datei auswählen und **Öffnen**

Am Client Speichern

- ▶ Pfeil Oben rechts **mittleres Icon** im Fenster "Export" **Download Data** im Fenster "Export Options" Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **N01A-5-3-user** und **Download CSV**
Im Fenster „Öffnen von N01A-5-3-user.csv“ **☉ Datei speichern** und **OK**
Darauf achten, dass kein Popup-Blocker das Speichern verhindert.

Client Excel-Export

- ▶ Pfeil Oben rechts **mittleres Icon** im Fenster "Export" **Download Data** im Fenster "Export Options" Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **N01A-5-3-user** und **Download CSV**
Im Fenster „Öffnen von N01A-5-3-user.csv“
Direkt in Excel Öffnen: **☉ Öffnen mit 'Microsoft Office Excel (Standard)'** und **OK**
oder
Als Datei Speichern: **☉ Datei speichern** und **OK**

Öffnen bei Bedarf

- ▶ Browser z.B. **FireFox** aufrufen und in Adresszeile (URL-Zeile) **z.B.:** **192.168.1.112** eingeben.
▶ **Weiter??.**

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.

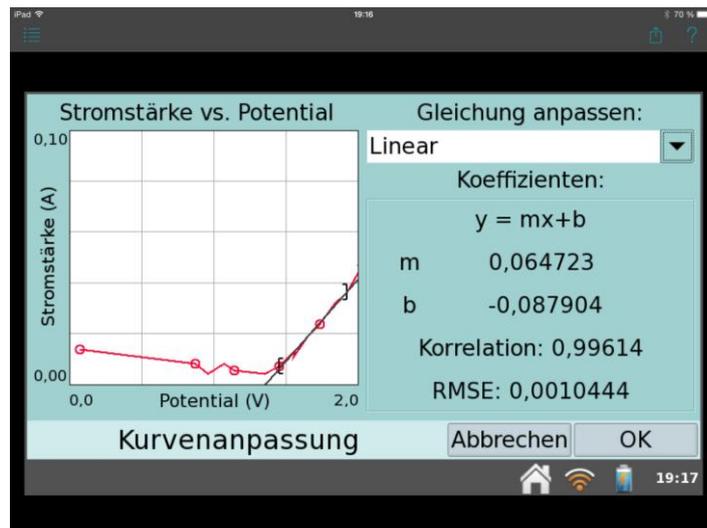
Auswertung

- ▶ Mit dem gerückten Stift den ansteigenden Teil der Kurve markieren und **Analysieren**
- ▶ **Kurvenanpassung** **Stromstärke**. Unter "Gleichung anpassen" **Linear**.
Von der Gleichung $y = mx + b$ werden m und b ausgegeben.
- ▶ Die Zersetzungsspannung berechnet sich $E_z = -b/m$. Beenden mit **OK**

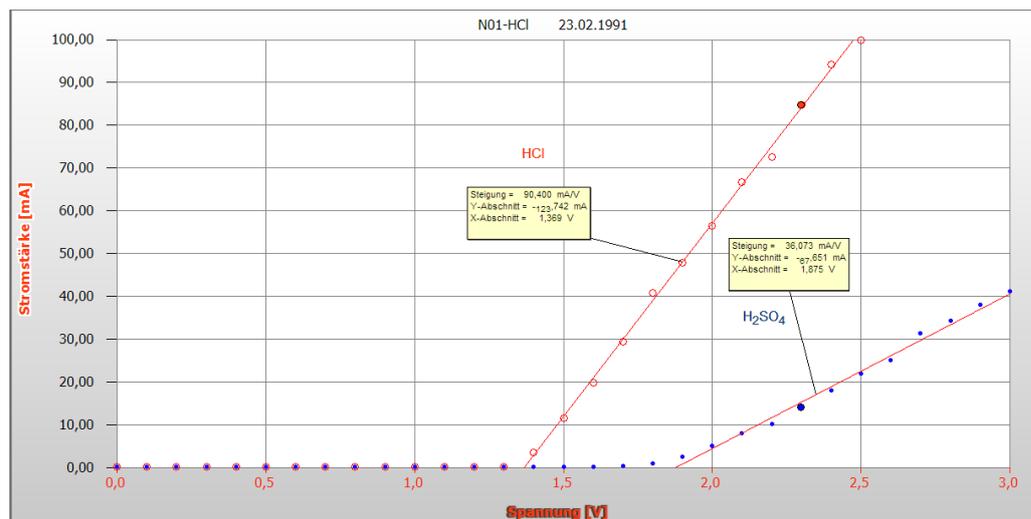
Achtung: Die Auswertung wird nicht an die Clients übertragen



Auswertung
am
LabQuest



Theorie



Die Normalpotentiale bei pH= 0 betragen: $E^0(\text{H}_2/\text{H}^+) = 0,0\text{V}$, $E^0(\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2) = 1,23\text{ V}$ bzw. $E^0(\text{Cl}^-/\text{Cl}_2) = 1,36\text{ V}$.
Nach theoretischen Überlegungen müssten sich Wasserstoff und Sauerstoff bei 1,23 V abscheiden, doch die Abscheidungsspannung ist etwa 1,37 V (Grafik) und es riecht nach Chlor. Wie man bei der Elektrolyse von Schwefelsäure erkennen kann, entstehen Wasserstoff und Sauerstoff erst ab 1,9 V.

Die Differenz aus der experimentell ermittelten und der theoretischen Zersetzungsspannung ist die Überspannung. Sie rührt daher, dass die an den Elektroden entstehenden Gase ein Hindernis für die zur Elektroden wandernden Ionen darstellen. Dies Hindernis muss mit höherer Spannung überwunden werden. Sie ist abhängig vom Material und Oberfläche der Elektroden, von der Art und der Konzentration des Elektrolyten, von der Temperatur und der Stromdichte (Stromstärke pro Elektrodenfläche). Typische Überspannungen an blankem Platin (ohne Berücksichtigung der Stromdichte):

$E_U(\text{H}_2) = -0,16\text{V}$, $E_U(\text{O}_2) = 0,95\text{ V}$ bzw. $E_U(\text{Cl}_2) = 0,1\text{ V}$.

Zersetzungsspannung: $E_Z(\text{O}_2/\text{H}_2) = (1,23\text{ V} + 0,95\text{ V}) - (0,0\text{ V} + -0,16\text{ V}) = 2,18\text{ V}$
für die Chlorabscheidung: $E_Z(\text{Cl}_2/\text{H}_2) = (1,36\text{ V} + 0,10\text{ V}) - (0,0\text{ V} + -0,16\text{ V}) = 1,62\text{ V}$

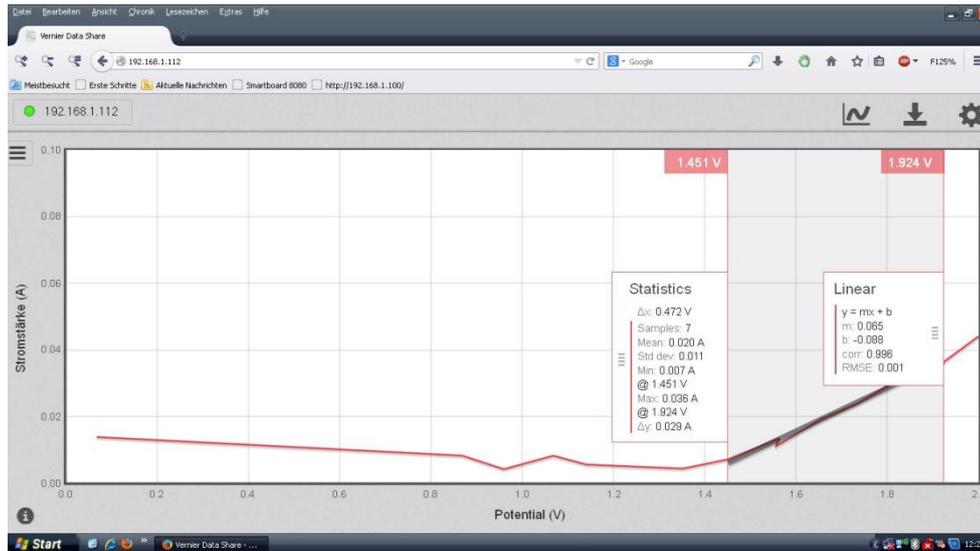


Auswertung
an den Clients

- ▶ Browser z.B. **Firefox** aufrufen und in die Adresszeile (URL-Zeile) **192.168.1.112** eingeben. = Vernier Data Share (**Es wird zu Zeit immer die zuletzt angesehene Kurve geladen**)

Auswertung

- ▶ Mit **Links gedrückt** den gewünschten Bereich markieren
- ▶ In den Bereich **Links** **Linear** und **Done**.
- ▶ Von der Gleichung $y = mx + b$ werden m und b ausgegeben.
- ▶ Die Zersetzungsspannung berechnet sich $E_z = -b/m$. ($-0,088 / 0,065 = 1,35$)
- ▶ Beendet wir mit **OK**



Geräte (Module) und Chemikalien müssen schon aufgebaut, angeschlossen und eingeschaltet sein!

Quick-Start

Einmal gespeicherte Einstellungen können für eine sofortige neue Messung benutzt werden.

- ▶ Labquest 2 einschalten (Schalter auf der Oberseite links). Bootphase abwarten. Der-Bildschirm zeigt Spannung und Stromstärke an.
- ▶ Oben **„Datei“** **Öffnen** die Datei **N01a-5-3.qmb1** **Öffnen**
- ▶ Mit **Grüner Pfeil** links unten Messwertspeicherung starten „... Letzten Lauf ...“ **Verwerfen**
- ▶ Weiter, wie bei **Durchführung** beschrieben.

Tip

Für iOS-Besitzer von gibt eine die käufliche App "LabQuest viewer" (€), mit der man allerdings nur den Screen empfangen und betrachten kann, ohne das LabQuest 2 bedienen zu können) Dazu ins gleiche Netz einwählen und die App aufrufen.

Zeitbedarf Minuten	Aufbau (Exp):	Vorber. Rechn.	Durch- führ.	Auswer- tung	Ab- bau	Intuitive Be- dienung (+1-6)
-----------------------	------------------	-------------------	-----------------	-----------------	------------	---------------------------------

Beachten:



Entsorgung

Ausguss evtl. nach Neutralisation

Literatur

R. Nagel, Praktikumsversuche zur Chemie für die gymnasiale Oberstufe, S.: 4ff, Phywe AG, Göttingen, 1978