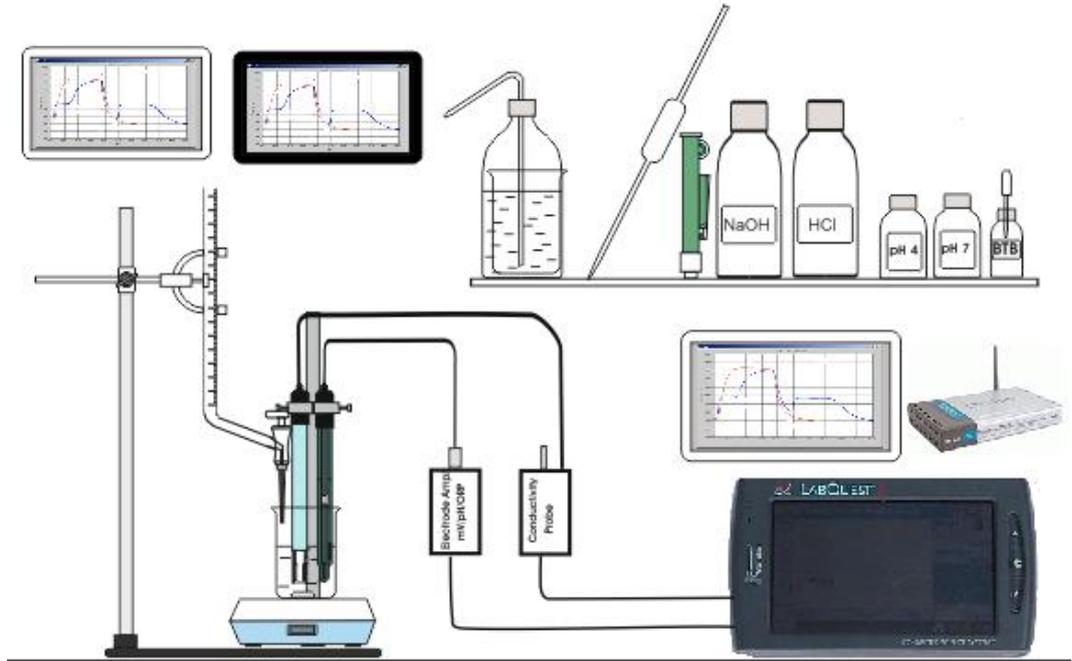


Prinzip

Da sich bei der Neutralisation die Leitfähigkeit und der pH-Wert ändern, kann man die Titration sowohl konduktometrisch wie auch potenziometrisch verfolgen.
Mit dem LabQuest 2 (Vernier) hat man die Möglichkeit, Leitfähigkeit und pH-Wert gleichzeitig aufzunehmen. Über ein bestehendes WLAN-Netz können die Schüler die Messung auf Ihrem eigenen Tablet verfolgen und auswerten.

Versuch als 2-Kanal Messung nicht durchführbar: Die Module besitzen keine Potentialtrennung

Aufbau und Vorbereitung



Benötigte Geräte

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Labquest 2 (Vernier) / (Netzteil) | <input type="checkbox"/> "Spülbecherglas", 250 mL |
| <input type="checkbox"/> Elektrode Amplifier-Modul | <input type="checkbox"/> Pipette, 10 mL |
| <input type="checkbox"/> Conductivity Probel | <input type="checkbox"/> Magnetrührer |
| <input type="checkbox"/> Laptops/ Tablets mit WLAN Eee05 | <input type="checkbox"/> Rührfisch |
| <input type="checkbox"/> pH-Elektrode | <input type="checkbox"/> 2 Stative |
| <input type="checkbox"/> Becherglas, 150 mL | <input type="checkbox"/> Bürettenklemme |
| <input type="checkbox"/> Bürette, 25 mL | <input type="checkbox"/> Doppelelektrodenhalter |
| <input type="checkbox"/> Muffe | <input type="checkbox"/> Pipettierhilfe |

Verwendete Chemikalien

- Natronlauge (c = 0,1 mol/L)
- Salzsäure (c = 0,1 mol/L)
- dest. Wasser
- Pufferlösung, pH 7
- Pufferlösung, pH 4
- evtl. Bromthymolblaulösung

Vorbereitung des Versuchs

- ▶ Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen, aufbauen und verbinden.
- ▶ 10 mL Salzsäure (bzw. Analysenlösung) mit der Pipette in das Becherglas geben.
- ▶ Rührfisch dazugeben und Becherglas auf den Magnetrührer stellen.
- ▶ pH-Elektrode in das halb mit Leitungswasser gefüllte „Spülbecherglas“ stellen.
- ▶ pH-Elektrode in die entsprechende pH-Buchse stecken.
- ▶ Leitfähigkeitselektrode in die entsprechende κ(LF)-Buchse stecken und am Elektrodenhalter befestigen.
- ▶ Die Bürette mit Natronlauge füllen und auf die Nullmarkierung einstellen.
- ▶ pH-Elektrode über Elektrode Amplifier-Modul mit dem LabQuest 2 verbinden.
- ▶ Conductivity-Modul mit dem 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 elektrische Leitfähigkeit an.



- ▶ Auf rechtem Gehäuserand die mittlere Taste **Home**, **Verbindungen** WiFi an, daneben **Zahnrad**
- ▶ **Kappi-Home** Passphrase **5X00**, **Wichtig: IP-Adresse** z.B. **192.168.0.173** auch QR-Code
- ▶ **Home**, **LabQuest App** (Falls die Messwertanzeigen nicht sichtbar: ganz links oben **Messskala**)
- ▶ Auf die **Digitalanzeige des Potentials** **Einheiten ändern** **pH**
- ▶ Oben Rechts im Display **Betriebsart** neben "Zeit basiert" **Ausgewählte Ereignisse**
- ▶ **Name** **Volumen** **Einheit** **mL** **OK**

Kalibrieren

- ▶ auf **Sensoren** auf **Kalibrieren** auf **Elektrodensignalverstärker** auf **Jetzt kalibrieren**
- ▶ Elektrode in Pufferlösung pH = 7 stellen - Bei Wert 1 **7** und warten bis die angezeigte Spannung konstant ist. Dann **Festhalten**
- ▶ Elektrode in Pufferlösung pH = 4 stellen - Bei Wert 2 **4** und warten bis die angezeigte Spannung konstant ist. Dann **Festhalten** **OK**
- ▶ Oben rechts auf **Icon Graph** klicken. Es erscheinen zwei Koordinatensysteme. In der Leiste oben **"Graph"** anwählen, **Graphoptionen**
- ▶ und "Spalte x-Achse" **Volumen** **Links** **0** **Fertig**. Rechts **40** **Fertig**
- ▶ Unter "y-Achse Graph 1" **oben** **14** **Fertig**, **unten** **0** **Fertig**
- ▶ Häkchen bei **Punkte verbinden** und unter Lauf 1 nur bei **pH**.
- ▶ Unter "y-Achse Graph 2" **oben** **5000** **Fertig**, **unten** **0** **Fertig** (evtl. "Schieber" beachten!)
- ▶ Häkchen bei **Punkte verbinden** und unter Lauf 1 nur bei **Elektrische Leitfähigkeit** und **OK**

Vorbereitung an den anderen Computern / Tablets (Clients)

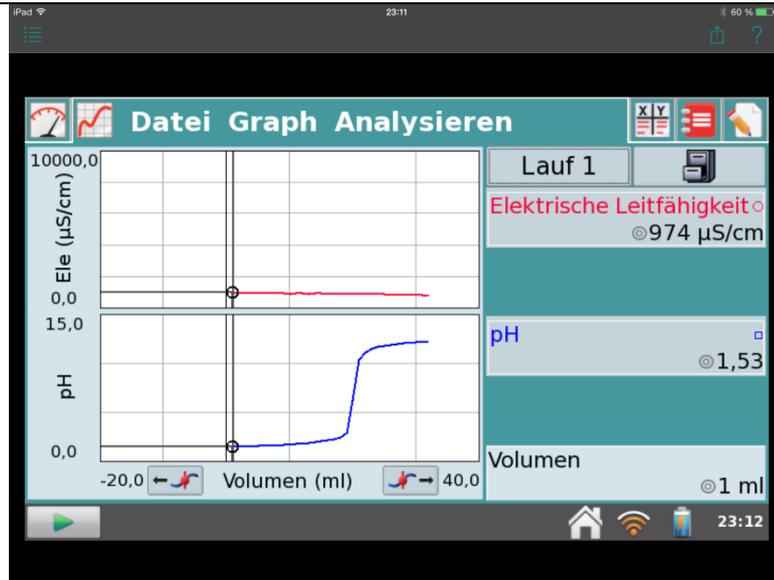
- ▶ Am Laptop / Tablet **Netzwerk** mit dem bestehenden Netzwerk eine WLAN Verbindung herstellen. **Home** **Netzwerk** anwählen und warten bis die Verbindung hergestellt ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox** aufrufen und in die Adresszeile (URL-Zeile) **192.168.0.173** eingeben.
- ▶ Falls man später am Tablet auswerten will

Durchführung

- ▶ pH-Elektrode am Stativ befestigen. Rührfisch darf beim Drehen die Elektroden nicht berühren.
- ▶ So viel dest. Wasser zugeben, dass die Pt-Bleche der LF-Elektrode gut bedeckt sind.
- ▶ Die **Messwertaufnahme** bei **0,0** mit **Grüner Pfeil** links unten starten und den Messwert mit dem Icon rechts daneben **Rosettensymbol** speichern.
- ▶ Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** und Messwert jeweils mit **Rosettensymbol** speichern.
- ▶ Zum Beenden **Rotes Quadrat** links unten drücken.

▶ Volumen umrechnen **Testen!!**

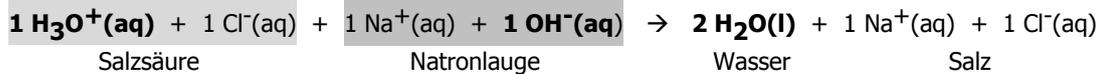
Icon „Tabelle“ anklicken, oben Wort „Tabelle“ anklicken, „Neue berechnete Spalte“ auswählen, bei Name „Volumen“ eingeben, bei Einheiten „mL“ eingeben, bei Gleichung Typ: AX+B wählen, bei Spalte für X: Volumen auswählen, für A 0,5 eingeben, für B -0,5 eingeben und mit OK bestätigen. Den Hinweis „Spaltenname wird gerade verwendet. Wollen Sie diesen Namen erneut verwenden“ mit „Ja“ beantworten



Speichern	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Zum Speichern oben im Menü Datei Speichern ▶ Projektnamen eingeben statt "unbenannt" (hier: Beispiel) N02a-5-3-user und Speichern
Öffnen bei Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> ▶ LabQuest 2 anstellen. Bootphase abwarten. Zum Dateiladen oben im Menü Datei Öffnen , entsprechende Datei auswählen und Öffnen
Ansehen am Client	
Client Speichern	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Experiment speichern , Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) N02a-2-1-user und Experiment speichern ▶ Es öffnet sich ein Fenster „N05-2-1user. exp“. Datei speichern und OK <p>Darauf achten, dass kein Popup-Blocker das Speichern verhindert.</p>
Client Excel-Export	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Experiment speichern , Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) N02a-2-1-user und Als CSV speichern . Es öffnet sich ein Fenster „Mein_erstes_Projekt.csv“ <p>Direkt in Excel Öffnen: "Öffnen mit 'Microsoft Office Excel (Standard)'" OK </p> <p>oder</p> <p>Als Datei Speichern: "Datei speichern" OK </p>
Öffnen bei Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Browser z.B. Firefox aufrufen und in die Adresszeile (URL-Zeile) 192.168.0.173 eingeben. ▶ Menüzeile On-Line Experiment dann Experiment öffnen und in Fenster "Datei hochladen" Suchen in" Verzeichnis ...Downloads" die gewünschte Datei mit öffnen.

Neutralisationstiteration - Theorie

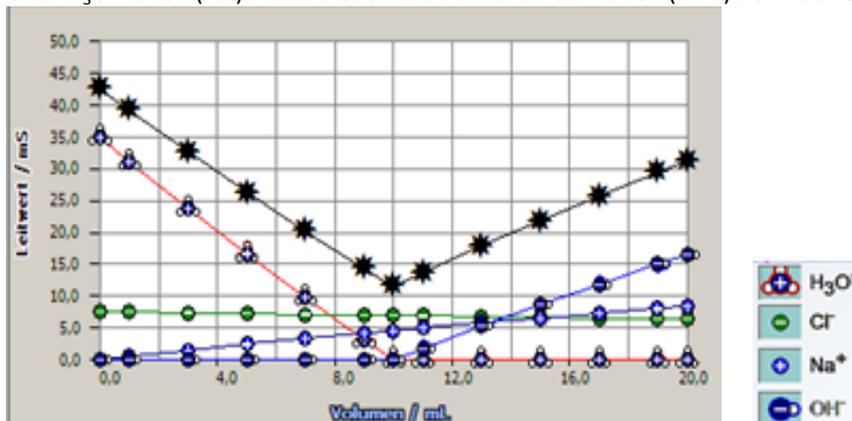
Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



Es reagieren eigentlich nur die schon vorliegenden Oxoniumionen mit den zugetropften Hydroxidionen

1. Betrachtung der elektrischen Leitfähigkeit

Hier ist der Leitwert (elektrische Leitfähigkeit = einzig meßbarer Wert) als Summe der Einzelleitwerte von Oxonium-, Chlorid-, Natrium- und Hydroxidionen gegen das Titratorvolumen aufgetragen. Man erkennt, wie fast nur die sehr schnellen H_3O^+ -Ionen (rot) und die ebenfalls schnellen OH^- -Ionen (blau) den Leitwert beeinflussen.

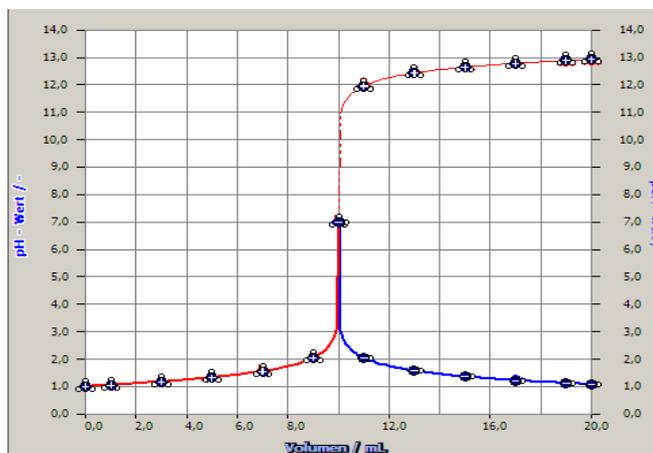


Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen H_3O^+ -Ionen durch langsamere Na^+ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen OH^- -Ionen wieder an. Der Äquivalenzpunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt der beiden Regressionsgeraden der zwei Phasen.

2. Betrachtung des pH-Wertes

Wir benutzen dieselben Konzentrationen wie oben und wählen nur eine andere Darstellung im Graphen:

- Es werden nur noch die H_3O^+ - und die OH^- -Ionen betrachtet.
- Auf der y Achse wird statt Leitwert der negative dekadische Logarithmus der Oxonium-/Hydroxid-Ionenkonzentrationen $\text{pH} = -\log(c(\text{H}_3\text{O}^+))$ gegen das Titratorvolumen aufgetragen.
- Im oberen Graphen ist im Äquivalenzpunkt die Konzentration der Oxoniumionen durch die Titration (fast) $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0 \text{ mol/L}$. Aber man kann noch einen pH-Wert messen: er beträgt: 7
- Ab dem Äquivalenzpunkt erhöht sich die Hydroxidionenkonzentration $c(\text{OH}^-)$. Daraus wird der pH-Wert berechnet: $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$.



Zu Beginn ist der **pH-Wert** ist sehr niedrig, da die Chlorwasserstoffsäure vollständig dissoziiert ist. Im Laufe der Titration werden die Oxoniumionen durch die Hydroxidionen neutralisiert. In der Nähe des Äquivalenzpunktes aber steigt der pH-Wert bei weiterer Zugabe der Hydroxidionen sprunghaft an. Am Ende der Titration ist die Steigung wieder gering. Daher bietet sich hier die „3 Geradenmethode“ als Auswertemethode an.

Prinzip:

