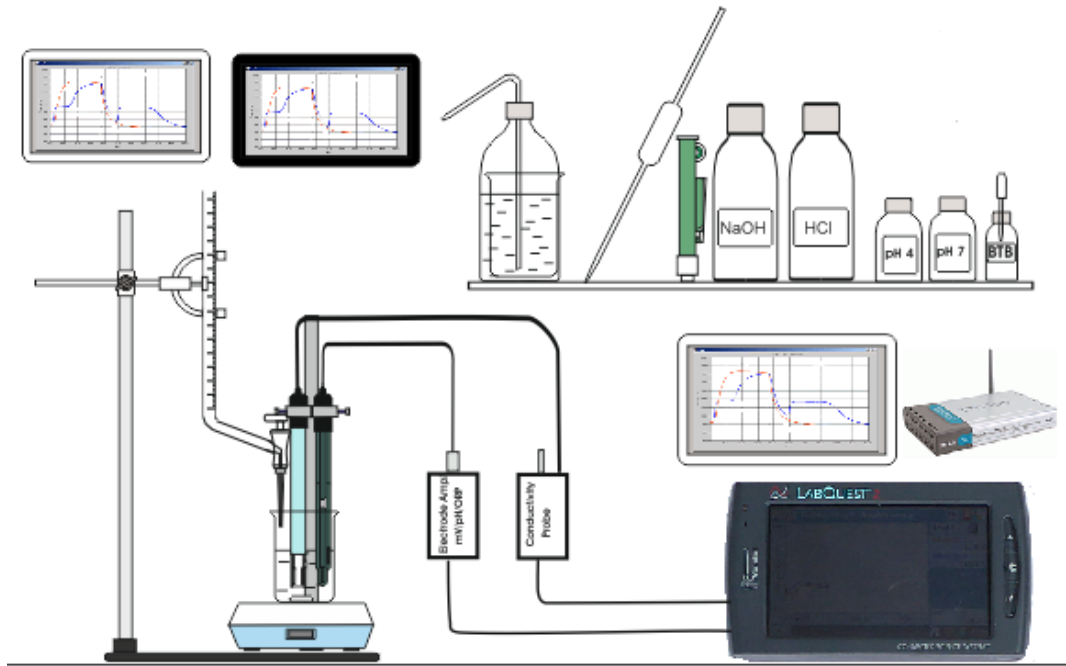


**Prinzip**

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 <b>Eee05</b> | <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 Potenzi- 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 **7** und warten bis die angezeigte Spannung konstant ist. Dann **Festhalten**
- ▶ Elektrode in Pufferlösung pH = 4 stellen - Bei Wert **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)

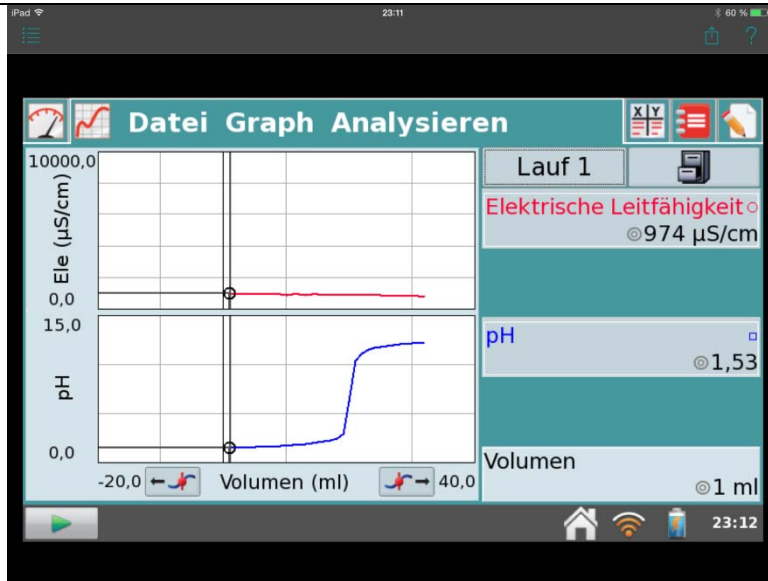
- ▶ Am Laptop / Tablet **Netzwerk** mit dem bestehenden Netzwerk eine WLAN Verbindung herstellen. **Home** **Netzwerk** anwählen und warten bis die Verbindung hergestellt ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox** aufrufen und in die Adresszeile (URL-Zeile) **192.168.0.173** eingeben.
- ▶ Falls man später am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

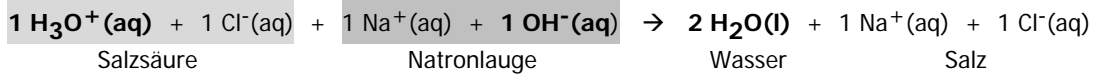
Icon „Tabelle“ anklicken, oben Wort „Tabelle“ anklicken, „Neue berechnete Spalte“ auswählen, bei Name „Volumen“ eingeben, bei Einheiten „mL“ eingeben, bei Gleichung Typ: AX+B wählen, bei Spalte für X: Volumen auswählen, für A 0,5 eingeben, für B -0,5 eingeben und mit OK bestätigen. Den Hinweis „Spaltenname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



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

### Neutralisationstiteration - Theorie

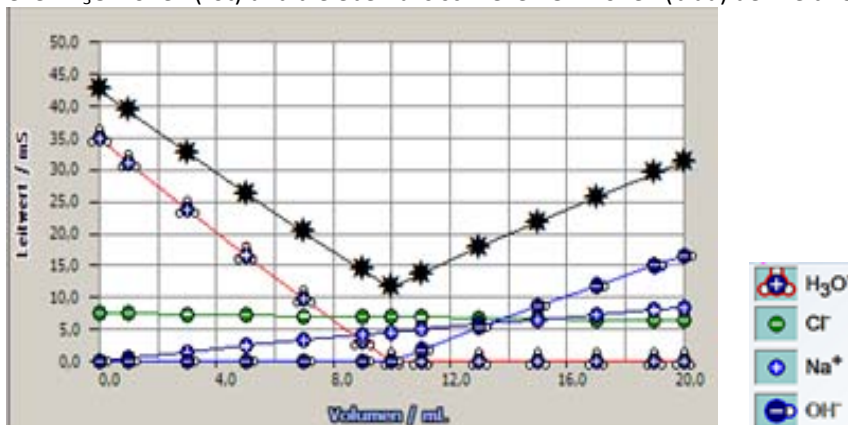
Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



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  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen (rot) und die ebenfalls schnellen  $\text{OH}^-$ -Ionen (blau) den Leitwert beeinflussen.

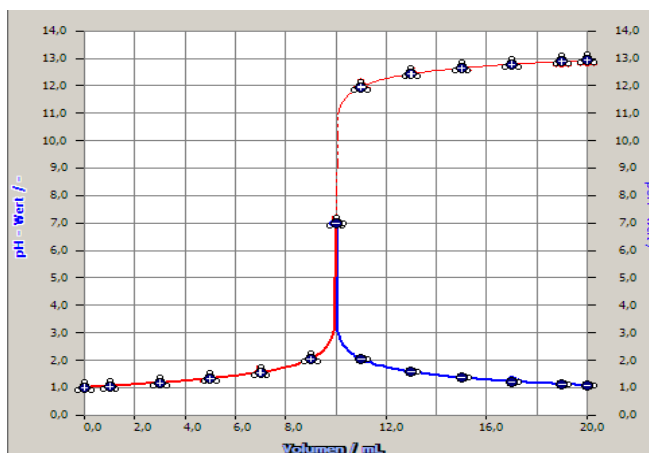


Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen durch langsamere  $\text{Na}^+$ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen  $\text{OH}^-$ -Ionen wieder an. Der Äquivalenzpunkt ergibt sich aus dem 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  $\text{H}_3\text{O}^+$ - und die  $\text{OH}^-$ -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:



Auswertung             an den Clients	▶ Browser z.B. <b>Firefox</b> aufrufen und in die Adresszeile (URL-Zeile) <b>192.168.0.173</b> eingeben.
	<p><b>Auswertung</b></p> ▶ Mit <b>Links</b> in den rechten Rand den linearen Bereichs und mit <b>Links gedrückt</b> nach links hin den gewünschten Absteigenden Bereich markieren ▶ In den Bereich <b>Links</b> <b>Linear</b> und <b>Done</b> . ▶ Von der Gleichung $y = mx + b$ werden $m$ und $b$ ausgegeben. ▶ <b>Zu Fuß</b> die Werte $m$ und $b$ als $m_1$ und $b_1$ notieren ▶ Mit <b>Links</b> in den rechten Rand den linearen Bereichs und mit <b>Links gedrückt</b> nach links hin den gewünschten aufsteigenden Bereich markieren ▶ In den Bereich <b>Links</b> <b>Linear</b> und <b>Done</b> . ▶ <b>Zu Fuß</b> die Werte $m$ und $b$ als $m_2$ und $b_2$ notieren ▶ <b>Zu Fuß den Schnittpunkt</b> berechnen: $EZ = (b_1 - b_2) / (m_2 - m_1)$ ▶

Quick-Start Labquest	<p><b>Einmal gespeicherte Einstellungen können für eine sofortige neue Messung benutzt werden.</b></p> ▶ Labquest einschalten (Schalter oben drauf links). Bootphase abwarten. Bootphase abwarten. Der-Bildschirm zeigt beide Temperaturen an. ▶ Oben „Datei“ <b>Öffnen</b> die Datei <b>N02a-5-3-QS.qmbl</b> <b>Öffnen</b> ▶ Mit <b>Grüner Pfeil</b> links unten Messwertspeicherung starten „alte Daten“ <b>Verwerfen</b> ▶ Weiter, wie bei <b>Durchführung</b> beschrieben.
-------------------------	---

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

<b>Beachten:</b>		<b>Entsorgung</b>	Ausguss evtl. nach Neutralisation
------------------	--	-------------------	-----------------------------------

<b>Literatur</b>	F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988 , S. 142, Verlag Dr. Flad, Stuttgart
------------------	---