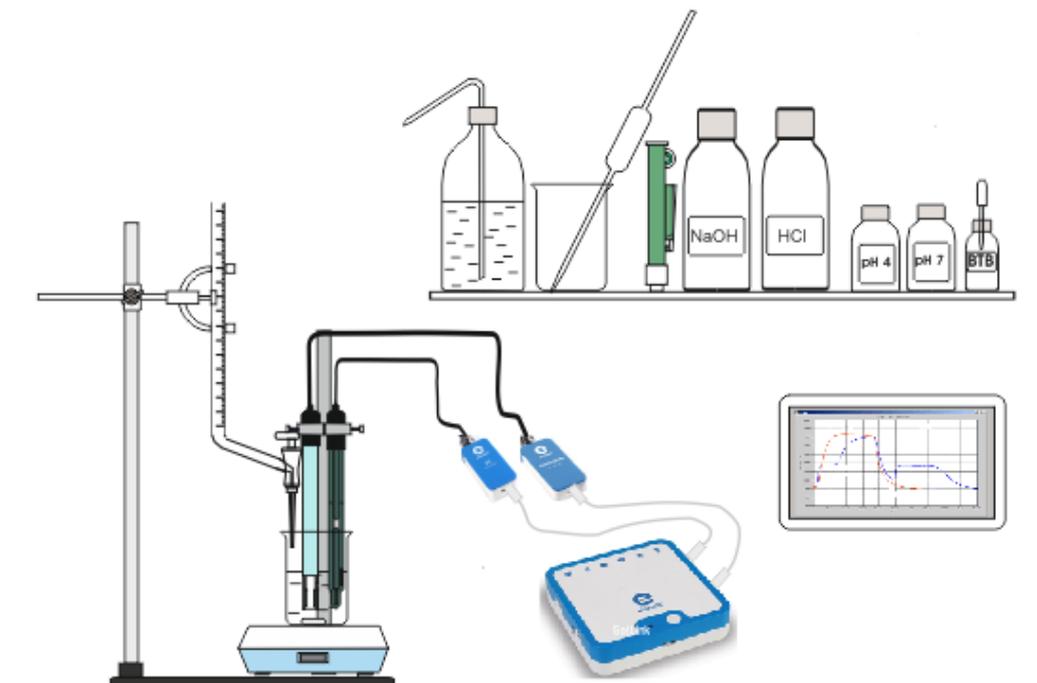


**Prinzip**

Da sich bei der Neutralisation die Leitfähigkeit und der pH-Wert ändern, kann man die Titration sowohl konduktometrisch wie auch potenziometrisch verfolgen.  
Mit Fourier Einstein / Milab (App für Tablets) kann man Leitfähigkeit und pH-Wert gleichzeitig aufzunehmen.

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

**Die Messung ist auch nicht mit normaler Bürette durchführbar, weil mit Sparkvue manuell keine sinnvolle x-Achse zu erstellen ist. Als Ersatzlösung wird hier eine Gleichlaufbürette eingesetzt.**



**Aufbau  
und  
Vorbe-  
reitung**

**Benötigte Geräte**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> LabMate + (evtl. Netzgerät)       | <input type="checkbox"/> Muffe                    |
| <input type="checkbox"/> Tablet mit Blue Tooth z.B. Galaxy | <input type="checkbox"/> "Spülbecherglas", 250 mL |
| <input type="checkbox"/> Modul Current +/- 250 mA          | <input type="checkbox"/> Pipette, 10 mL           |
| <input type="checkbox"/> Modul Voltage +/- 2, V            | <input type="checkbox"/> Magnetrührer             |
| <input type="checkbox"/> pH-Sensor                         | <input type="checkbox"/> Rührfisch                |
| <input type="checkbox"/> LF-Sensor                         | <input type="checkbox"/> 2 Stative                |
| <input type="checkbox"/> 2 USB-Kabel 2x Mini               | <input type="checkbox"/> Bürettenklemme           |
| <input type="checkbox"/> Becherglas, 150 mL                | <input type="checkbox"/> Doppelelektrodenhalter   |
| <input type="checkbox"/> Bürette, 25 mL                    | <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 und 2 Tropfen Indikator.
- ▶ Rührfisch dazugeben und Becherglas auf den Magnetrührer stellen.
- ▶ pH-Elektrode in das halb mit Leitungswasser gefüllte „Spülbecherglas“ stellen.
- ▶ pH-Elektrode in die entsprechende Buchse am pH--Modul stecken.
- ▶ Leitfähigkeitselektrode in die LF-Buchse am Leitfähigkeitsmodul stecken; am Elektrodenhalter befestigen.
- ▶ Die Bürette mit Natronlauge füllen und auf die Nullmarkierung einstellen.
- ▶ Spannungsmodul (Differential Voltage) und Stromstärk Modul (CurrentProbe) mit LabMate verbinden



Vorbereitung am Computer

- ▶ Tablet und LabMate einschalten. LabMate LED blinkt grün.
- ▶ Mit Bluetooth koppeln: **Einstellungen** **Bluetooth einschalten** **LabMate4207 Verbinden**
- ▶ Die App **MiLAB** starten. Warten LabMate LED blinkt blau.

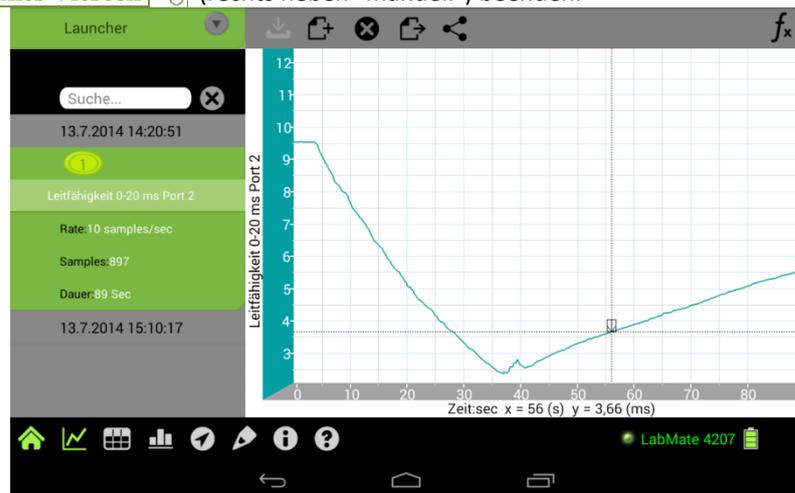
**Die Bluetooth-Kopplung schlägt häufig fehl und setzt auch während der Messung aus**

- ▶ Oben links einen Namen für die Messreihe eintragen **N02a-7-1**
- ▶ Unter "Sensoren" alle Häkchen entfernen bis auf,  **pH** und  **kein Sensor** später Leitfähigkeit
- ▶ **bei der Tagung auf kein Sensor und Leitfähigkeit 0 - 20 mS**
- ▶ Bei "Rate": **Einstellungen** anklicken, "Samples" **jede Sekunde** "Duration"- "Minutes" **2**

**Hier müsste eine Möglichkeit geben, das Volumen auf Tastendruck auf die x-Achse zu bringen**

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.
- ▶ Zur **Messwertaufnahme bei 0,0 mL mit Grüner Pfeil** speichern
- ▶ Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL einen Messwert ??????** jeweils speichern.
- ▶ Mit Klick auf **Grünes Viereck** (rechts neben "manuell") beenden.





**Speichern**

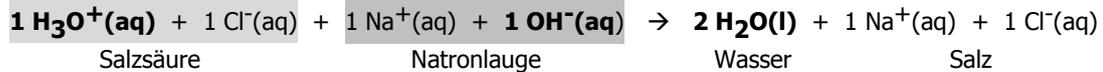
► Zum Speichern Icon neben dem Bezeichnungsfeld **Speichern** 

**Öffnen**

Tablet anstellen. Bootphase abwarten. Zum Laden einer gespeicherten Datei unten unter "Archiv" auf das Datum der Aufnahme **gespeicherte Arbeit** klicken

### Neutralisationstiteration - Theorie

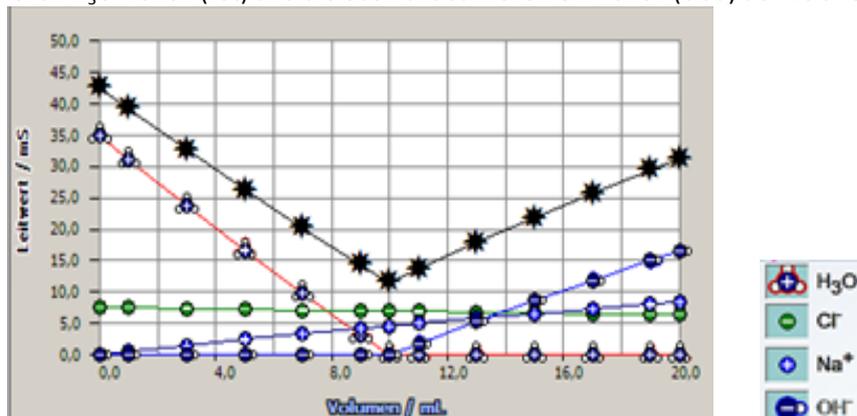
Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



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.



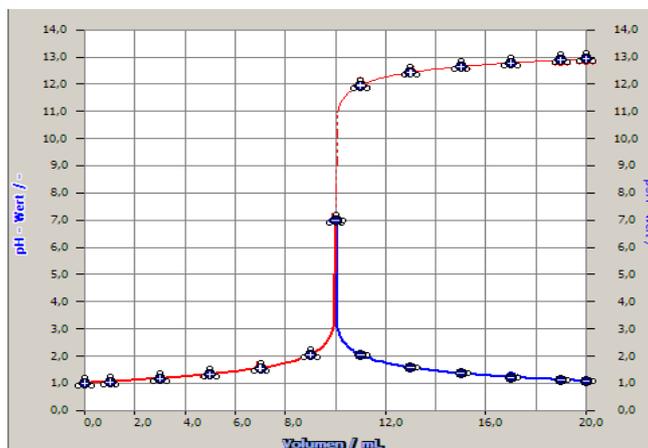
Prinzip:

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.



Auswertung

Geräte und Chemikalien müssen schon aufgebaut, anschlossen und eingeschaltet sein!

Quick-Start

Offensichtlich nicht vorgesehen???

Tipp

Es wird vom Gerät nicht richtig gemeldet, wenn der Akku schwach wird: Die Bluetooth-Übertragung fällt dann während der Messung aus.  
Die Leitfähigkeitskurve erinnert an die Dead-Stop-Methode. Gibt es einen Gleichspannungsanteil?

Zeitbedarf Minuten		Aufbau (Exp):		Vorber. Rechn.		Durchführ.		Auswertung		Abbau		Intuitive Bedienung (+1-6)
-----------------------	--	------------------	--	-------------------	--	------------	--	------------	--	-------	--	----------------------------

Beachten:



Entsorgung

Ausguss evtl. nach Neutralisation

Literatur

F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988, S. 142, Verlag Dr. Flad, Stuttgart