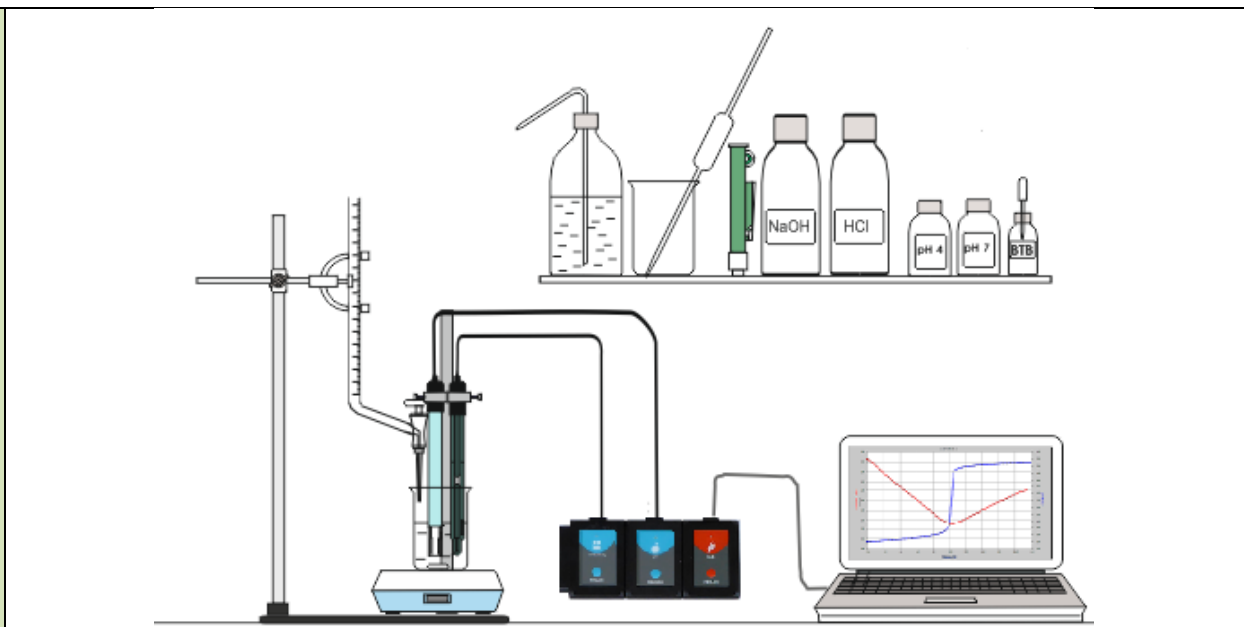


Prinzip

Da sich bei der Neutralisation die Leitfähigkeit und der pH-Wert ändern, kann man die Titration sowohl konduktometrisch wie auch potenziometrisch verfolgen.
Mit dem NeuLog-Modul-System hat man die Möglichkeit, Leitfähigkeit und pH-Wert **gleichzeitig** aufzunehmen.

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

**Aufbau
und
Vorbe-
reitung**



Benötigte Geräte

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> NeuLog USB-Modul | <input type="checkbox"/> "Spülbecherglas", 250 mL |
| <input type="checkbox"/> NeuLog pH Modul m.E. | <input type="checkbox"/> Pipette, 10 mL |
| <input type="checkbox"/> NeuLog Conductivity Modul m.E. | <input type="checkbox"/> Magnetrührer |
| <input type="checkbox"/> USB-Kabel (mini) | <input type="checkbox"/> Rührfisch |
| <input type="checkbox"/> Computer/Laptop Eee02/Eee07 | <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

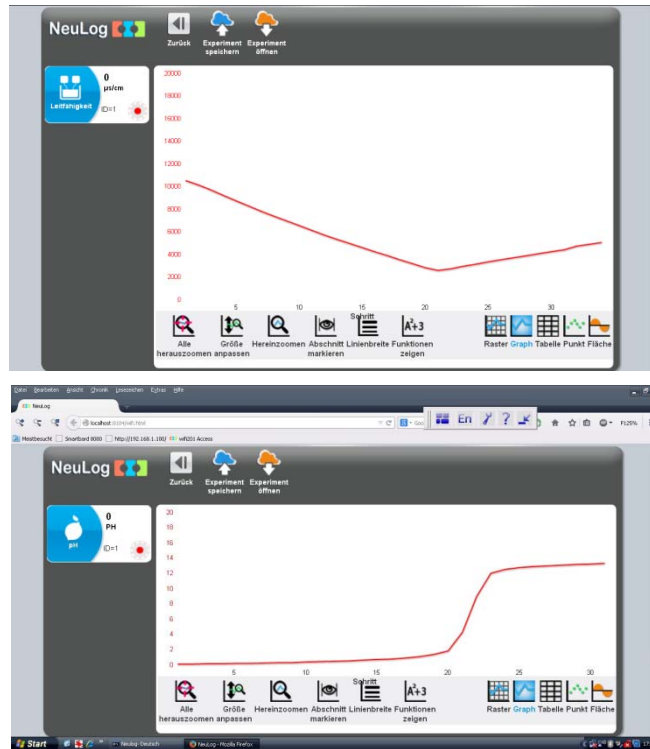
- ▶ Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen, aufbauen und verbinden.
- ▶ 10 mL Salzsäure (bzw. Analysenlösung) mit der Pipette in das Becherglas geben.
- ▶ Rührfisch dazugeben und Becherglas auf den Magnetrührer stellen.
- ▶ pH-Elektrode in das halb mit Leitungswasser gefüllte „Spülbecherglas“ 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.
- ▶ USB Modul mit dem Computer verbinden
- ▶ Conductivity- Modul und pH-Modul auf USB Modul stecken

Vorbereitung am Computer

- ▶ Desktop-Icon **NEULOG Deutsch** aufrufen und warten, bis beide Sensoren erkannt sind (ein brauner Balken wächst; sobald Sensoren erkannt sind, mit dem Knopf hinter dem Balken die Suche abbrechen).
- ▶ Links das obere Sensorsymbol **pH** anklicken und unter "y-Achse anzeigen" auf "Achse endet" **14** und "Achse beginnt" **0** ohne Beachtung des Textes einfach eintippen.
- ▶ Links das untere Sensorsymbol **Leitfähigkeit** anklicken und unter "y-Achse anzeigen" auf "Achse endet" **20000** und "Achse beginnt" **0** genauso eintippen. Danach (Scrollen): **Zurück**
- ▶ Oben Menüzeile **On-Line Experiment**

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** **Einzelner Schritt** (nicht den Pfeil - Experiment starten!) warten bis der erste Punkt im Koordinatensystem erscheint (evtl. unten rechts **Raster** anklicken)
- ▶ Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** einen **Messwert Einzelner Schritt** , **speichern**.
- ▶ Zum Beenden **Messung beenden** drücken.



Wie kann man aus den Schritten das Volumen auf die X-Achse bekommen?

Speichern

- ▶ **Experiment speichern** , Projektname (hier: Beispiel) **N02a-2-1-user** und **Experiment speichern**
 - ▶ Es öffnet sich ein Fenster „Öffnen von Dateiname exp“. **Datei speichern** und **OK**
- Darauf achten, dass kein Popup-Blocker das Speichern verhindert.

Excel-Export

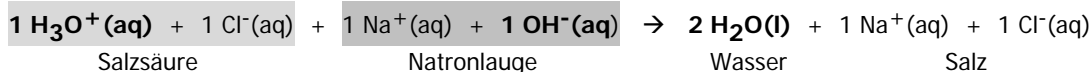
- ▶ **Experiment speichern** , Projektname eingeben (hier: Beispiel) **N02a-2-1-user** und **Als CSV speichern** . Es öffnet sich ein Fenster „Mein_erstes_Projekt.csv“
- Direkt in Excel Öffnen: "Öffnen mit 'Microsoft Office Excel (Standard)' **OK**
- oder
- Als Datei Speichern: "Datei speichern" **OK**

Öffnen bei Bedarf

- ▶ . Zum Aufrufen der Datei: Icon **NEULOG Deutsch** aufrufen - Warten bis Sensoren erkannt sind.
- ▶ 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:

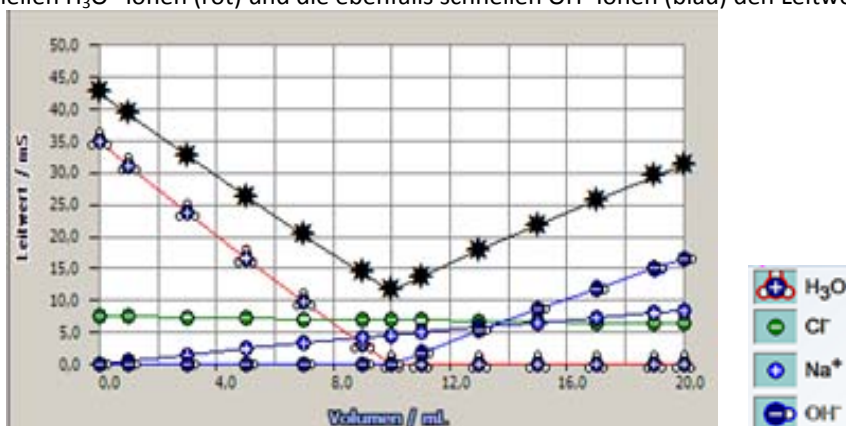


Es reagieren eigentlich nur die schon vorliegenden Oxoniumionen mit den zugetropften Hydroxidionen

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.

Prinzip:

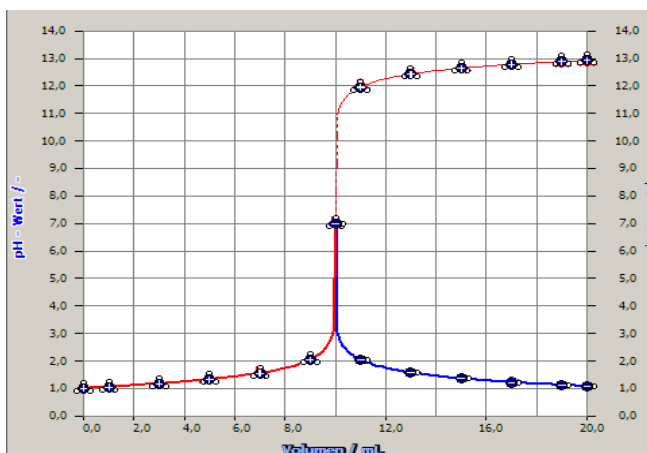


Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen H_3O^+ -Ionen durch langsamere Na^+ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen OH^- -Ionen wieder an. Der Äquivalenzpunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt der beiden Regressionsgeraden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

2. Betrachtung des pH-Wertes

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

1. Es werden nur noch die H_3O^+ - und die OH^- -Ionen betrachtet.
2. 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.
3. 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
3. Ab dem Äquivalenzpunkt erhöht sich die Hydroxidionenkonzentration $c(\text{OH}^-)$. Daraus wird der pH-Wert berechnet: $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$.

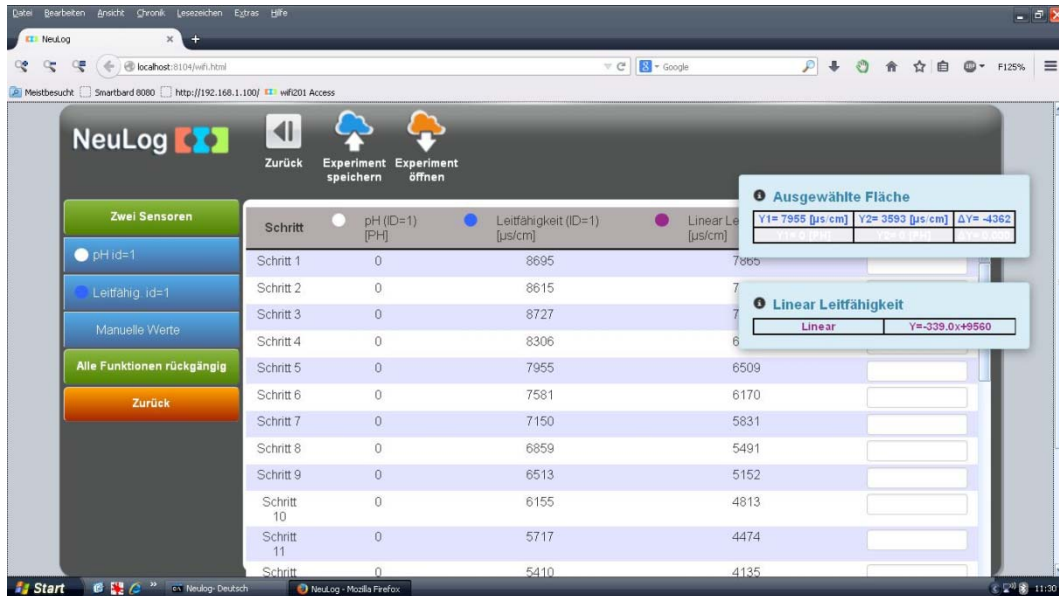


Zu Beginn ist der **pH-Wert** sehr niedrig, da die Chlorwasserstoffsäure vollständig dissoziiert ist. Im Laufe der Titration werden die Oxoniumionen durch die Hydroxidionen neutralisiert. In der Nähe des Äquivalenzpunktes aber steigt der pH-Wert bei weiterer Zugabe der Hydroxidionen sprunghaft an. Am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

1. Auswertung des Graphen für die elektrische Leitfähigkeit

Auswertung
Elektrische Leitfähigkeit

- ▶ Unten **Icon: Abschnitt markieren**, im Graphen links gedrückt den Bereich der abfallenden Kurve markieren.
- ▶ Unten **Icon: Funktionen zeigen** links **Leitfähigkeit** **Lineare Anpassung**
Es erscheint rechts oben ein Kasten mit der Geradengleichung und die Koeffizient:
- ▶ Die Werte m1 und b1 der Ausgleichsgeraden notieren.



- ▶ Unten **Icon: Abschnitt markieren**, im Graphen links gedrückt den Bereich der aufsteigenden Kurve markieren.
- ▶ Unten **Icon: Funktionen zeigen** links **Leitfähigkeit** **Lineare Anpassung**
Es erscheint rechts oben ein Kasten mit der Geradengleichung und die Koeffizient:
- ▶ Die Werte m2 und b2 der Ausgleichsgeraden notieren
- ▶ Die Schnittstelle "zu Fuß" berechnen durch $x = (b_2 - b_1) / (m_1 - m_2)$

2. Auswertung des Graphen für den pH-Wert

Auswertung
pH-Wert

- ▶ Unten **Icon: Abschnitt markieren**, im Graphen links gedrückt den Bereich der Vorperiode markieren.
- ▶ Unten **Icon: Funktionen zeigen** links **Leitfähigkeit** **Lineare Anpassung**
Es erscheint rechts oben ein Kasten mit der Geradengleichung und die Koeffizient:
- ▶ Die Werte m1 und b1 der Ausgleichsgeraden notieren.
- ▶ Unten **Icon: Abschnitt markieren**, im Graphen links gedrückt den Bereich der Hauptperiode markieren.
- ▶ Unten **Icon: Funktionen zeigen** links **Leitfähigkeit** **Lineare Anpassung**
Es erscheint rechts oben ein Kasten mit der Geradengleichung und die Koeffizient:
- ▶ Die Werte m2 und b2 der Ausgleichsgeraden notieren.
- ▶ Unten **Icon: Abschnitt markieren**, im Graphen links gedrückt den Bereich der Nachperiode markieren.
- ▶ Unten **Icon: Funktionen zeigen** links **Leitfähigkeit** **Lineare Anpassung**
Es erscheint rechts oben ein Kasten mit der Geradengleichung und die Koeffizient:
- ▶ Die Werte m3 und b3 der Ausgleichsgeraden notieren.
- ▶ Den Schrittwert des Äquivalenzpunktes berechnen durch $S = 0,5 * [(b_2 - b_1) / (m_1 - m_2) + (b_3 - b_2) / (m_2 - m_3)]$
- ▶ Das Volumen im des Äquivalenzpunktes $V(\text{ÄP}) = S * 0,5 - 0,5$

Gibt es eine einfachere Methode zur Bestimmung des Äquivalenzpunktes bei pH?



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

**Quick-
Start**

Nicht vorgesehen

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

Beachten:



Entsorgung

Ausguss evtl. nach Neutralisation

Literatur

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