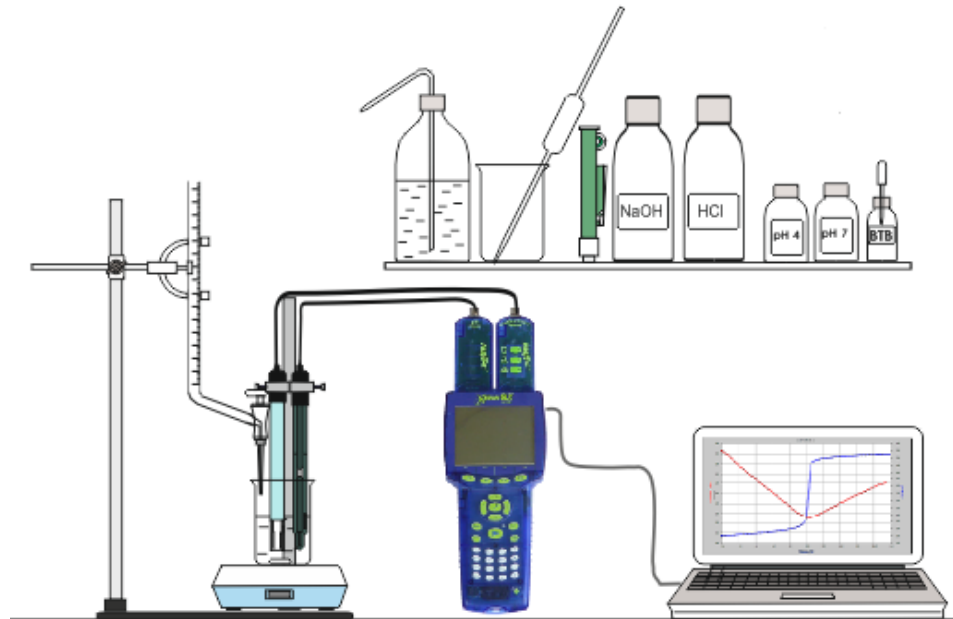


Prinzip

Da sich bei der Neutralisation die Leitfähigkeit und der pH-Wert ändern, kann man die Titration sowohl konduktometrisch wie auch potenziometrisch verfolgen.
Mit dem PASCO Xplorer GLX /DataStudio kann man Leitfähigkeit und pH-Wert gleichzeitig aufnehmen.

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

**Aufbau
und
Vorbereitung**



Benötigte Geräte

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Xplorer GLX (Pasco) / evtl. Netzteil | <input type="checkbox"/> "Spülbecherglas", 250 mL |
| <input type="checkbox"/> USB-Kabel | <input type="checkbox"/> Pipette, 10 mL |
| <input type="checkbox"/> Pasport Conductivity Sensor | <input type="checkbox"/> Magnetrührer |
| <input type="checkbox"/> PasPort pH Sensor | <input type="checkbox"/> Rührfisch |
| <input type="checkbox"/> Computer/Laptop Eee 03 | <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 ($c = 0,1 \text{ mol/L}$)
- ☐ Salzsäure ($c = 0,1 \text{ mol/L}$)
- ☐ 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 $\kappa(\text{LF})$ -Buchse stecken und am Elektrodenhalter befestigen.
- ▶ Die Bürette mit Natronlauge füllen und auf die Nullmarkierung einstellen.
- ▶ Xplorer GLX mit dem Computer verbinden
- ▶ Conductivity- Modul und pH-Modul auf den Xplorer stecken
- ▶ Conductivity Modul auf stellen

Vorbereitung am Computer

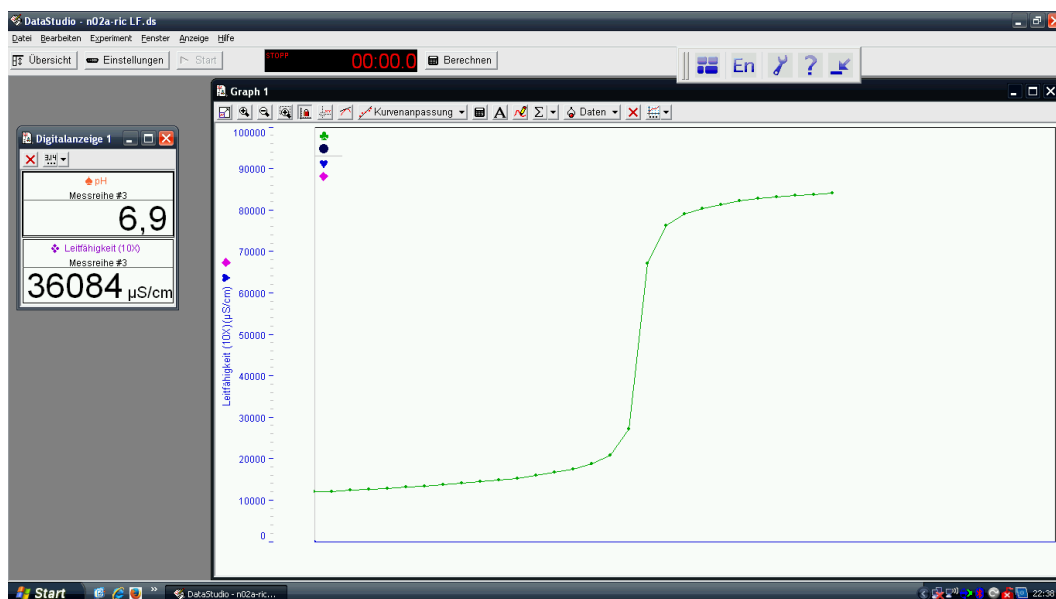
- ▶ **DataStudio starten** (evtl. Xplorer GLX Datei-Manager-Fenster schließen) - die beiden Sensoren werden erkannt und im Fenster „Daten“ dargestellt.
- ▶ mit **links gedrückt** das Symbol **Graph** (links unten unter "Anzeigen") hoch unter "Daten" auf **pH** ziehen. Es erscheint ein Graph.
- ▶ In den erschienenen Graphen mit **rechts** und **Einstellungen**,
- ▶ dann **Layout** **Ein Graph - mehrere y-Skalen** und **OK**
- ▶ mit **links gedrückt** das Symbol **Leitfähigkeit (10x) $\mu\text{S}/\text{cm}$** unter "Daten" nach links in den Bereich zwischen Rand und Y-Skalenbeschriftung ziehen. Es erscheint eine zweite Skala.
- ▶ In 2. Menüleiste **Einstellungen** Reiter **Messparameter**
- ▶ Achse ☒ **Datenwerte nur auf Befehl behalten** auswählen - Häkchen entfernen bei ☐ **Wert anfordern**
- ▶ Mit **OK** bestätigen und Fenster "Einstellungen" **✖**.
- ▶ 2. Menüleiste **Berechnen** Bei "Variablen" **▼** Bitte definieren Sie die Variable "x"
- ▶ **Datenerfassung** **Tastatur 1** **OK**
- ▶ Bei "Definition" **Volumen=x*0,5-0,5** **Annehmen**
- ▶ Fenster "Rechner" **✖**
- ▶ Unter dem Koordinatensystem auf die Achsenbeschriftung **Zeit** und **Volumen**
- ▶ In den neu erschienenen Graphen ebenfalls auf die Achsenbeschriftung **Zeit** und **Volumen**
- ▶ In den Graphen mit **rechts** und **Einstellungen** ☐ **auf Alle anwenden** und Reiter **AchsenEinstellung** wählen.
- ▶ Auswahlkästchen im Fenster ganz oben links **pH-Wert vs Volumen** **▼** (evtl. auswählen).
- ▶ ☐ **Achsen an Daten anpassen**
- ▶ Y-Achse: **Minimum:** **0**, **Maximum:** **14** **pH** X-Achse: **Minimum:** **0**, **Maximum:** **20**
- ▶ Auswahlkästchen im selben Fenster ganz oben links **Leitfähigkeit (10x) $\mu\text{S}/\text{cm}$ vs Volumen** **▼** (evtl. wählen).
- ▶ ☐ **Achsen an Daten anpassen**
- ▶ Y-Achse: **Minimum:** **0**, **Maximum:** **10.000** **$\mu\text{S}/\text{cm}$** X-Achse: **Minimum:** **0**, **Maximum:** **20**
- ▶ **OK**.
- ▶ **pH-Kalibrieren**
- ▶ In 2. Menüleiste **Einstellungen** und **Sensor kalibrieren** ganz oben links **pH** wählen
- ▶ **Kalibrierungspunkt 1**
- ▶ pH- Sensor spülen und in Pufferlösung z.B. 4 pH= 4,000 stellen (Standardwert - sonst ändern) und oben mit **Sensor auslesen** testen, ob die Spannung links daneben in etwa stabil ist.
- ▶ Bei **Kalibrierungspunkt 2**
- ▶ pH- Sensor spülen und in Pufferlösung z.B. 7 pH= 7,000 stellen (Standardwert - sonst ändern) und unten mit **Sensor auslesen** testen, ob die Spannung links daneben in etwa stabil ist.
- ▶ Bestätigen mit **OK**
- ▶ Fenster Experimentiereinrichtung **Schließen**.
- ▶ 2. Menüleiste **Übersicht** schließen.
- ▶ Die Digitalanzeige nach links arrangieren und den Graph auf dem Rest des Bildschirms großziehen

Vorbereitung
Forts.

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** **Start** und mit **Behalten** s speichern.
- ▶ Die Titratordflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** einen **Messwert** **Behalten** jeweils speichern.

- ▶ Mit Klick auf **Quadratischem roten Knopf** beenden.



Speichern

- ▶ . Zum Speichern **Datei** dann **Aktivität speichern unter**
- ▶ Ordner **DataStudio PASCO** auswählen.
- ▶ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **N02a-3-1-user** und **Speichern**

Excel-Export

- ▶ **Datei**, **Exportieren** Gewünschte Messreihe wählen **OK**
- ▶ (hier: Beispiel) **N02a-3-1-user.txt** und **Speichern**
- ▶ **Öffnen In Excel:**
- ▶ Vom Desktop **Excel** aufrufen. **Ganz oben ganz links Office-Knopf** **Öffnen**
- ▶ In Fenster "Öffnen" Suchen in "DataStudio PASCO". Unten in der Mitte: Dateityp: **Textdateien (*.txt)**
- ▶ **N05-3-1-user.txt** **Weiter** **Weiter** **Fertig stellen**

Öffnen bei Bedarf

- ▶ **DataStudio** neu starten; Hauptmenü **Datei** dann **Aktivität öffnen**
- ▶ im Fenster "DataStudio PASCO" die gewünschte Datei mit **Öffnen**

Neutralisationstiteration - Theorie

Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



Salzsäure

Natronlauge

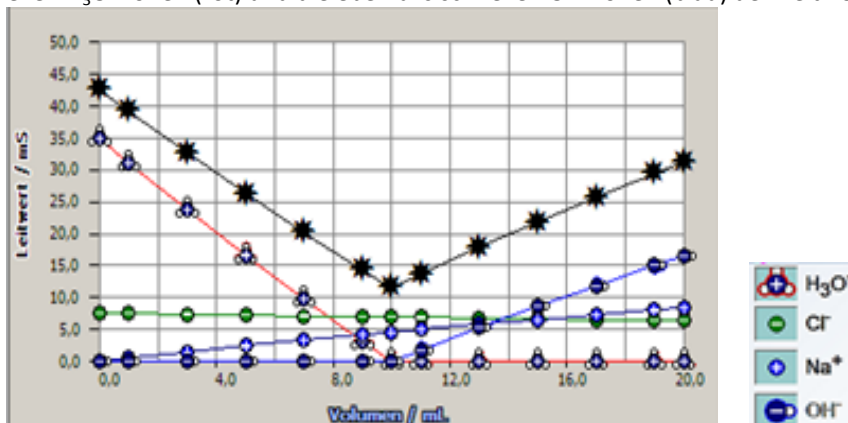
Wasser

Salz

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.

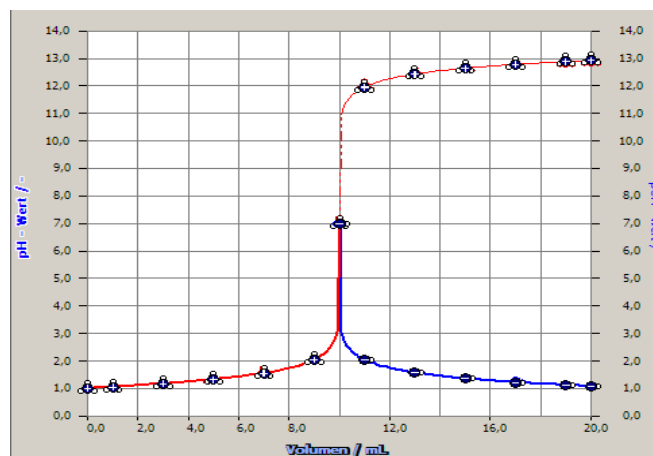


Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen H_3O^+ -Ionen durch langsamere Na^+ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen OH^- -Ionen wieder an. Der Äquivalenzpunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt der beiden Regressionsgeraden 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-/Hydoxid-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: $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$.



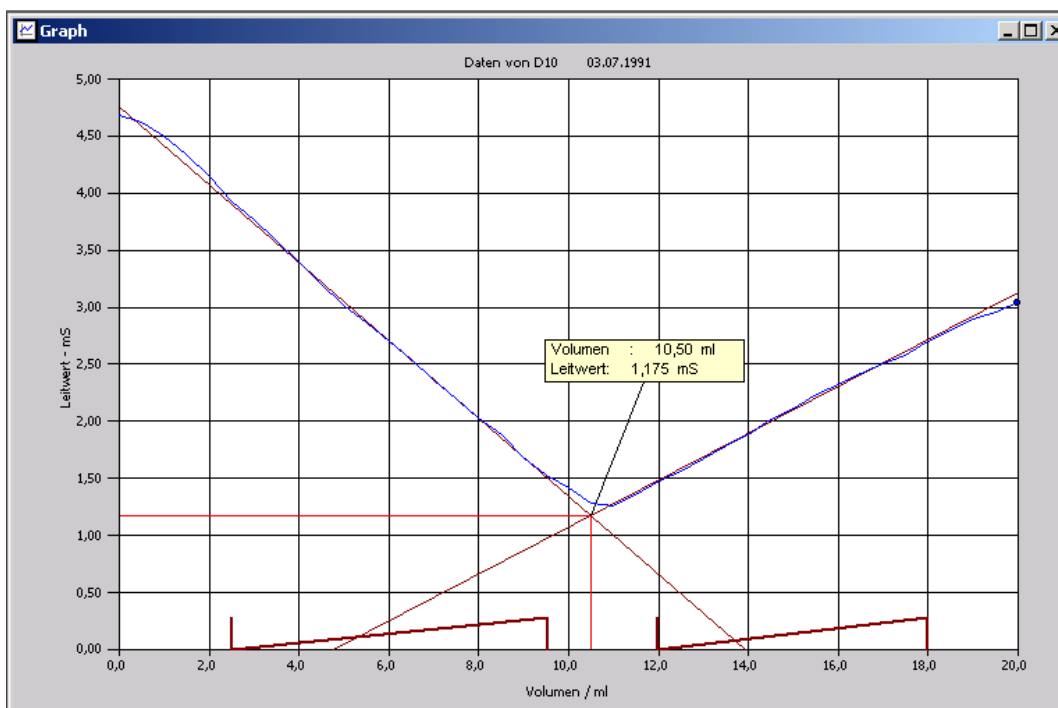
Zu Beginn ist der **pH-Wert** sehr niedrig, da die Chlorwasserstoffsäure vollständig dissoziiert ist. Im Laufe der Titration werden die Oxoniumionen durch die Hydroxidionen neutralisiert. In der Nähe des Äquivalenzpunktes aber steigt der pH-Wert bei weiterer Zugabe der Hydroxidionen sprunghaft an. Am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

2. Auswertung des Graphen für die elektrische Leitfähigkeit

- ▶ In den Graphen links gedrückt den absteigenden Bereich markieren.
- ▶ Kurvenanpassung $mx + b$ auswählen. Die Gleichung wird angegeben.
- ▶ Zu Fuß die Werte m und b als m1 und b1 notieren.
- ▶ In den Graphen links gedrückt den aufsteigenden Bereich markieren.
- ▶ Kurvenanpassung $mx + b$ auswählen. Die Gleichung wird angegeben.
- ▶ Zu Fuß die Werte m und b als m2 und b2 notieren
- ▶ Zu Fuß den Schnittpunkt berechnen: $EZ = (b1 - b2) / (m2 - m1)$

Berechnung des Gehaltes:: Bei Äquivalenz gilt: $n(HCl) = n(NaOH)$ also $c(HCl) = \frac{c(NaOH) \cdot V(NaOH)}{V(HCl)}$

Auswertung
Teil 2



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

Quick-

Start

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

- ▶ DataStudio neu starten; Datei dann Aktivität öffnen .
- ▶ und dann im Fenster "DataStudio PASCO" die gewünschte Datei N02a-3-1-QS öffnen.
- ▶ Bei Hauptmenüpunkt Messung , bei "Einstellungen" Weiter Alte Ergebnisse verwerfen .
- ▶ Weiter, wie bei Durchführung beschrieben.

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