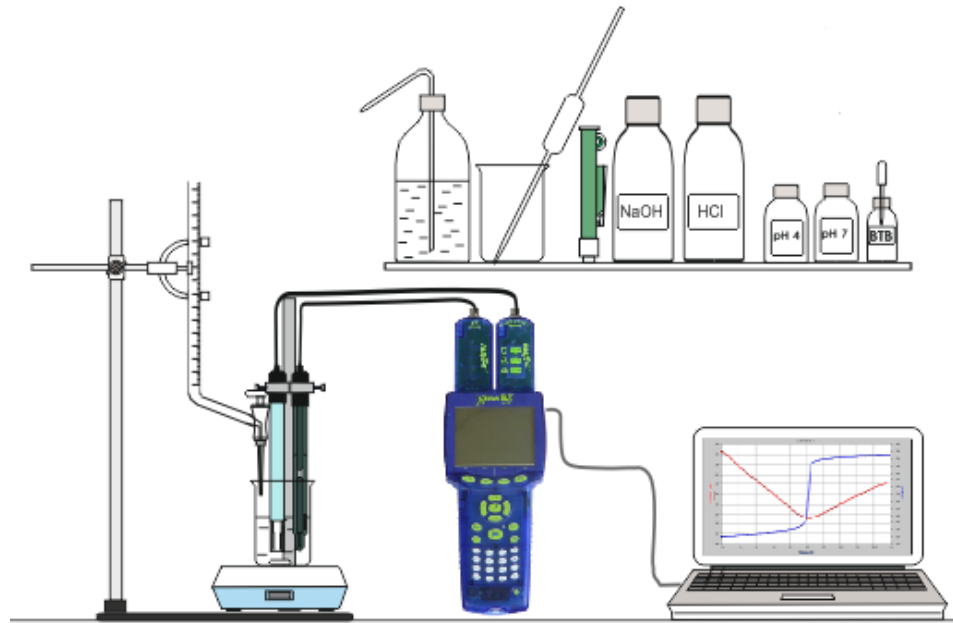


Prinzip

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 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 $\kappa(\text{LF})$ -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

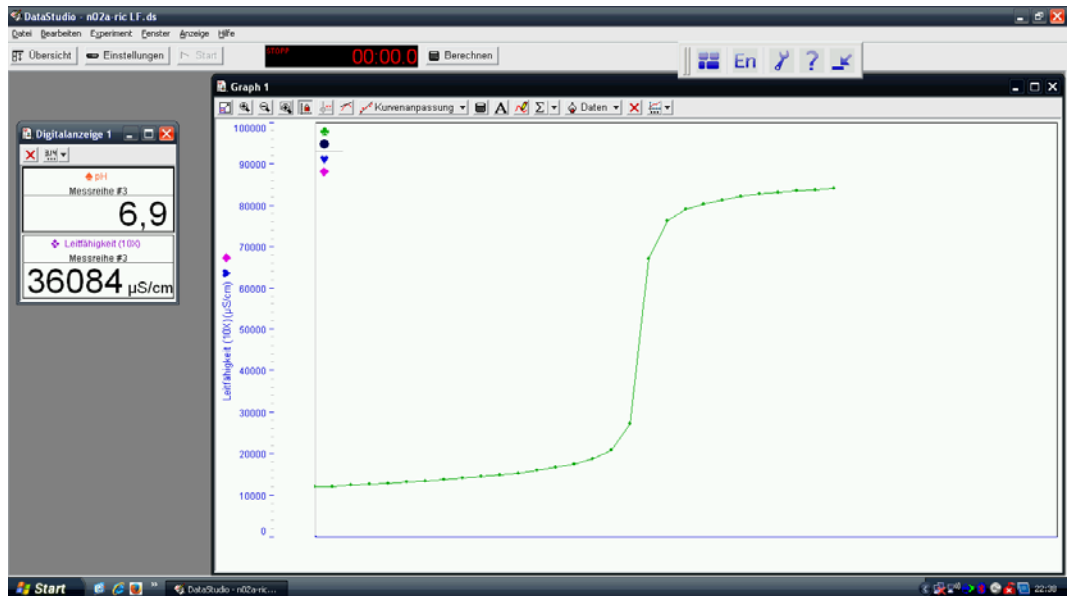
- ▶ **DataStudio starten** (evtl. Xplorer GLX Datei-Manager-Fenster schließen) - die beiden Sensoren werden erkannt und im Fenster „Daten“ dargestellt.
- ▶ mit **links gedrückt** das Symbol **Graph** (links unten unter "Anzeigen") hoch unter "Daten" auf **pH** ziehen. Es erscheint ein Graph.
- ▶ In den erschienenen Graphen mit **rechts** und **Einstellungen**,
- ▶ dann **Layout** **Ein Graph - mehrere y-Skalen** und **OK**
- ▶ mit **links gedrückt** das Symbol **Leitfähigkeit (10x) µS/cm** unter "Daten" nach links in den Bereich zwischen Rand und Y-Skalenbeschriftung ziehen. Es erscheint eine zweite Skala.
- ▶ In **2. Menüzeile** **Einstellungen** Reiter **Messparameter**
- ▶ Achse **Datenwerte nur auf Befehl behalten** auswählen - Häkchen entfernen bei **Wert anfordern**
- ▶ Mit **OK** bestätigen und Fenster "Einstellungen" **✖**.
- ▶ 2. Menüzeile **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) µS/cm vs Volumen** **▼** (evtl. wählen).
- ▶ **Achsen an Daten anpassen**
- ▶ Y-Achse: **Minimum:** **0**, **Maximum:** **10.000** **µS/cm** X-Achse: **Minimum:** **0**, **Maximum:** **20**
- ▶ **OK**.
- ▶ **pH-Kalibrieren**
- ▶ In **2. Menüzeile** **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. Menüzeile **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** speichern.
- ▶ Die Titratorflüssigkeit 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

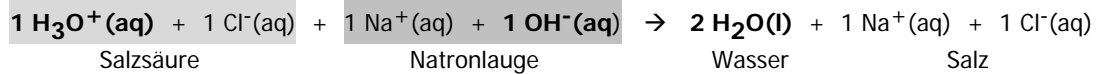
- ▶ **Datei**, **Exportieren** Gewünschte Messreihe wählen **OK**
- ▶ (hier: Beispiel) **N02a-3-1-user.txt** und **Speichern**
- ▶ **Öffnen In Excel:**
- ▶ Vom Desktop **Excel** aufrufen. **Ganz oben ganz links Office-Knopf** **Öffnen**
- ▶ In Fenster "**Öffnen**" **Suchen in "DataStudio PASCO"**. Unten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

Neutralisationstiteration - Theorie

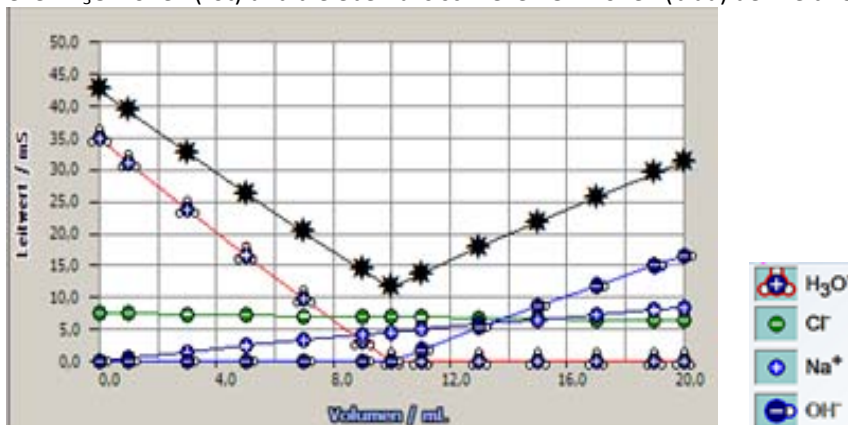
Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



Es reagieren eigentlich nur die schon vorliegenden Oxoniumionen mit den zutropften 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.

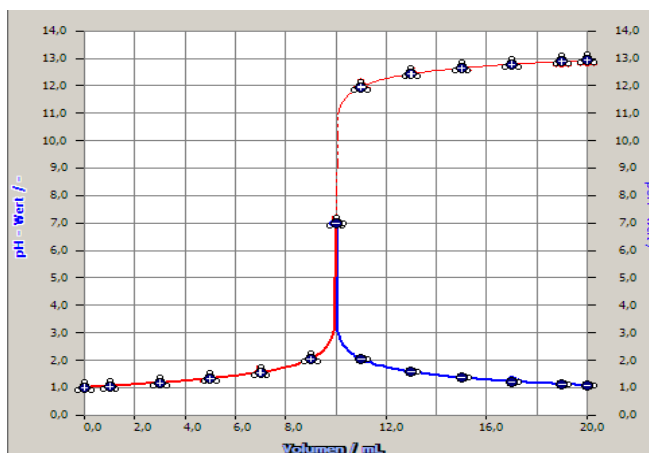


Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen H_3O^+ -Ionen durch langsamere Na^+ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen OH^- -Ionen wieder an. Der Äquivalenzpunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt der beiden Regressionsgeraden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

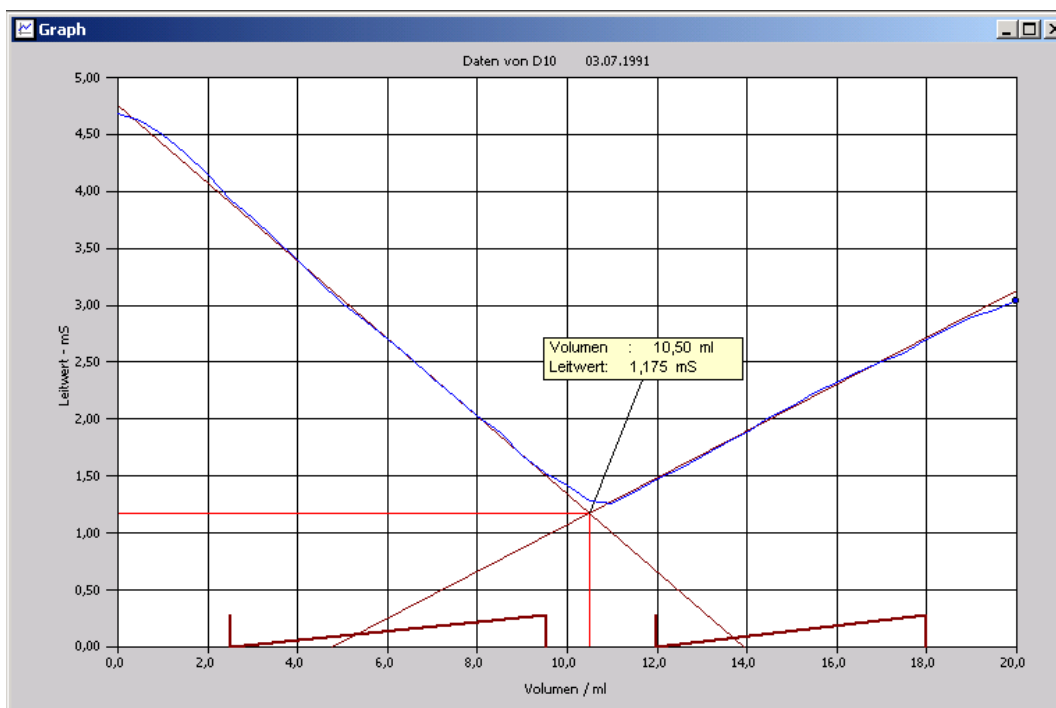
Prinzip:

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: $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$ also $c(\text{HCl}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})}$

Auswertung
Teil 2



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

Quick-

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

Start

- ▶ 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
-----------	---