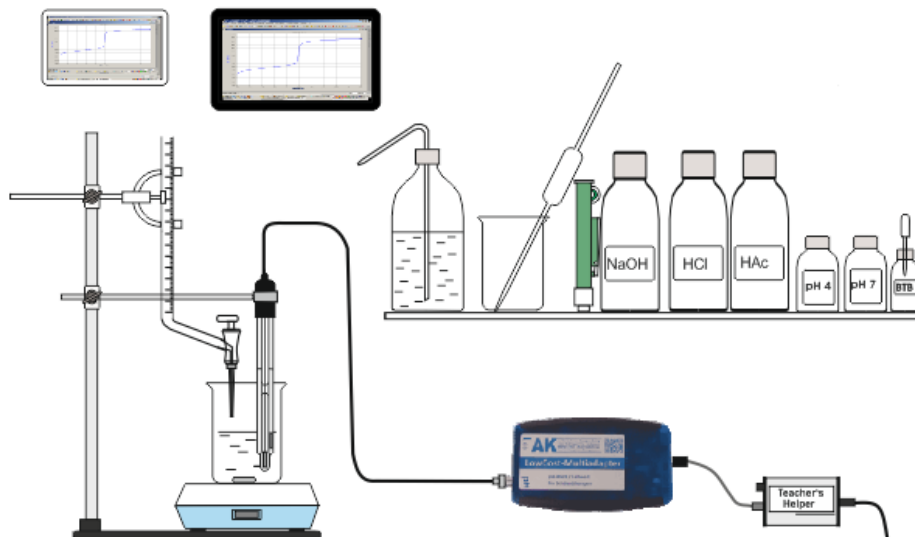




Prinzip

Das Gemisch aus Salz- und Essigsäure wird mit Natronlauge titriert. Durch Ermittlung der Äquivalenzpunkte lässt sich der Gehalt der beiden Säuren berechnen.

Aufbau  
und  
Vorbereitung



Benötigte Geräte

- AK Low Cost MultiAdapter pH/L,
- Teacher's Helper / Netzteil/ USB Kabel
- Tablet, Laptop oder Smartphone
- pH-Elektrode
- „Spülbecherglas“, 250 mL
- Pipette, 10 mL
- Pipettierhilfe
- Bürette, 25 mL

Verwendete Chemikalien

- Natronlauge ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ )
- Säuregemisch ( $c \approx 0,1 \text{ mol/L}$ )
- destilliertes Wasser
- evtl. Pufferlösung,  $\text{pH} = 2$
- evtl. Pufferlösung,  $\text{pH} = 7$

Vorbereitung des Versuchs

- ▶ Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen und aufbauen.
- ▶ 10 mL Säuregemisch (bzw. Analysenlösung) mit der Pipette in das Becherglas geben.
- ▶ Rührfisch dazugeben und Becherglas auf den Magnetrührer stellen.
- ▶ Die Bürette mit der Natronlauge spülen und füllen. Auf die Nullmarkierung einstellen.
- ▶ pH-Elektrode in das halb mit Leitungswasser gefüllte „Spülbecherglas“ stellen.
- ▶ Den Teacher's Helper über das Netzteil mit dem „AK Low Cost MultiAdapter“ verbinden.
- ▶ pH-Elektrode in die entsprechende pH-Buchse stecken

Vorbereitung an den Tablets / Laptops (Clients)

- ▶ Am Tablet / Laptop / Smartphone Einstellungen oder mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben. - Es erscheinen 4 Bildschirme ....
- ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im erscheinenden Bild können die Menüicons neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) untereinander angeordnet sein.
- ▶ Icon 'Messen' (2. Von links) und **Mit Messgerät verbinden** auswählen
- ▶ **Messgrößen-Auswahl:**  **pH-Wert (pH)**
- ▶ **Konfiguration-Methode** y-Achse **pH Min** **0,0** pH und **Max** **14,0** pH  
Nachkomma **1** und Linie  **ja**
- ▶  **x-Achse: Volumen (auf Tastendruck)**  
x-Achse Vol. Intervall **0,5** mL und Vol. Max **20,0** mL  
Nachkomma **1**



- ▶ **pH-Kalibrieren** antippen und bei 2-Punkt-Kalibrierung **Kalibrieren**
  - ▶ Oben rechts steht der aktuelle pH- Wert. Man soll zwei unterschiedliche Pufferlösungen bereithalten.
  - ▶ Elektrode spülen, -> in **Puffer 1**, pH-Wert z.B. **4** eingeben, nach Messwertberuhigung **Übernehmen**
  - ▶ Elektrode spülen, -> in **Puffer 2**, pH-Wert, z.B. **7** eingeben, nach Messwertberuhigung **Übernehmen**
  - ▶ Umrechnung starten mit **Kalibrieren** und Erfolg bestätigen mit **OK**
- Mit **OK** wird der Messbildschirm aufgebaut und Werte werden angezeigt.

Durchführung

- ▶ pH-Elektrode am Stativ befestigen. Der Rührfisch darf beim Drehen die Elektrode nicht berühren.
- ▶ Zur **Messwertaufnahme** bei **0,0 mL** **Messwert Aufzeichnen** drücken.
- ▶ Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** einen **Messwert** mit **Messwert Aufzeichnen** **speichern**.
- ▶ Zum Beenden **Messung beenden**

Speichern

- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen
  - ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **F05 User** und **OK**

Excel-Export

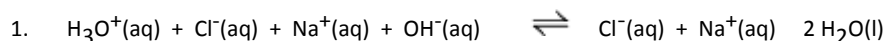
- ▶ Icon oben links und **Datenreihen exportieren** wählen
- ▶ Unter ‚Datenreihen Speichern‘ Projekt  **F05 User** auswählen und **Speichern**
- ▶ Je nach Gerät mit ‚Speichern unter‘ noch Pfad aussuchen und bestätigen

Öffnen bei Bedarf (zu Hause)

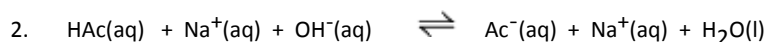
- ▶ Ist der Teacher's Helper nicht mehr zu erreichen: Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben. -
- ▶ Evtl. Minianalytik wählen. Besteht keine Verbindung zum Teacher's Helper, geschieht dies automatisch.
- ▶ Icon oben links und **Laden** "Projekt Laden" **F05 User** direkt auswählen und →anklicken

Auswertung

Die Reaktion **verläuft** nach folgenden Gleichungen:



Der pH-Wert ist zu Beginn sehr niedrig, da die Salzsäure vollständig dissoziiert ist. Im Laufe der Titration werden die  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen durch die Hydroxidionen neutralisiert. Es kommt also während der Titration zu einem pH-Sprung (1.Äquivalenzpunkt).



Wenn die Salzsäure nahezu vollständig neutralisiert ist, beginnt die Reaktion der Essigsäure mit der Natronlauge. Essigsäure ist zunächst kaum dissoziiert, so dass nicht sehr viele Oxoniumionen in der Lösung vorhanden sind.

Prinzip

Im Laufe der Titration muss die Essigsäure dissoziieren, da die  $\text{H}_3\text{O}^+$ - Ionen durch die Hydroxidionen neutralisiert werden. Dabei steigt der pH-Wert nur geringfügig, besonders in der Nähe des Halbäquivalenzpunktes. Beim Erreichen des 2. Äquivalenzpunktes steigt der pH-Wert durch die Zugabe der Hydroxidionen wiederum sprunghaft an.

Die Bestimmung der Äquivalenzpunkte erfolgt nach der Drei-Geraden-Methode (Tangentenmethode) oder mit Hilfe der im Programm vorgesehenen automatischen Wendepunktbestimmung.

**1.Äquivalenzpunkt (Konzentration der Salzsäure)**

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) **Drei-Geraden-Methode**
- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (Legen Sie die Bereiche der drei Ausgleichgeraden von links nach rechts durch Tippen, **gedrückt halten**, ziehen und loslassen fest) **1.** für die **Vorperiode** **2.** für die **Hauptperiode** und **3.** für die **Nachperiode**



### Berechnung des Gehaltes

(Bedeutung der Indizes: v = vorgelegt – z = zugegeben bis zum Äquivalenzpunkt)

Bei Äquivalenz gilt:  $n_v(\text{HAc}) = n_z(\text{NaOH}) \rightarrow c_v(\text{HAc}) \cdot V_v(\text{HAc}) = c_z(\text{NaOH}) \cdot V_z(\text{NaOH})$

$$\rightarrow c_v(\text{HAc}) = \frac{c_z(\text{NaOH}) \cdot V_z(\text{NaOH})}{V_v(\text{HAc})}$$

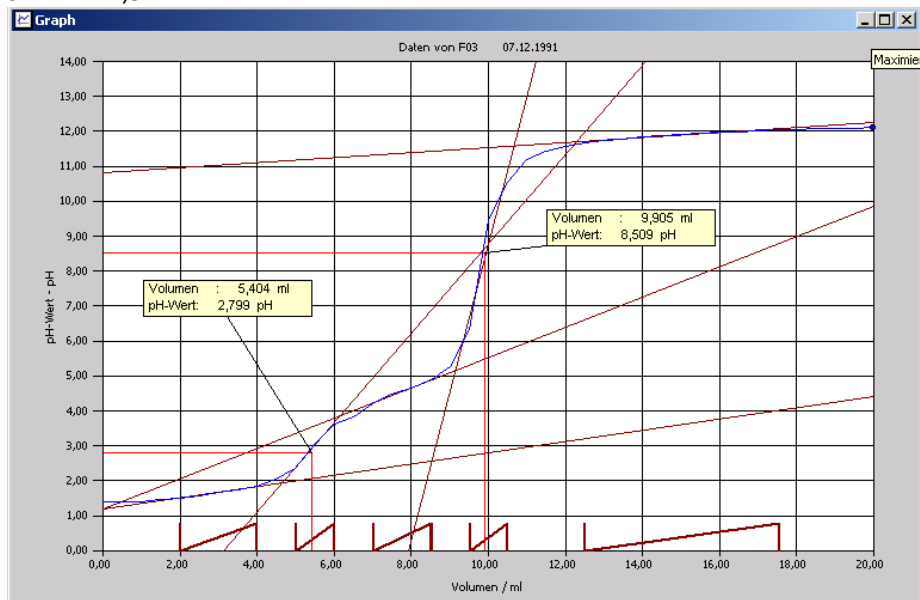
### 2. Äquivalenzpunkt (Konzentration der Essigsäure)

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) **Drei-Geraden-Methode**
- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (Legen Sie die Bereiche der drei Ausgleichgeraden von links nach rechts durch Tippen, **gedrückt halten**, ziehen und loslassen fest) **1.** für die **Vorperiode** **2.** für die **Hauptperiode** und **3.** für die **Nachperiode**

### Berechnung des Gehaltes

Die Berechnung erfolgt entsprechend wie bei der Salzsäure. Hier darf natürlich nur das Volumen, das für die Essigsäure verbraucht wurde, eingesetzt werden also:

$$9,905 \text{ mL} - 5,404 \text{ mL} = 4,5 \text{ mL}$$



Beachten:



Entsorgung

Ausguss / evtl. nach Neutralisation

Literatur

F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988, S. 83, Verlag Dr. Flad, Stuttgart