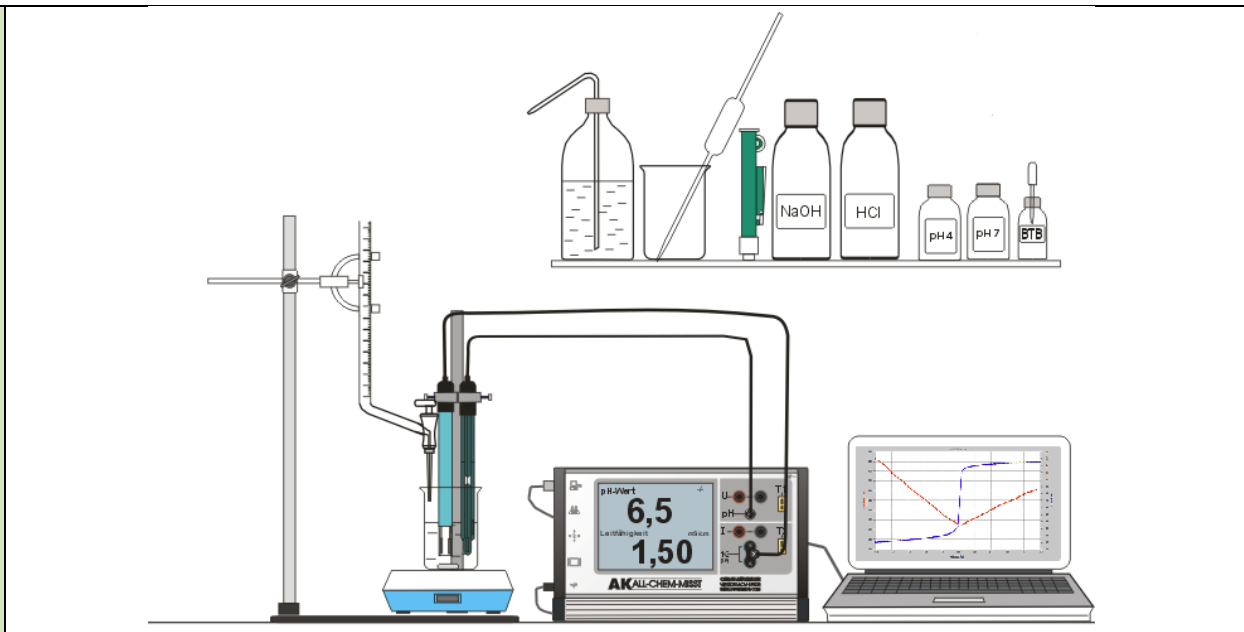




**Prinzip**

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

**Aufbau und Vorbereitung**



**Benötigte Geräte**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> ALL-CHEM-MISST II/Netzteil | <input type="checkbox"/> "Spülbecherglas", 250 mL |
| <input type="checkbox"/> Computer                   | <input type="checkbox"/> Pipette, 10 mL           |
| <input type="checkbox"/> USB- bzw. serielles Kabel  | <input type="checkbox"/> Magnetrührer             |
| <input type="checkbox"/> Leitfähigkeitsselektrode   | <input type="checkbox"/> Rührfisch                |
| <input type="checkbox"/> pH-Elektrode               | <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.
- ▶ Leitfähigkeitsselektrode in die entsprechende κ(LF)-Buchse stecken und am Elektrodenhalter befestigen.
- ▶ Die Bürette mit Natronlauge füllen und auf die Nullmarkierung einstellen.

**Vorbereitung am Computer**

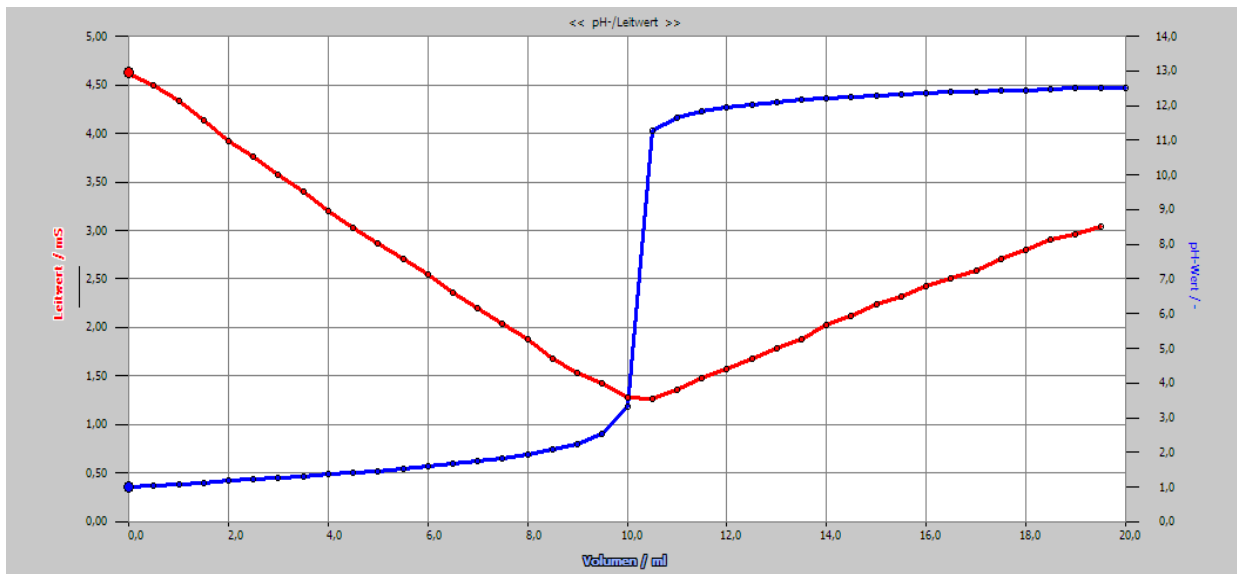
- ▶ **AK Analytik 11** starten; **Messen** mit **Geräte-Schnellstarter App** **ALL-CHEM-MISST II**
- ▶ Anweisungen befolgen und 'abhaken' **Weiter**
- ▶ **Auswahl des Messkanals: (Buchse im Bild oben) pH** (Bild unten) **LF / K** **Weiter**
- ▶ **Abfrage: „pH Wert kalibrieren“** **Ja** (bei „nein“ grünen Kästen' überspringen!)
- ▶ Zwei unterschiedliche Pufferlösungen bereithalten!
- ▶ Anleitung gelesen, jetzt beginnen und abhaken
- ▶ Elektrode gespült und in Pufferlösung z.B. pH=7 getaucht
- ▶ pH-Wert 1 (Etikett) (bestätigen oder ändern) **z.B. 7**
- ▶ Warten bis Driftanzeige „stabil“, dann Puffer bestätigen
- ▶ Elektrode gespült und in 2. Pufferlösung z.B. pH=2 getaucht
- ▶ 2. pH-Wert (Etikett) (bestätigen oder ändern) **z.B. 2**



- Warten bis Driftanzeige „stabil“, dann Puffer bestätigen
- Abschließen der Kalibrierung mit **Akzeptieren**
- Auf welche Weise möchten Sie messen:** **Volumenr**, dann **Tastatur**
- Volumenintervall:** **0,5** mL, **Gesamtvolumen:** **20,0** mL, x-Komma **1**
- Mehrkanalmessung:** **Parallel** - Darstellung der Kanäle im Graphen:
  - pH-Wert** y-Untergrenze **0** y-Obergrenze **14** y-Nachkomma **1** **Akzeptieren**
  - Leitfähigkeit** y-Unt.. **0,00** mS/cm, y-Ob.. **5,00** mS/cm, y-Nachk. **2** **Akzeptieren**
- dann **Weiter**

- 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** **Einzelwert** oder besser die **'Leertaste'** drücken.
- Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** einen **Messwert** mit **'Leertaste'** oder **Einzelwert** speichern.
- Zum Beenden **Messung beenden** drücken.
- Speichern** Projektname eingeben (hier: Beispiel) **Mein erstes Projekt** und **Akzeptieren**

Durchführung



Auswertung des Versuches pH-Wert 1. Gehaltsbestimmung

Auswertung

**Prinzip:** Die Reaktion verläuft nach folgender Gleichung:

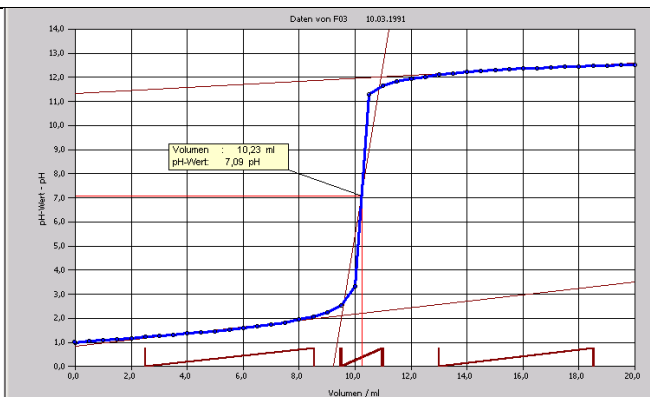


Der pH- Wert ist zu Beginn sehr niedrig, da die Chlorwasserstoffsäure vollständig dissoziiert ist. Im Laufe der Titration werden die  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen durch die Hydroxidionen neutralisiert. Wegen der logarithmischen Messweise steigt der pH- Wert nur geringfügig. In der Nähe des Äquivalenzpunktes steigt der pH- Wert bei weiterer Zugabe der Hydroxidionen sprunghaft an. Am Ende der Titration ist die Steigung wieder gering.

Theorie

**Bestimmung des Volumens im Äquivalenzpunkt**

Die Ermittlung erfolgt nach der sogenannten „Drei-Geraden-Methode“: Die Messwerte in und um den Äquivalenzpunkt werden in 3 „Zonen“ eingeteilt. 1. „Vorperiode“ (dunkelrot), 2. „Hauptperiode“ (grün) und 3. „Nachperiode“ (blau). In diesen Bereichen kann annähernd ein linearer Verlauf angenommen werden. Durch die Messpunkte werden vom Computer nacheinander einzelne Ausgleichsgeraden gelegt. (Die Schüler können die Ausgleichsgeraden mit dem Geo-Dreieck einzeichnen). Der Mittelwert der x-Werte der beiden Schnittpunkte der drei Geraden (hellgrüne Kästchen) ist das Volumen im Äquivalenzpunkt (dunkelgrünes Kästchen).



**Berechnung des Gehaltes** (Bedeutung der Indizes: v = vorgelegt – z = zugegeben bis zum Äquivalenzpunkt)

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

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

**Bestimmung am Computer**

- ▶ Hauptmenü: **AK Analytik 11** Start Messung Favoriten **Auswerten** Hinzufügen **Drei-Geraden-Methode**
- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (mit 'Abhaken') **1.** für die **Vorperiode**, **2. Hauptperiode** und **3. Nachperiode**
- ▶ Zur Prüfung des Ergebnisses **Koordinaten Zeichnen** dann **Konzentration berechnen**
- ▶ **Akzeptieren** und **Beschriften** (evtl. Position ändern) und **Fertig**

**Auswertung: Leitfähigkeitskurve**

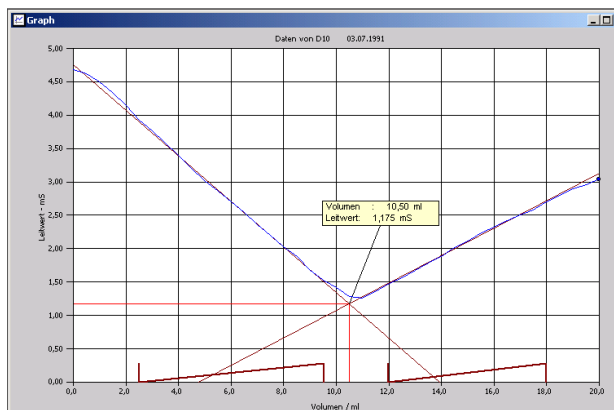
**Prinzip:**

Im Wesentlichen fällt die Leitfähigkeit zunächst, weil schnelle  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen durch langsamere  $\text{Na}^+$ -Ionen ersetzt werden. Aber auch die Konzentrationen der Ionen (Verdünnung) spielt eine Rolle. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die weniger beweglichen  $\text{OH}^-$ -Ionen nur mäßig an. Zur Auswertung bietet sich die "Zweigeradenmethode" an.

**Berechnung des Gehaltes:** wie bei pH

Hauptmenü: **AK Analytik 11** Start Messung Favoriten **Auswerten** Hinzufügen **Zwei-Geraden-Methode**

- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (mit 'Abhaken') **1.** für die **Vorperiode** und **2.** für die **Hauptperiode**
- ▶ Zur Prüfung des Ergebnisses **Koordinaten Zeichnen** dann **Konzentration berechnen**
- ▶ **Akzeptieren** und **Beschriften** (evtl. Position ändern) und **Fertig**



Auswertung

Beachten:



Entsorgung

Ausguss evtl. nach Neutralisation

Literatur

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