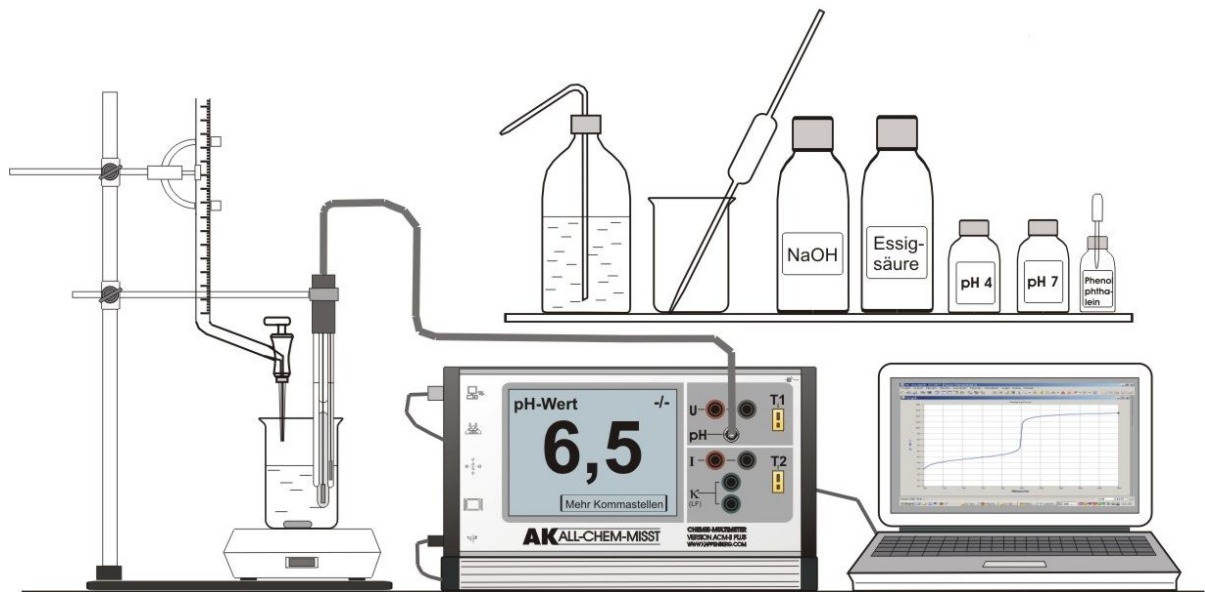


Prinzip: Essigsäure wird mit Natronlauge titriert. Durch Ermittlung des Äquivalenzpunktes lässt sich der Gehalt der Säure berechnen; durch Ermittlung des Halbäquivalenzpunktes der entsprechende pKs-Wert.

Versuchsaufbau:



Materialliste:

Geräte:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| 1 Wandler z. B. ALL-CHEM-MISST II | 1 Bürette, 25 mL |
| 1 Computer mit Kabel | 1 Stativ |
| 1 serielles oder USB- Kabel | 1 Muffe |
| 1 pH- Elektrode mit BNC | 1 Bürettenklemme |
| 1 Becherglas, 100 mL | 1 Elektrodenklemme |
| 1 „Spülbecherglas“, 250 mL | 1 Magnetrührer |
| 1 Pipette, 10 mL | 1 Rührfisch |

Chemikalien:

- Natronlauge, c= 0.1 mol/L
- Essigsäure, c=0.1 mol/L
- dest. Wasser
- evtl. Pufferlösung pH=7
- evtl. Pufferlösung pH=4
- evtl. Phenolphthalein-Lösung

Vorbereitung des Versuches:

- Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen und aufbauen.
- 10 mL Essigsäure (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 Computer über das serielle oder USB- Kabel mit dem "ALL-CHEM-MISST II" verbinden.
- pH- Elektrode in die entsprechende pH - Buchse stecken.

Computerprogramm AK Analytik 32.NET (→ Schnellstarter → ALL-CHEM-MISST_II 1-Kanal)

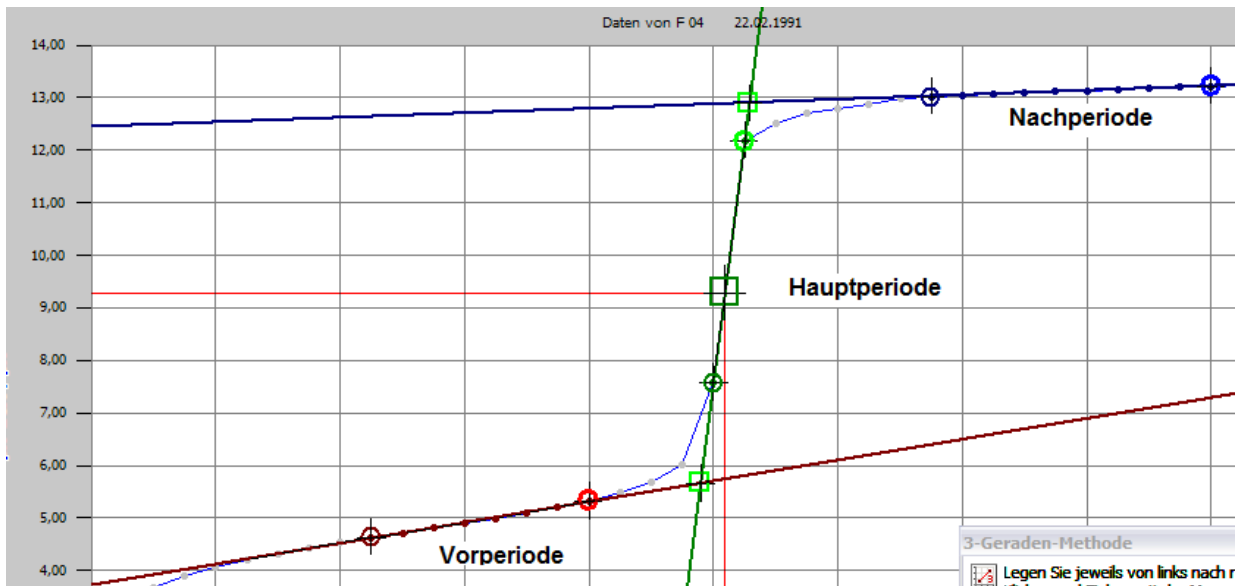
Messgröße:	pH-Wert		
pH Kalibrieren	Ja	Anweisungen befolgen und entsprechende Werte eingeben.	
Für Grafik	0 - 14 pH	Bei Volumenintervall: 0,5 mL	Gesamtvol.: (für Grafik) 20 mL
Titration über Volumen auf Tastendruck		Direkt zur Messung	

Durchführung des Versuches:


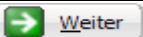
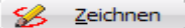
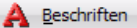
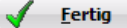
- pH-Elektrode am Stativ befestigen. Der Rührfisch darf beim Drehen die Elektrode nicht berühren.
- Zur Messwertaufnahme bei 0,0 mL mit der Maus auf den Button klicken oder besser auf die drücken.
- Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach jeweils 0,5 mL einen Messwert mit Leertaste oder Maus speichern.
- Beenden mit Klick auf oder mit der Taste **Esc**.

Auswertung des Versuches:**1. Gehaltsbestimmung****a) 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 der drei Perioden werden vom Computer jeweils einzelne Ausgleichsgeraden gelegt. (Zuhause können die Schüler die drei Ausgleichsgeraden mit Hilfe eines Geo-Dreiecks einzeichnen). Der Mittelwert der x-Werte der beiden Schnittpunkte der drei Geraden (rechteckige hellgrüne Kästchen) ist das Volumen im Äquivalenzpunkt (dunkelgrünes Kästchen).



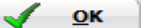
Den zugehörigen y-Wert (pH-Wert) ermittelt der Rechner mit Hilfe einer Näherungsfunktion.

Auswerten aufrufen mit:  oder im Hauptmenü: ⇒ Auswerten ⇒ „Drei-Geraden-Methode“	
Folgen Sie den Anweisungen für die 1. Vorperiode , 2. Hauptperiode und 3. Nachperiode ; dann: 	
Ergebnis des Rechners: Volumen im Äquivalenzpunkt: 10,14 mL / zugehöriger pH- Wert: 9,41	
Einzeichnen des Äquivalenzpunktes 	Eintragen der Werte:  Ende: 

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

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

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

Auswerten aufrufen im Hauptmenü: ⇒ Extras ⇒ „Konzentrationsberechnung“	
Alle wichtigen Daten (z.B.: Volumen: 10,14 mL) sind schon eingetragen. Ergebnis: 0,1014 mol/L 	

2: pK_s-Wert- Bestimmung (pH-Wert im Halbäquivalenzpunkt)

Die Puffergleichung für die schwache Säure HAc lautet: $\text{pH} = \text{pK}_s - \log \frac{c(\text{HAc})}{c(\text{Ac}^-)}$

Bei der Titration wird die schwache Säure HAc durch die starke Base OH⁻ in die schwache Base Ac⁻ überführt. In einem bestimmten Punkt sind die Konzentrationen von HAc bzw. Ac⁻ gleich und die Gleichung vereinfacht sich (log(1)=0) zu.

$$\text{pH} = \text{pK}_s$$

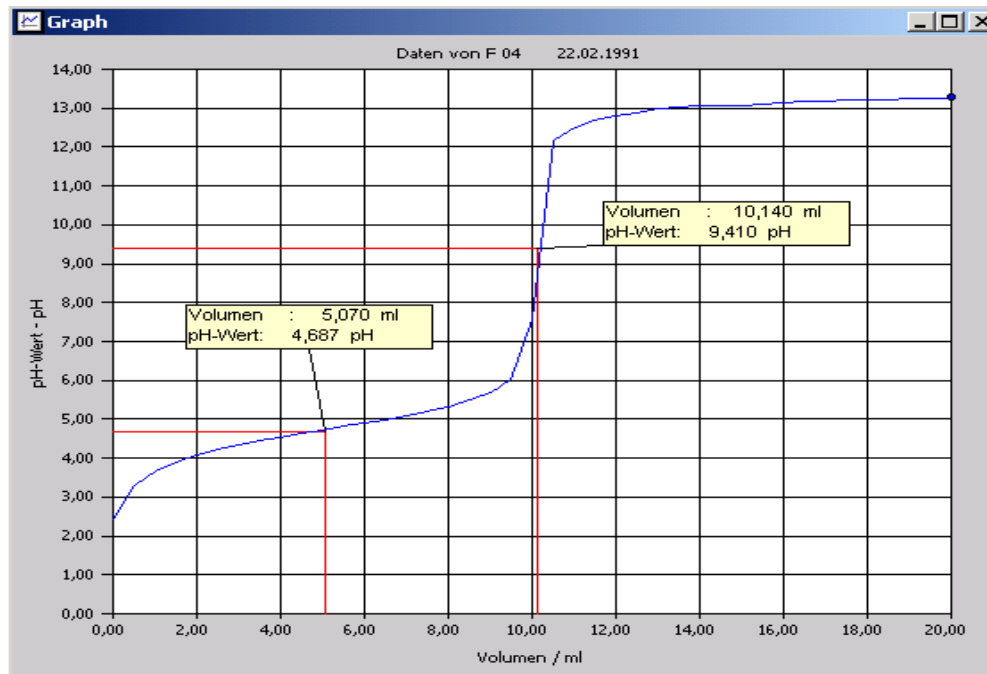
Dies ist dann der Fall, wenn genau die Hälfte der vorgelegten Säure umgesetzt ist (Halbäquivalenz). Das zugetropfte Volumen im HÄP ist genau halb so groß wie das im Äquivalenzpunkt.

Auswerten aufrufen mit: oder im Hauptmenü: ⇒Auswerten ⇒ „Halbäquivalenzpunkt“

Eingabe: Linker x-Wert: 0 mL Rechter x-Wert: 10.14 mL Anzahl der Stützstellen: 20

Ergebnis des Rechners: pH- Wert im Halbäquivalenzpunkt. Aus Beispiel: 4.687 Literaturwert: (pKs- Wert = 4.76).

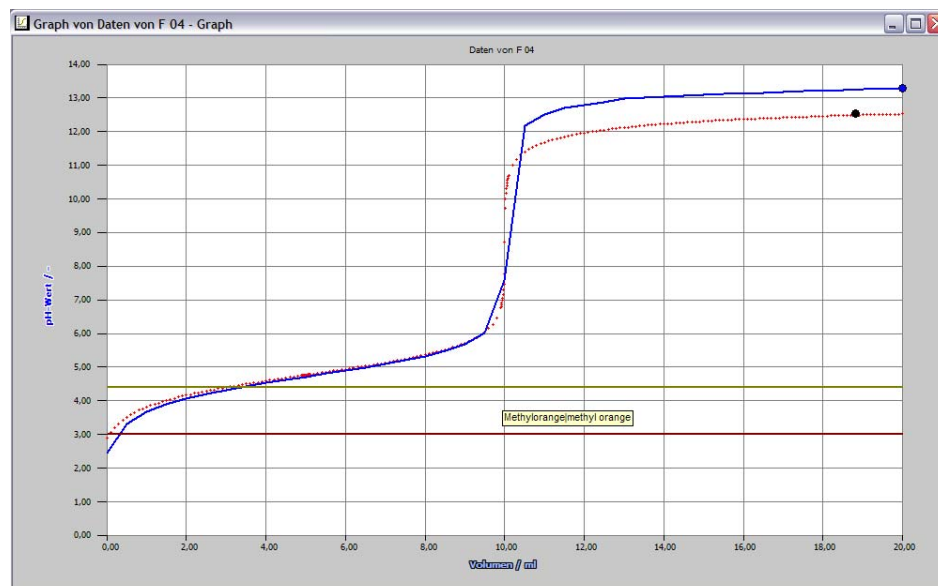
Einzeichnen des Halbäquivalenzpunktes: Zeichnen | Eintragen der Werte: Beschriften | Ende: Fertig



Indikatoren einblenden - Vergleich der gemessenen mit einer theoretisch ermittelten Kurve

Unterschiedliche Indikatoren einblenden - Hauptmenü: ⇒Extras ⇒ „pH-Indikatoren“

Wählen Sie z.B. Methylorange aus, um zu zeigen, dass dieser Indikator für diese Titration ungeeignet ist.



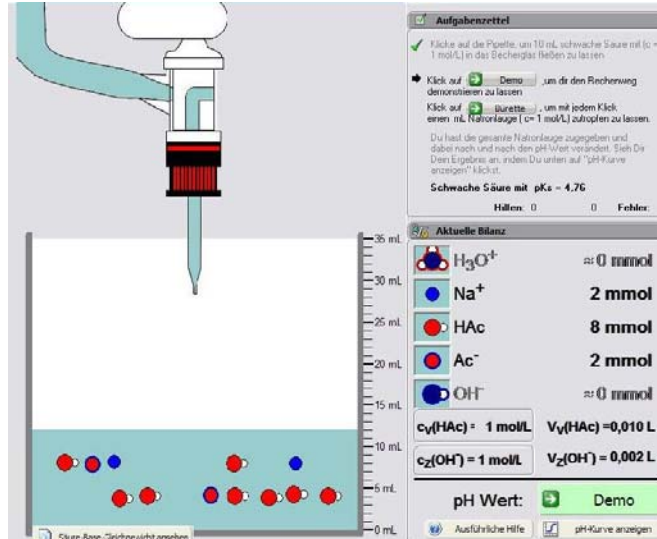
Theoretische Titrationskurve berechnen - Hauptmenü: ⇒Simulieren ⇒ „pH-Kurve“

Vorlage: Essigsäure | Konzentration: 0,1 mol/L | Volumen: 10 ml | Titrator: Natriumhydroxid: | Konzentration: 0,1 mol/L

Sie haben die Möglichkeit, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zur „Berechneten Kurve“ (rote Punkte) zu verdeutlichen. Hier wird offensichtlich besonders im Alkalischen die nur ungenaue Kalibrierung der pH-Elektrode deutlich.

Hinweis auf das Programmpaket AK-WinChemie (kostenlos aus dem Internet „downloadbar“)

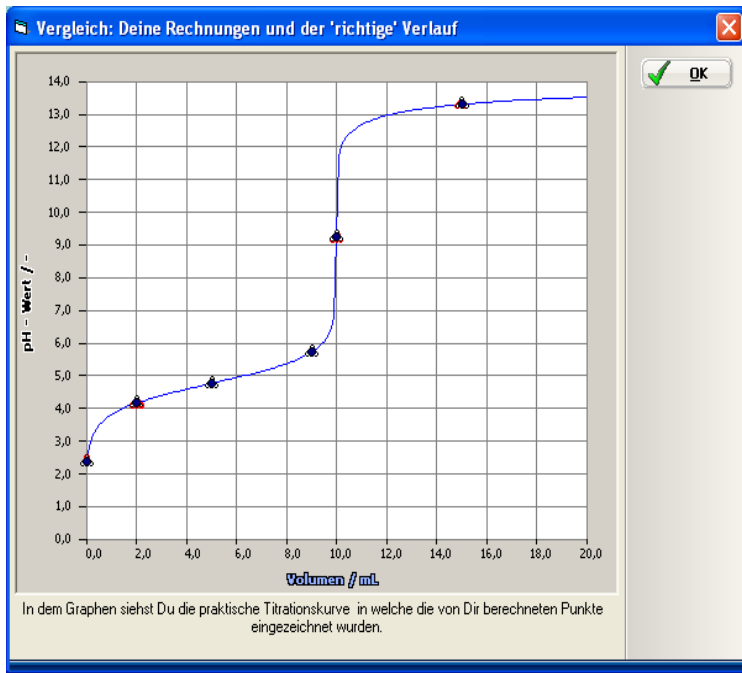
Neben vielen anderen Simulations- und Rechenprogrammen ist auch das Programm **TitraCalc** zur Verdeutlichung von Elementarreaktionen wie die einer Säure mit einer Base enthalten. Man kann für die Schüler (oder diese für sich selbst) jeden einzelnen Schritt des Zustandekommens von so komplexen Zusammenhängen wie Titrationskurven nach und nach „aufdröseln“.

Das Programm „AK WinChemie Starter“ aufrufen ⇒ „TitraCalc“ durch anklicken auswählen	
⇒ Den eigenen Namen eingeben	
⇒ Den Reiter „Klick-Demos“ anklicken	
⇒ „pH- schwache Säure mit starker Base“ auswählen und schon geht's los.....	
Links „Blick ins Titriergefäß: Zugabe von 2 mL Base“	
Rechts: Mitte: Bilanz der Stoffe (wichtige Teilchen - kein Wasser)	

Auf der rechten Seite steht das Beispiel eines Rechenweges zum pH Wert.

Dieser komplette Weg und noch weitere Hinweise erscheinen nur, wenn DEMO angewählt wurde, oder wenn man bei jedem der fünf Schritte Fehler gemacht hat.

So kann man die praktisch aufgenommene Kurve rechnerisch „ver- stehen“:



pH-Wert ausrechnen

- Stoffmenge vorgelegte Säure

$$n_V(\text{HAc}) = c_V(\text{HAc}) \cdot V_V(\text{HAc})$$

$$c_V(\text{HAc}) = 1 \text{ mol / L}$$

$$V_V(\text{HAc}) = 0,01 \text{ L}$$

$$n_V(\text{HAc}) = 1 \cdot 0,01$$

$$n_V(\text{HAc}) = 0,01 \text{ mol}$$
- Stoffmenge der zugetropften Base

$$n_Z(\text{OH}) = c_Z(\text{OH}) \cdot V_Z(\text{OH})$$

$$c_Z(\text{OH}) = 1 \text{ mol / L}$$

$$V_Z(\text{OH}) = 0,002 \text{ L}$$

$$n_Z(\text{OH}) = 1 \cdot 0,002$$

$$n_Z(\text{OH}) = 0,002 \text{ mol}$$
- Welcher Fall liegt vor - ist für den pH entscheidend?
 - (Fast) nur HAc $n_Z(\text{OH}) = 0$
 - HAc neben Ac- $0 < n_Z(\text{OH}) < n_V(\text{HAc})$
 - (Fast) nur Ac- $n_Z(\text{OH}) = n_V(\text{HAc})$
 - Wichtig nur OH- $n_Z(\text{OH}) > n_V(\text{HAc})$
- HAc und Ac- liegen nebeneinander vor

$$n(\text{HAc}) = n_V(\text{HAc}) - n_Z(\text{OH})$$

$$n(\text{HAc}) = 0,008 \text{ mol}$$

$$n(\text{Ac}^-) = n_Z(\text{OH})$$

$$n(\text{Ac}^-) = 0,002 \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{HAc})}{n(\text{Ac}^-)} = \frac{n(\text{HAc})}{n_Z(\text{OH})}$$

$$\frac{n(\text{HAc})}{n(\text{Ac}^-)} : 4,000 \text{ mol}$$
- pH-Wert berechnen

$$\text{pH} = \text{pKs} - \log\left(\frac{n(\text{HAc})}{n(\text{Ac}^-)}\right)$$

pH = 4,16

Literatur: F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988, Verlag Dr. Flad, Stuttgart