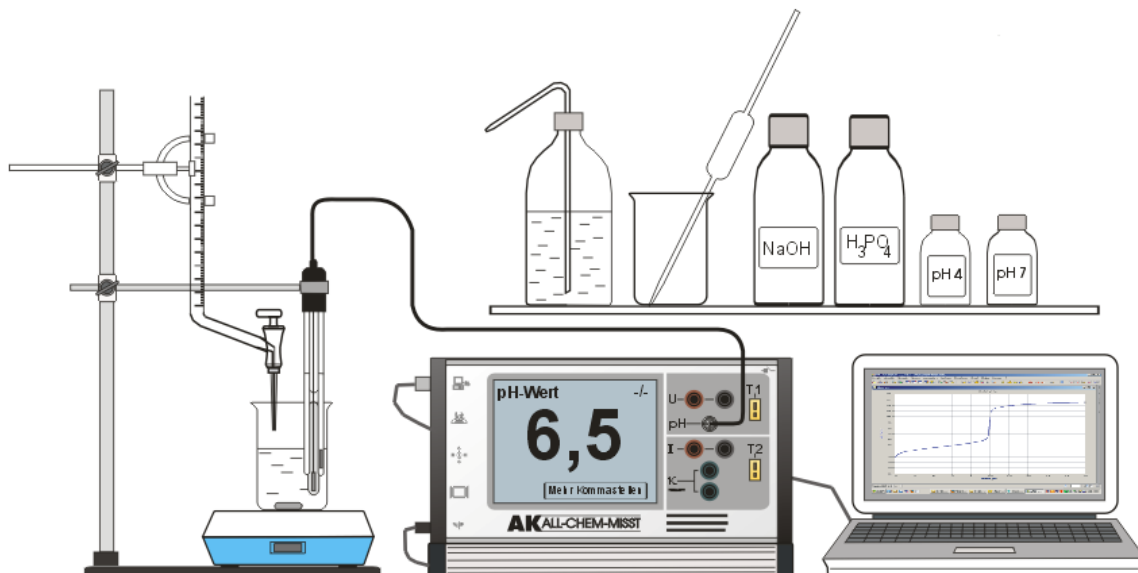


Neuere Arbeitsblätter: [→Teacher's Helper](#) [→Analytik 11](#)

Prinzip: Phosphorsäure wird mit Natronlauge titriert. Durch Ermittlung eines Äquivalenzpunktes lässt sich der Gehalt der Säure berechnen, durch Ermittlung der Halbäquivalenzpunkte die pKs- Werte.

Versuchsaufbau:



Materialliste:

Geräte:

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1 ALL-CHEM-MISST II /Netzteil | 1 Titrierstativ |
| 1 Computer | 1 Bürette, 50 mL |
| 1 USB- oder serielles Kabel | 1 Stativ |
| 1 pH- Elektrode | 1 Muffe |
| 1 Becherglas, 100 mL | 1 Greifklemme, klein |
| 1 „Spülbecherglas“, 250 mL | 1 Magnetrührer |
| 1 Pipette, 10 mL | 1 Rührfisch |

Chemikalien:

- Natronlauge, c= 1 mol/L
Phosphorsäure, c= 1 mol/L
dest. Wasser
Evtl. Pufferlösung pH = 7
Evtl. Pufferlösung pH = 2

Vorbereitung des Versuches:

- Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen und aufbauen.
- 10 mL Phosphorsäure (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)

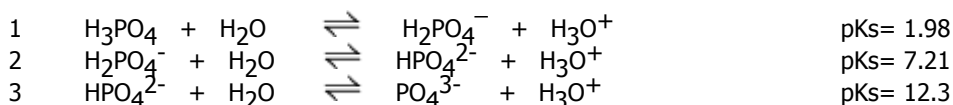
Messgröße:	pH-Wert	
pH Kalibrieren	Ja	Anweisungen befolgen und entsprechende Werte eingeben.
Für Grafik	0 - 14 pH	Bei Volumenintervall: 0,5 mL Gesamtvol.:(für Grafik) 40 mL
Titration über Volumen auf Tastendruck		Direkt zur Messung

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 „ **Einzelwert aufnehmen** “ klicken oder besser auf 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 Maus speichern.
- Beenden mit Klick auf „ **Messung beenden** “ oder mit der Taste **[Esc]**.

Auswertung des Versuches:

Prinzip: Die Reaktion der Phosphorsäure mit Wasser verläuft in drei Stufen nach folgenden Gleichungen



Die entsprechende Neutralisation der Phosphorsäure erfolgt ebenfalls in drei Stufen, in denen, besonders in der Nähe der Halbäquivalenzpunkte, jeweils zunächst der pH-Wert nur geringfügig steigt. In der Nähe der Äquivalenzpunkte steigt der pH-Wert bei Zugabe der Hydroxidionen stärker. Der dritte Äquivalenzpunkt ist wegen des sehr hohen pKs-Wertes nicht mehr als "Sprung" in der Kurve zu erkennen.

Auswerten aufrufen mit: oder im Hauptmenü: ⇒Auswerten ⇒ „Drei-Geraden-Methode“

Folgen Sie den Anweisungen für die **1. Vorperiode**, **2. Hauptperiode** und **3. Nachperiode**; dann: Weiter

Ergebnis des Rechners: Volumen im Äquivalenzpunkt: 10,218 mL / zugehöriger pH- Wert: 4,019

Einzeichnen des Äquivalenzpunktes Zeichnen Eintragen der Werte: Beschriften Ende: Fertig

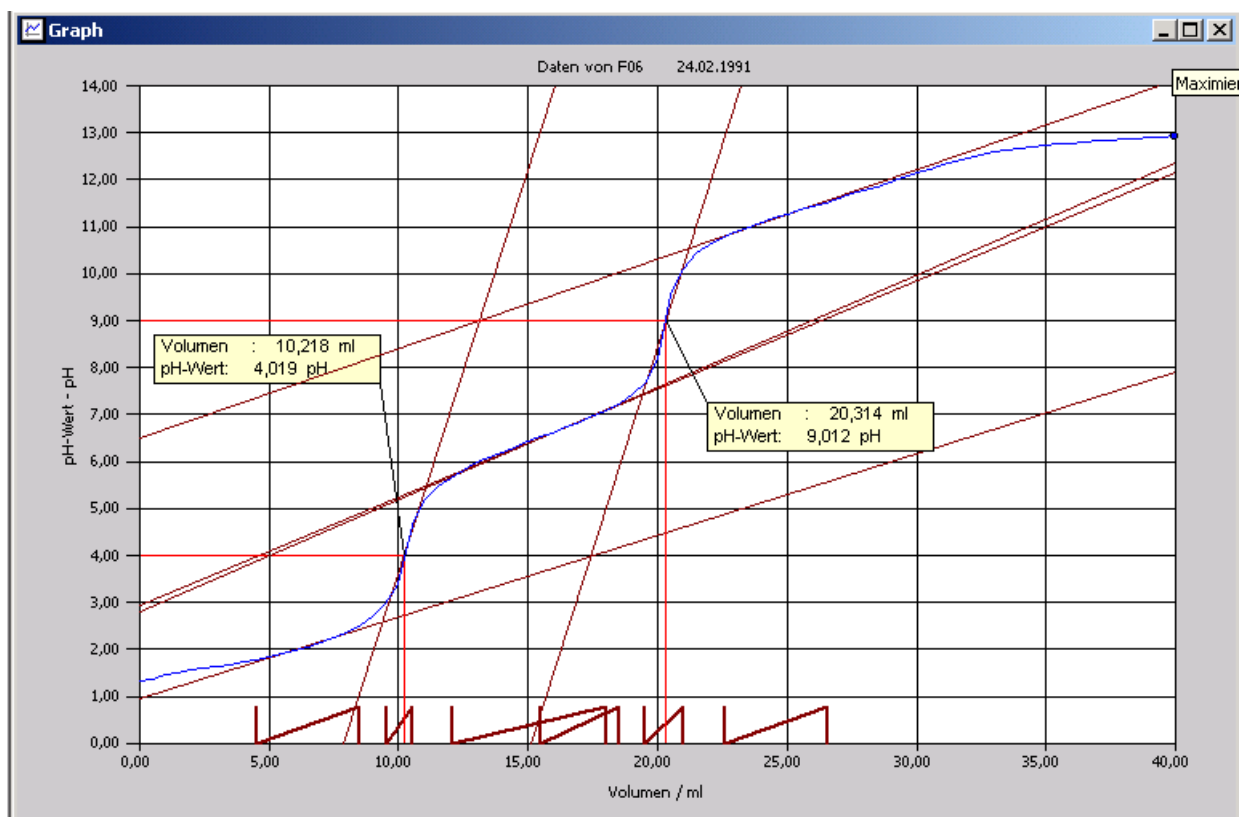
2. Äquivalenzpunkt:

Auswerten aufrufen mit: oder im Hauptmenü: ⇒Auswerten ⇒ „Drei-Geraden-Methode“








Folgen Sie den Anweisungen für die **1. Vorperiode**, **2. Hauptperiode** und **3. Nachperiode**; dann: Weiter

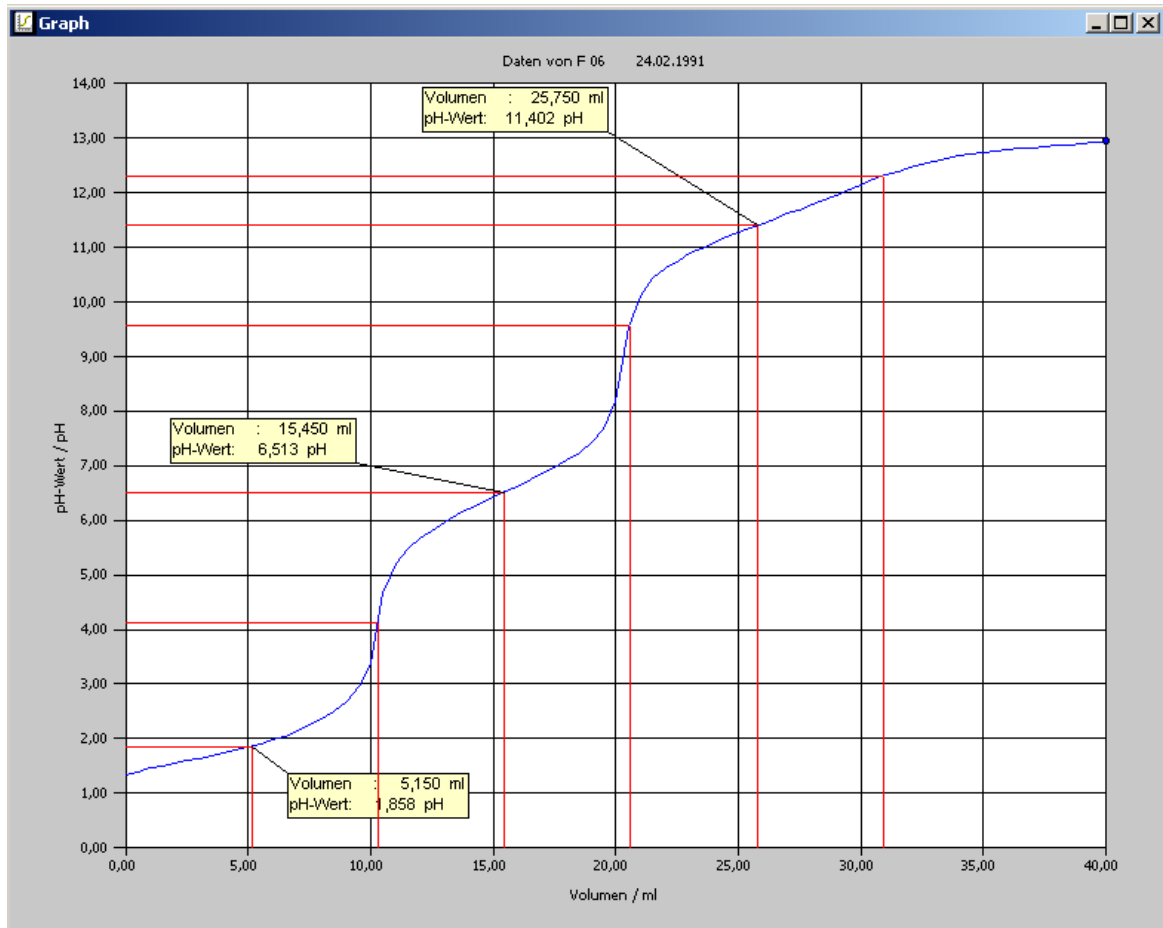
Ergebnis des Rechners: Volumen im Äquivalenzpunkt: 20,314 mL / zugehöriger pH- Wert: 9,012

Einzeichnen des Äquivalenzpunktes Zeichnen Eintragen der Werte: Beschriften Ende: Fertig



Weitere Möglichkeit über die Steigung (1.Ableitung)


Auswerten aufrufen mit: 	oder im Hauptmenü: ⇒Auswerten ⇒ Äquivalenzpunkte (1. Abl.)
<i>Empfindlichkeit</i> 0.662 ⇒OK	
Ergebnis des Rechners: Volumen im ersten Äquivalenzpunkt: 10.22 mL.	
Einzeichnen des Äquivalenzpunktes 	Zeichnen 
Eintragen der Werte: 	Beschriften 
Ende: 	Fertig 




Berechnung des Gehaltes

Prinzip: Im Äquivalenzpunkt gilt: $n(\text{Säure}) = n(\text{Base})$ also $c(\text{Säure}) \cdot V(\text{Säure}) = c(\text{Base}) \cdot V(\text{Base})$

Im ersten Äquivalenzpunkt:
$$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{H}_3\text{PO}_4)}$$

Auswerten aufrufen im Hauptmenü: ⇒Extras ⇒ „Konzentrationsberechnung“	
Bitte bei: Volumen: 10,218 mL eintragen. Ergebnis: 0,102 mol/L	 OK

Im zweiten Äquivalenzpunkt:
Die Berechnung **erfolgt** entsprechend. **Diesmal** darf natürlich nur das Volumen, das für die Essigsäure verbraucht **wurde**, eingesetzt werden also:
 $20,314 \text{ mL} - 10,218 \text{ mL} = 10,096 \text{ mL}$

Auswerten aufrufen im Hauptmenü: ⇒Extras ⇒ „Konzentrationsberechnung“	
Bitte bei: Volumen: 10,096 mL eintragen. Ergebnis: 0,101 mol/L	 OK

Bestimmung der pKs - Werte:

Prinzip: Für die erste Stufe der Phosphorsäure gilt folgende Puffergleichung

$$\text{pH} = \text{pKs} - \log \frac{c(\text{H}_3\text{PO}_4)}{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}$$

Im Halbäquivalenzpunkt sind die Konzentrationen der Säure und ihrer korrespondierenden Base gleich und es gilt:

$\text{pH} = \text{pKs}$. Man muss sich vorher die Äquivalenzpunkte bestimmen lassen und sie notiert haben!

Auswerten aufrufen mit: oder im Hauptmenü: ⇒Auswerten ⇒ „Halbäquivalenzpunkt“			
Eingabe: Linker x-Wert: 0 mL	Rechter x-Wert: 10,22 mL	OK	Anzahl der Stützstellen: 40 OK
Ergebnis des Rechners: pH-Wert im Halbäquivalenzpunkt. Aus Beispiel: 1.86; Literaturwert: (pK _S - Wert = 1.96).			
Einzeichnen des Halbäquivalenzpunktes:	Eintragen der Werte:	Ende:	Fertig

Für die zweite Stufe der Phosphorsäure gilt folgende Puffergleichung

$$\text{pH} = \text{pKs} - \log \frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{c(\text{HPO}_4^{2-})}$$

Auswerten aufrufen mit: oder im Hauptmenü: ⇒Auswerten ⇒ „Halbäquivalenzpunkt“			
Eingabe: Linker x-Wert: 10,22 mL	Rechter x-Wert: 20,3 mL	OK	Anzahl der Stützstellen: 40 OK
Ergebnis des Rechners: pH-Wert im Halbäquivalenzpunkt. Aus Beispiel: 6.51; Literaturwert: (pK _S - Wert = 7.21).			
Einzeichnen des Halbäquivalenzpunktes:	Eintragen der Werte:	Ende:	Fertig

Für die dritte Stufe der Phosphorsäure gilt folgende Puffergleichung

$$\text{pH} = \text{pKs} - \log \frac{c(\text{HPO}_4^{2-})}{c(\text{PO}_4^{3-})}$$

Auswerten aufrufen mit: oder im Hauptmenü: ⇒Auswerten ⇒ „Halbäquivalenzpunkt“			
Eingabe: Linker x-Wert: 20,3 mL	Rechter x-Wert: 30,5 mL	OK	Anzahl der Stützstellen: 40 OK
Ergebnis des Rechners: pH-Wert im Halbäquivalenzpunkt. Aus Beispiel: 11.4; Literaturwert: (pK _S - Wert = 11.32).			
Einzeichnen des Halbäquivalenzpunktes:	Eintragen der Werte:	Ende:	Fertig

Tipp

- Für die Bestimmung des ersten pKs - Wertes ist es wichtig, dass die Konzentration der Säure groß genug ist und so der "Start - pH-Wert" nicht schon oberhalb des ersten pKs - Wertes liegt.
- Will man einen pH-Sprung im 3. Äquivalenzpunkt sehen, so muss man den umgekehrten Weg gehen und Natriumphosphat z.B. mit Salzsäure titrieren. Dann allerdings kann man den dritten Äquivalenzpunkt (im sauren Gebiet) nicht erkennen. Den Graphen können Sie über den Menüpunkt „Simulieren“ erstellen.

Simulieren einer Titration

Im Hauptmenü: ⇒ Simulieren
⇒ pH-Kurve

Vorlage
Vorlage: Base
Titriermittel: Säure
Ges.-Volumen(mL) **40**

Base
Phosphat-Ion
Chlorwasserstoffsäure
40

⇒ OK
⇒ OK

Literatur: F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988, S. 85, Verlag Dr. Flad, Stuttgart