

Titration einer mehrwertigen Säure gegen eine starke Base mit Cobra SMARTsense (ArtikelNr.: P7511069)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Schwer

Vorbereitungszeit



20 Minuten

Durchführungszeit



30 Minuten

empfohlene Gruppengröße



2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

- PHYWE measureAPP

Versuchsvarianten:

- klassisch: P7511000

Schlagwörter:

mehrwertige Säuren, starke Basen, pH-Wert, Neutralisation, Stoffmenge, Konzentration, Maßanalyse, Titrationskurve

Lehrerinformationen

Einführung

Anwendung

Die Säure-Base-Titration stellt ein analytisches Verfahren zur Ermittlung von Konzentrationen entsprechender Verbindungen dar. Die Verwendung von pH-Messelektroden bietet darüber hinaus die Möglichkeit, Messkurven zu erstellen. Potentiometrische Titrationsen stellen zwei grundlegende Gesetze dar, das Massenwirkungsgesetz (MWG) und die Nernst'sche Gleichung. Anhand des MWG kann man den Verlauf für einfache chemische Reaktionen mathematisch beschreiben.

**Lernziele**

Den Schülern sollen bei diesem Experiment exemplarisch die Grundlagen der modernen Säure-Base-Titration gezeigt und nähergebracht werden. Neben der praktischen Arbeit im Labor wird auch auf die Auswertung von Titrationskurven und deren Charakteristika eingegangen.

Aufgabe

Die Schüler sollen bei diesem Experiment eine Messkurve für die Titration einer mehrwertigen Säure mit einer starken Base aufnehmen. Hierbei werden dann die charakteristischen Merkmale einer solchen Titrationskurve identifiziert und die Äquivalenzpunkte bestimmt.

Vorwissen

Die Schüler sollten experimentelle Erfahrungen im Umgang mit Säuren und Basen haben.

Die Funktionsweise volumetrischer Messinstrumente (Messpipette, Bürette, Pipettierball) sollte den Schülern bekannt sein.

Prinzip

Bei der potentiometrischen Titration handelt es sich um ein maßanalytisches Verfahren zur Bestimmung der Konzentrationen von Säuren und Basen. Es wird eine mehrwertige Säure unbekannter Konzentration (hier: Phosphorsäure, 0,1 M) mit einem bestimmten Volumen (50 ml) vorgelegt. Nach Kalibrierung der pH-Elektrode wird sie in Verbindung mit dem Cobra SMARTsense Dorpcounter zur Ermittlung des pH-Wertes der Lösung verwendet. Eine starke Base mit bekannter Konzentration (hier: NaOH, 1 M) wird portionsweise zur Säure-Lösung (Analyselösung) hinzugegeben. Nach jeder Basenzugabe (in 1 ml Schritten) wird der pH-Wert der Lösung abgelesen und notiert. Mehrwertige Säuren haben mehrere Äquivalenzpunkte, dieser werden jeweils über einen geeigneten Indikator (hier: Methylorange und Phenolphthalein) bestimmt. Phosphorsäure hat drei Äquivalenzpunkte, der dritte ist jedoch nicht einfach bestimmbar und wird daher für diesen Schülerversuch vernachlässigt.

Methodische Bemerkungen

Es ist empfehlenswert, den Versuch in zwei Gruppen (A und B) durchzuführen, da für jeden Äquivalenzpunkt eine Titration durchgeführt wird. Jeweils zwei Gruppenpaare (A und B) teilen ihre Messwerte der jeweils anderen zugehörigen Gruppe mit.

Der Versuch sollte in Zweiergruppen durchgeführt werden. Hierbei kann ein Schüler die Bürette bedienen, während der andere die Messwertaufnahme übernimmt.

In unterschiedlichen Arbeitsgruppen kann die Titration mit unterschiedlichen Volumina der Analysenlösung durchgeführt werden. Es kann dadurch ein Zusammenhang zwischen den Konzentrationen der beteiligten Lösungen gezeigt werden.

Des Weiteren wird empfohlen einen Magnetrührer (inkl. Magnetrührstab) zu verwenden, da hierdurch genauere pH-Werte zu erwarten sind.

Vorbereitung

Es muss eine 0,1 M Phosphorsäure aus 85%-iger Phosphorsäure hergestellt werden (In einem geeigneten Gefäß 500 ml dest. Wasser vorlegen, pipettieren Sie 6,8 ml 85%-ige Phosphorsäure und füllen auf 1 l mit dest. Wasser auf).
Es muss eine 1 M Natronlauge-Lösung hergestellt werden (8 g Natriumhydroxid in 200 ml dest. Wasser lösen).

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Vor der Aufnahme der Titrationskurve sollte die pH-Elektrode kalibriert werden, damit es nicht zu einer Verfälschung der Ergebnisse kommt. Beim Aufbau ist darauf zu achten, dass die Bürette so gehalten wird, dass die Schüler den Meniskus der Flüssigkeitssäule in richtiger Höhe ablesen können. Die Augen sollten hierbei in Höhe der abzulesenden Volumenmarkierung auf der Bürette sein.
Beim Eintauchen der Messelektrode in die zu untersuchende Lösung muss die Spitze vollständig in die Flüssigkeit eintauchen. Sollte die vorgelegte Menge nicht ausreichen, muss mit destilliertem Wasser aufgefüllt werden.
Wird ein Magnetrührer verwendet, sollte er auf eine Geschwindigkeit eingestellt sein, bei der es nicht zu Spritzern kommen kann. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass das Magnetrührstäbchen nicht an die Messelektrode stößt.
Die Tropfgeschwindigkeit der Bürette sollte nicht zu schnell eingestellt werden, damit das Ergebnis möglichst genau ausfällt. Auch ein zu langsames Zutropfen ist zu vermeiden, da der Versuch sonst unnötig in die Länge gezogen würde.

Entsorgung

Die verwendeten Lösungen können im Sammelbehälter für Säure- und Basen-Abfälle entsorgt werden.

Material

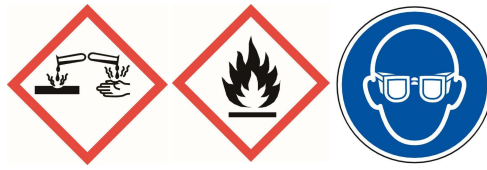
Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Cobra SMARTsense - Dropcounter, 0 ... ∞	12923-00	1
2	pH-Elektrode für Cobra SMARTsense pH, BNC-Stecker	12920-10	1
3	Stativfuß, variabel	02001-00	1
4	Doppelmuffe	02043-00	1
5	Elektrodenhalter, schwenkbar	18461-88	1
6	Bürettenklemme mit 1 Rollenhalter	37720-01	1
7	Pipettierball, Universalmodell (bis 100 ml), 3 Ventile	47127-02	1
8	Pipette mit Gummikappe	64701-00	1
9	Laborschreiber, wasserfest	38711-00	1
10	Erlenmeyerkolben, Weithals, BORO 3.3, 100 ml	46151-00	1
11	Schutzbrille, farblose Scheiben	39316-00	1
12	Laborbecher, niedrige Form, 50 ml, PP	36080-00	2
13	Spritzflasche, 250 ml, Kunststoff	33930-00	1
14	Trichter, Oben-d = 40 mm, PP	36888-00	1
15	Messpipette 5 ml, Teilung 0,1 ml	36599-00	1
16	Bürette mit geradem Normschliffhahn, Schellbachstreifen, 10 ml, Teilung 0,05 ml	47152-01	1
17	Stativstange Edelstahl, 18/8, l = 370 mm, d = 10 mm	02059-00	1
	Natriumhydroxid, Perlen 500 g	30157-50	
	ortho-Phosphorsäure, 85 %, 250 ml	30190-25	
	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	
	Methylorange, 0,1%, 250 ml	31573-25	
	Phenolphthaleinlösung, 0,5% in Ethanol, 100 ml	31715-10	
	Puffertabletten, pH 4, 100 Stück	30281-10	
	Puffertabletten, pH 10, 100 Stück	30283-10	
Zusätzliches Material			
	Papierhandtücher		
	PHYWE measureAPP		

Android

iPad



Sicherheitshinweise



H- und P-Sätze

Phosphorsäure (0,1 mol/l):

- H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.
H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
P280: Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.
P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.
P309 + P310: Bei Exposition oder Unwohlsein: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.
P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Natronlauge (1 mol/l):

- H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.
H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
P280: Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.
P301 + P330 + P331: Bei Verschlucken: Mund ausspülen. Kein Erbrechen herbeiführen.
P305 + P351 + P338: Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
P308 + P310: Bei Exposition oder falls betroffen: Sofort Giftinformationszentrum, Arzt oder ... anrufen.

Phenolphthalein (0,5% in Ethanol)

- H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar.
P210: Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

Gefahren

- Säuren und Laugen wirken ätzend!
- Unbedingt Schutzbrille tragen!

Titration einer mehrwertigen Säure gegen eine starke Base mit Cobra SMARTsense (ArtikelNr.: P7511069)

Einführung

Anwendung und Aufgabe

Was ist eine Titration mit pH-Messelektroden?

Anwendung

Die potentiometrische Titration ermöglicht eine Konzentrationsbestimmung, wenn Probelösungen trübe oder farbig sind (ein Indikator wäre hier unbrauchbar).

Darüber hinaus lassen sich mit dieser Methode Messkurven erstellen, anhand dieser kann man charakteristische Merkmale erkennen sowie den Äquivalenzpunkt oder gegenfalls die Äquivalenzpunkte (entweder grafisch oder mit Indikator) bestimmen.



Versuchsaufbau

Aufgabe

Es soll mit Hilfe einer potentiometrischen Titration die Konzentration der Phosphorsäure bestimmt werden.

Es werden zwei Gruppen gebildet.

Gruppe A: Ermittle den Äquivalenzpunkt über einen geeigneten Indikator (Methylorange).

Gruppe B: Ermittle den Äquivalenzpunkt über einen geeigneten Indikator (Phenolphthalein).

Die jeweiligen Messwerte werden untereinander ausgetauscht.

Untersuche die erstellte Titrationskurve auf charakteristische Merkmale.

Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Cobra SMARTsense - Dropcounter, 0 ... ∞	12923-00	1
2	pH-Elektrode für Cobra SMARTsense pH, BNC-Stecker	12920-10	1
3	Stativfuß, variabel	02001-00	1
4	Doppelmuffe	02043-00	1
5	Elektrodenhalter, schwenkbar	18461-88	1
6	Bürettenklemme mit 1 Rollenhalter	37720-01	1
7	Pipettierball, Universalmodell (bis 100 ml), 3 Ventile	47127-02	1
8	Pipette mit Gummikappe	64701-00	1
9	Laborschreiber, wasserfest	38711-00	1
10	Erlenmeyerkolben, Weithals, BORO 3.3, 100 ml	46151-00	1
11	Schutzbrille, farblose Scheiben	39316-00	1
12	Laborbecher, niedrige Form, 50 ml, PP	36080-00	2
13	Spritzflasche, 250 ml, Kunststoff	33930-00	1
14	Trichter, Oben-d = 40 mm, PP	36888-00	1
15	Messpipette 5 ml, Teilung 0,1 ml	36599-00	1
16	Bürette mit geradem Normschliffhahn, Schellbachstreifen, 10 ml, Teilung 0,05 ml	47152-01	1
17	Stativstange Edelstahl, 18/8, l = 370 mm, d = 10 mm	02059-00	1
	Natriumhydroxid, Perlen 500 g	30157-50	
	ortho-Phosphorsäure, 85 %, 250 ml	30190-25	
	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	
	Methylorange, 0,1%, 250 ml	31573-25	
	Phenolphthaleinlösung, 0,5% in Ethanol, 100 ml	31715-10	
	Puffertabletten, pH 4, 100 Stück	30281-10	
	Puffertabletten, pH 10, 100 Stück	30283-10	
Zusätzliches Material			
	Papierhandtücher		
	PHYWE measureAPP		

Android

iPad



Aufbau und Durchführung

Aufbau

Gefahren

- Säuren und Laugen wirken ätzend!
- Unbedingt Schutzbrille tragen!



Anschalten des Dropcounters

Cobra SMARTsense 'Dropcounter' durch Drücken des Powerknopfes anschalten. Stelle sicher, dass Bluetooth auf dem Gerät aktiviert ist. Öffne die PHYWE measure App  und wähle den **Sensor** "Dropcounter" sowie Messkanal 'pH' auswählen (Abb. 1).



Abb. 1

Kalibrierung der pH-Elektrode:

- Vor der eigentlichen Titration sollte die pH-Messelektrode kalibriert werden. Entferne dazu die Schutzkappe der Elektrode und befülle zwei entsprechend beschriftete Bechergläser zu jeweils 30 ml mit einer der beiden Pufferlösungen (Abb. 3).

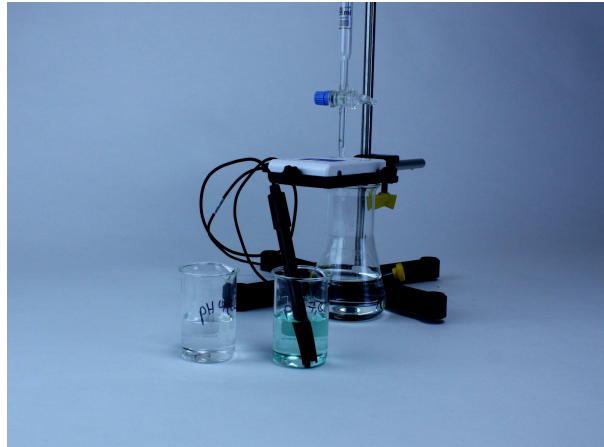


Abb. 3: Kalibrierung der pH-Elektrode

Die Kalibrierung der pH-Elektrode wird mit Puffertabletten vorgenommen. Dabei zur Herstellung der Pufferlösung mit den Puffertabletten je 20 ml destilliertes Wasser verwenden. Achte darauf, dass die pH-Elektrode nach jeder Messung mit destilliertem Wasser gespült wird.

- 1. Gehe zu "Einstellungen" (Abb. 4)
- 2. Gehe zu (ggf. nach unten scrollen) "Kalibration" (Abb. 4)
- 3. Wert anklicken und den entsprechenden pH-Wert bei Sollwert 1 eingeben (Abb. 5)

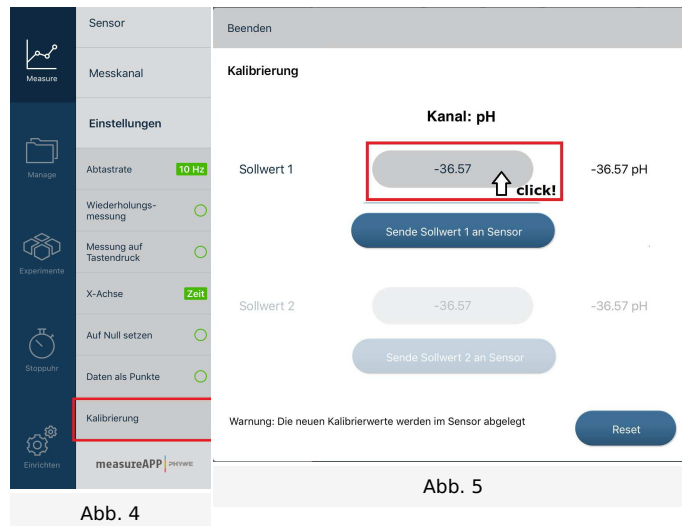


Abb. 4

Abb. 5

Falls die verwendete Elektrode vor Kurzem bereits kalibriert wurde, kann auf eine erneute Kalibrierung verzichtet werden.

- Wiederhole den Vorgang für den zweiten Wert (Sollwert 2).

Aufbau

Stecke die beiden Hälften des Stativfußes zusammen (Abb. 6). Befestige die Stativstange im Stativfuß (Abb. 7).

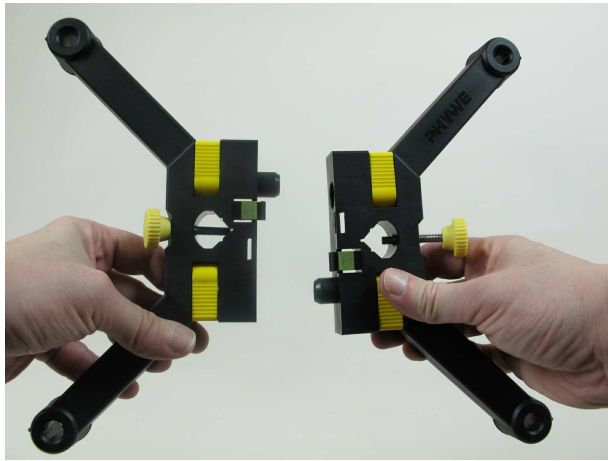


Abb. 6



Abb. 7

Schraube die Stativstange in die dafür vorgesehene Schraubvorrichtung des Dropcounters (Abb. 8). Befestige mit Hilfe der Doppelmuffe die Stativstange des Dropcounters unterhalb der Bürettenklemme an der Stativstange (Abb. 9). Platziere anschliessend die pH-Messelektrode im Elektrodenhalter des Dropcounters und befestige diese mit der beiliegenden Schraube (Abb. 10). Schliesse die Elektrode an der BNC-Buchse des Dropcounters an (Abb. 11).



Abb. 8

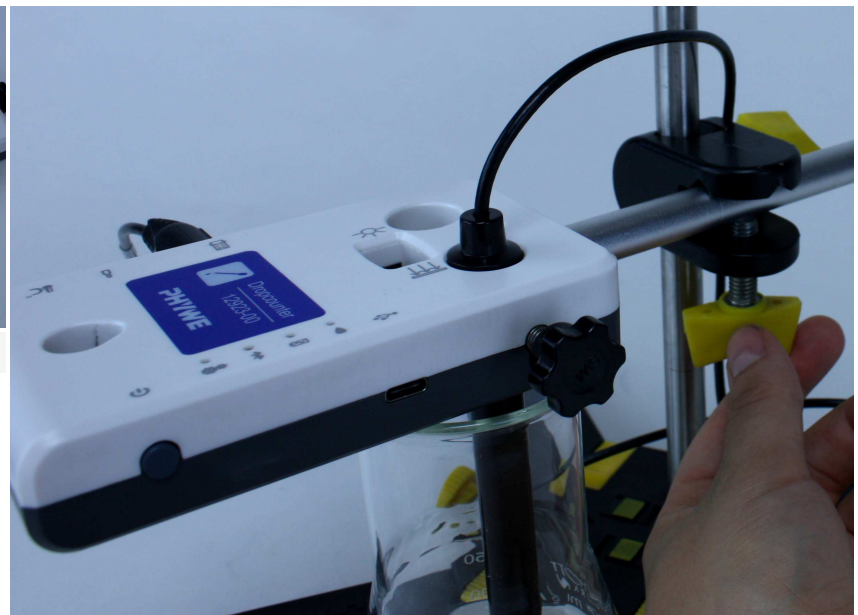


Abb. 9



Abb. 10



Abb. 11

Bringe die Bürettenklemme an der Stativstange an. Drücke mit Daumen und Zeigefinger die beiden Hebel der Bürettenklemme

zusammen und platziere die Bürette zwischen den vier gummierten Rollen. Fixiere die Bürette durch langsames Loslassen der beiden Hebel (Abb. 12). Achte darauf, dass die Bürette zentral über dem Tropfenzähler positioniert ist (Abb. 13).



Abb. 12

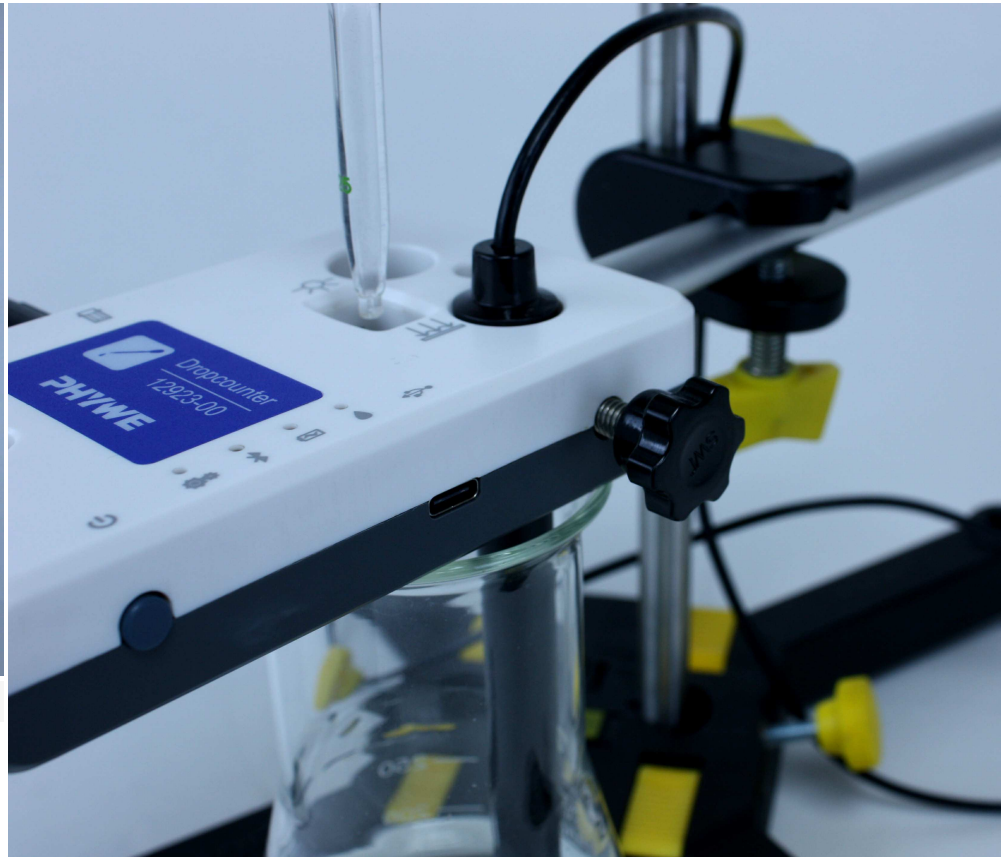


Abb. 13

Befülle mit Hilfe des Trichters die Bürette mit der 1 molaren Natronlauge. Verwende hierzu die beiden Laborbecher und beschrifte diese um eine Verwechslungsgefahr auszuschließen.

Fülle die 10-ml-Bürette vorsichtig bis über den obersten Eichstrich. Achte darauf, dass sich keine Luftbläschen in der Bürette befinden, und dass nichts überläuft (Abb. 14).

Platziere einen der Laborbecher unter dem Hahn der Bürette und öffne diesen vorsichtig. Lasse so viel Natronlauge ab, bis der oberste Eichstrich der Flüssigkeitssäule erreicht ist (Abb. 15).



Abb. 14

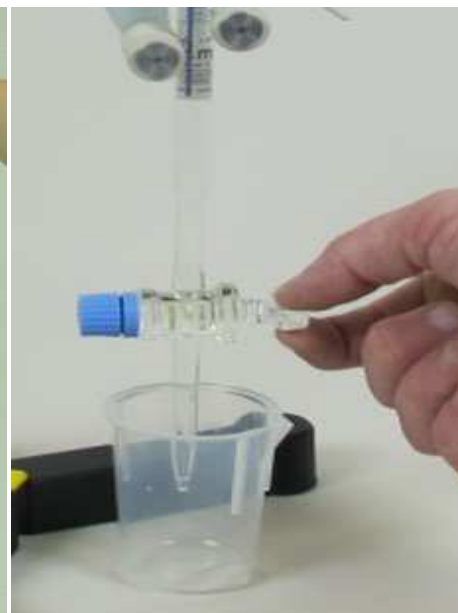


Abb. 15

Es bildet sich auf der Oberfläche der Flüssigkeitssäule in der Bürette eine nach unten gebogene Wölbung, der sogenannte

Meniskus (gr. Meniskos = Halbmond). Um genau abzumessen, wann die Flüssigkeitssäule den obersten Eichstrich berührt, orientiert man sich am untersten Punkt dieser Wölbung. Deine Augen sollten hierbei genau in Höhe des Eichstriches sein (Abb. 16).



Abb. 16

Fülle den Erlenmeyerkolben mit 50 ml der bereitgestellten Phosphorsäure (Abb. 17). Platziere den Erlenmeyerkolben unter dem Hahn der Bürette, der Hahn sollte den inneren Rand des Erlenmeyerkolbens berühren. Achte darauf, dass die pH-Elektrode vollständig von der Lösung benetzt ist (Abb. 18).

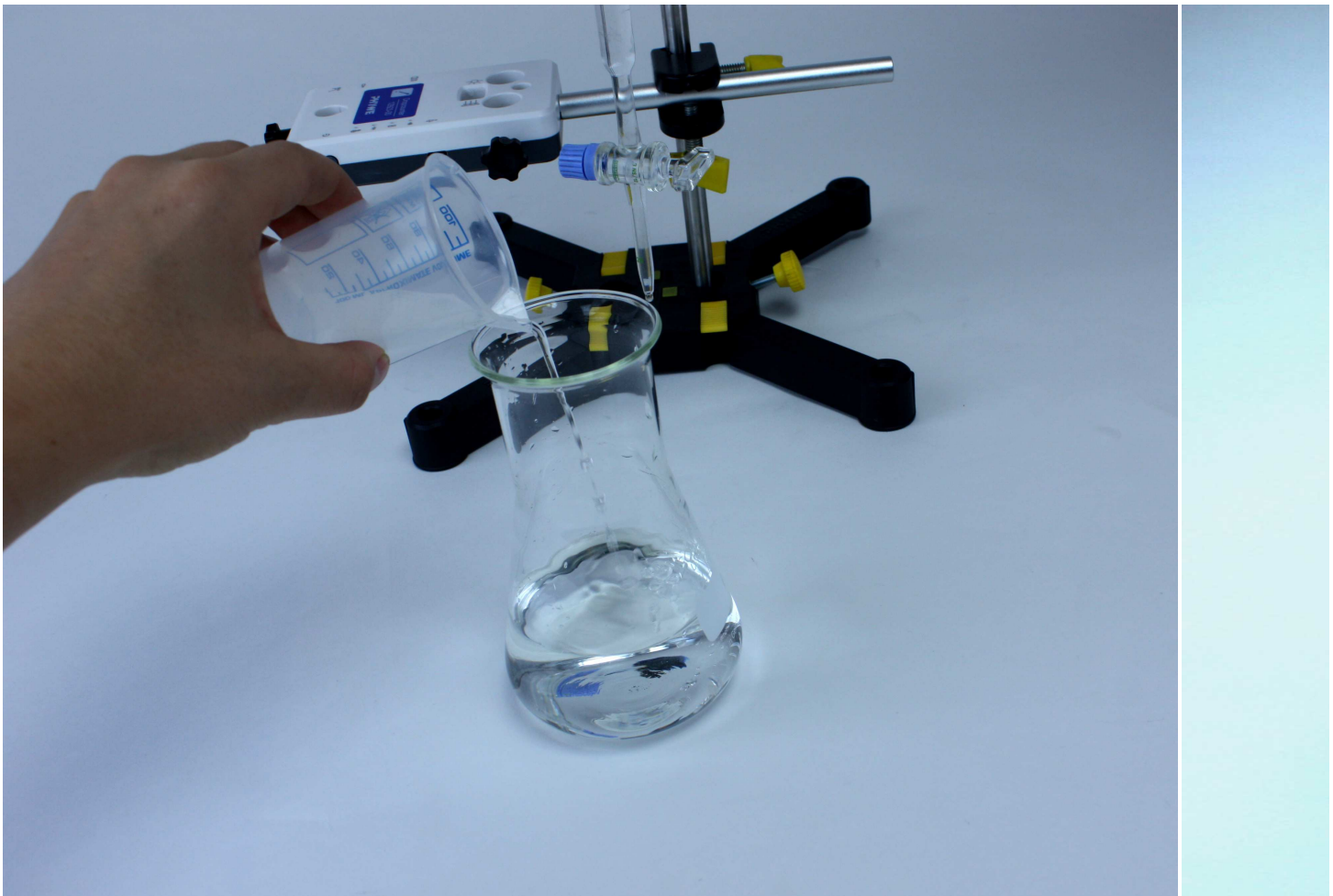



Abb. 17

Gruppe A: Gib mit Hilfe der Pipette 3 bis 5 Tropfen Methylorange zur Säure-Lösung hinzu.

Gruppe B: Gib mit Hilfe der Pipette 3 bis 5 Tropfen Phenolphthalein zur Säure-Lösung hinzu.

Durchführung

Starte die Messung mit  (s. Abb 19).

Gruppe A:

Gib durch vorsichtiges Aufdrehen zunächst 1 ml der Natronlauge in den Erlenmeyerkolben (Abb. 20).

Schwenke den Erlenmeyerkolben nach jeder Zugabe vorsichtig hin und her. Es dürfen sich keine Spritzer bilden (Achtung: Säure!). Notiere den pH-Wert, wenn dieser sich eingestellt hat.

Nachdem 4 ml titriert wurden, muss in 0,2 ml Schritten titriert werden bis der Äquivalenzpunkt erreicht wurde. Nachdem der Äquivalenzpunkt erreicht wurde kann erneut in 1 ml Schritten titriert werden.

Gruppe B:

Gib durch vorsichtiges Aufdrehen zunächst 1 ml der Natronlauge in den Erlenmeyerkolben (Abb. 20).

Schwenke den Erlenmeyerkolben nach jeder Zugabe vorsichtig hin und her. Es dürfen sich keine Spritzer bilden (Achtung: Säure!). Notiere den pH-Wert, wenn dieser sich eingestellt hat.

Nachdem 9 ml titriert wurden, muss in 0,2 ml Schritten titriert werden bis der Äquivalenzpunkt erreicht wurde.



Beende die Messung mit  und speichere deine Messwerte ab mit .



Abb. 19



Abb. 20

Die Ergebnisse zwischen Gruppe A und B werden untereinander getauscht um beide Titrationskurven zu erstellen.

Trage alle Werte in die Tabelle im Protokoll ein.

Notiere ebenfalls die beobachtete Farbänderung (pH-Wert und NaOH-Verbrauch).

Beschreibe die gemessene Titrationskurve im Protokoll.

Entsorgung

Die in diesem Experiment verwendeten Lösungen können im Behälter für Säure- und Base-Abfälle entsorgt werden.

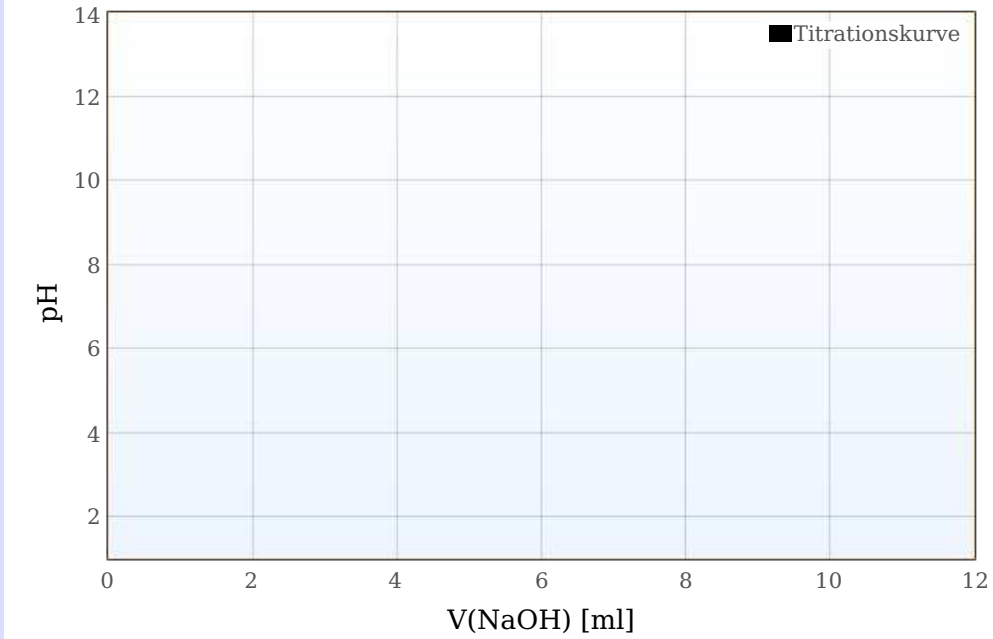
Protokoll: Titration einer mehrwertigen Säure gegen eine starke Base mit Cobra SMARTsense

Ergebnis - Tabelle 1

Trage deine Ergebnisse und die der anderen Gruppe (Gruppe A und B) in die Tabelle ein und lasse dir den Graphen anzeigen.

V(NaOH) [ml]	pH
0	1 ±1
1,0	1 ±1
2,0	1 ±1
3,0	1 ±1
4,0	1 ±1
4,2	1 ±1
4,4	1 ±1
4,6	1 ±1
4,8	1 ±1
5,0	1 ±1
5,2	1 ±1
5,4	1 ±1
5,6	1 ±1
5,8	1 ±1
6,0	1 ±1
7,0	1 ±1
8,0	1 ±1
9,0	1 ±1
9,2	1 ±1
9,4	1 ±1
9,6	1
9,8	1
	1

Number1



Ergebnis - Beobachtungen 1

Notiere deinen ermittelten Äquivalenzpunkt.

.....

.....

.....

.....

Ergebnis - Beobachtungen 2

Beschreibe den Kurvenverlauf in Stichworten. Erläutere charakteristische Merkmale (Tipp: pKs-Werte, Äquivalenzpunkte).

.....

.....

.....

.....

Auswertung - Frage 1

Gebe die ersten zwei Dissoziationsstufen der Phosphorsäure an.



Auswertung - Frage 2

Berechne die Konzentration der Phosphorsäure am ersten Äquivalenzpunkt.

.....

.....

.....

.....