

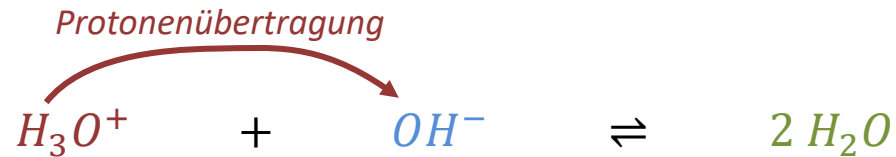
Titration schwacher Säuren und Basen

Zur quantitativen Bestimmung der Stoffmengenkonzentration einer wässrigen Lösung einer schwachen Säure bzw. einer wässrigen Lösung einer schwachen Base wird ebenfalls eine Titration durchgeführt. Als Maßlösung wird auch hier die wässrige Lösung einer starken Base bzw. die wässrige Lösung einer starken Säure verwendet.

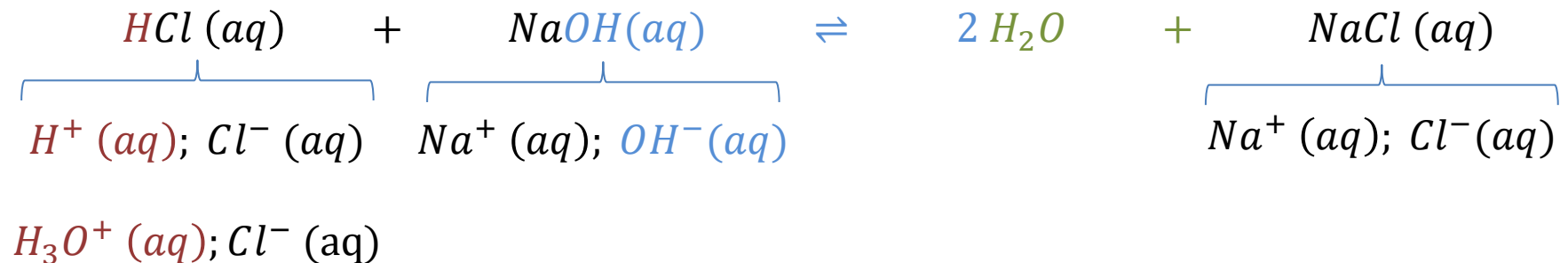
Bsp.: Titration einer Ethansäure- Lösung (Essigsäure-Lösung) mit Natronlauge.

Zur Erinnerung: Säure-Base-Titration

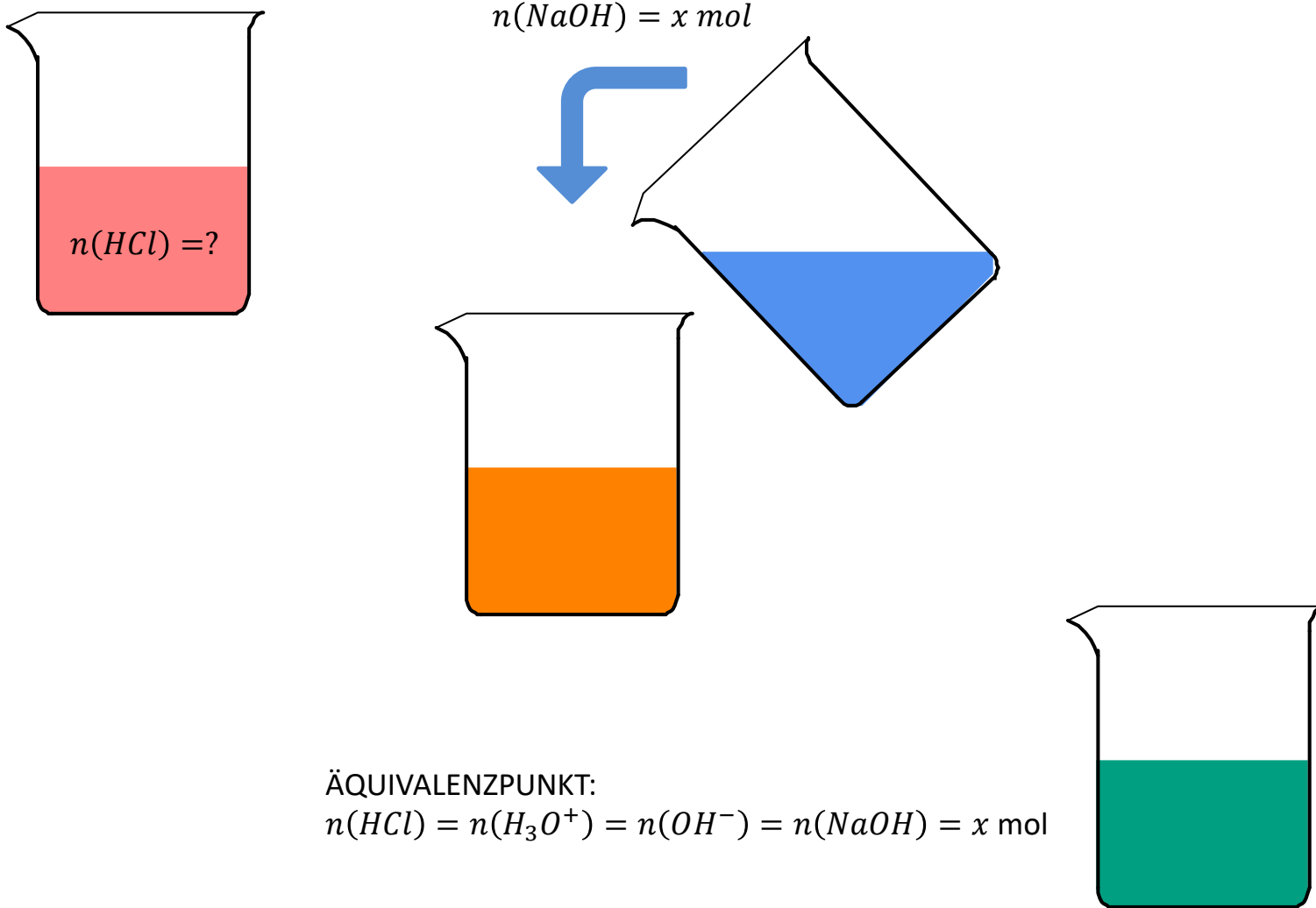
Grundlage: Neutralisationsreaktion



z. B. Titration von Salzsäure (saure Lösung von Chlorwasserstoff) und Natronlauge



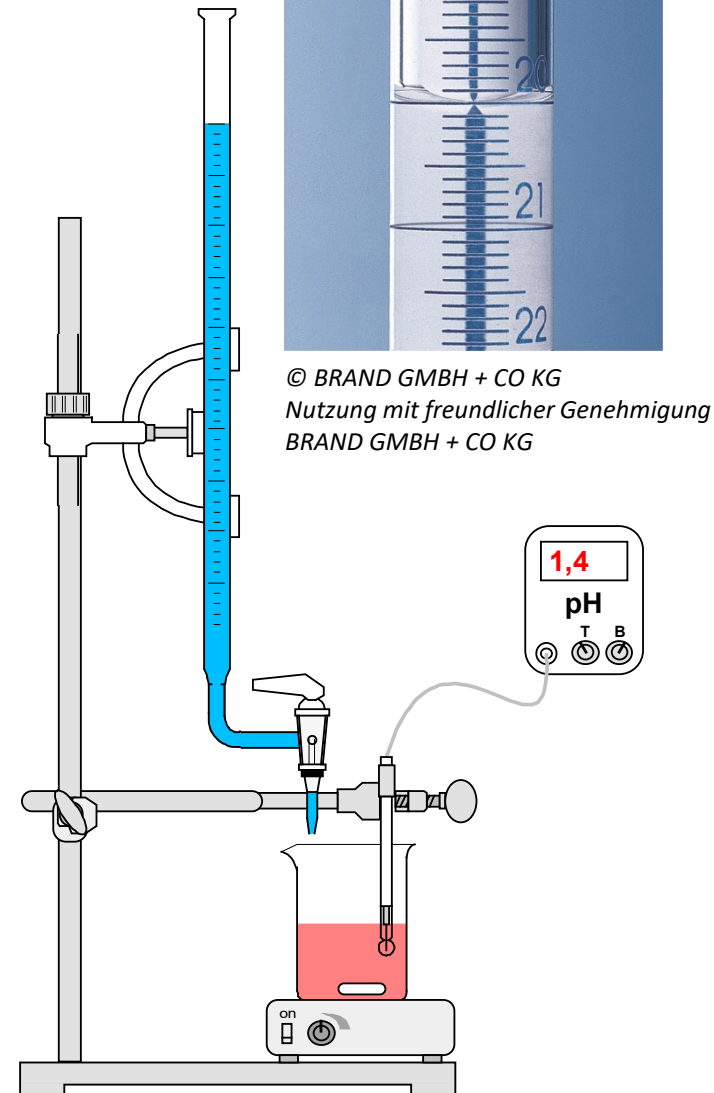
Prinzip der Säure-Base-Titration



SE: Aufnahme einer Titrationskurve (1)

Aufbau der Messapparatur

- Bauen Sie nebenstehende Apparatur, bestehend aus einem Stativ, einer Stativklammer mit Muffe, einem Bürettenhalter mit Glasbürette, einem Laborrührer mit Rührfisch und einer mit dem Messwerterfassungssystem verbundenen pH-Sonde auf. Das Becherglas erhalten Sie später (vorbereitet mit der zu titrierenden Lösung).
- Machen Sie sich mit der Benutzung des Hahns der Bürette vertraut sowie mit der Skala und dem Ablesen der Volumenangaben der Bürette vertraut.
- Befüllen Sie [ACHTUNG: SCHUTZBRILLE!] die Bürette mit der Natronlauge ($c(\text{NaOH}) = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$).
- Stellen Sie das vorbereitete Becherglas unter den Auslauf der Bürette, geben Sie den Rührfisch hinein und positionieren Sie die pH-Sonde.



Grafik erstellt mit ACD ChemSketch unter
Verwendung der PIN-Laborgeräte-Bibliothek
von Dr. Thomas Eppler

SE: Aufnahme einer Titrationskurve (2)

Vorbereitung des Messwerterfassungssystems

1. Durch Tippen auf die Anzeige **BETRIEBSART** ins Menü DATENERFASSUNG
2. Im Menü **DATENERFASSUNG**
 - Betriebsart: **ZEIT BASIERT** auswählen
 - Rate: **4** eingeben
 - Dauer: **600 s** eingeben
 - Mit **OK** bestätigen
3. Durch Tippen auf das GRAPHSYMBOL in der Menüleiste auf die GRAPHANZEIGE wechseln
4. Im Menü **GRAPH – GRAPHOPTIONEN**
 - **MANUELL** auswählen
 - Links: **0** eingeben
 - Rechts: **600** eingeben
 - Y-Achse – Oben: **14** eingeben
 - Y-Achse – Unten: **0** eingeben
 - Mit **OK** bestätigen

SE: Aufnahme einer Titrationskurve (3)

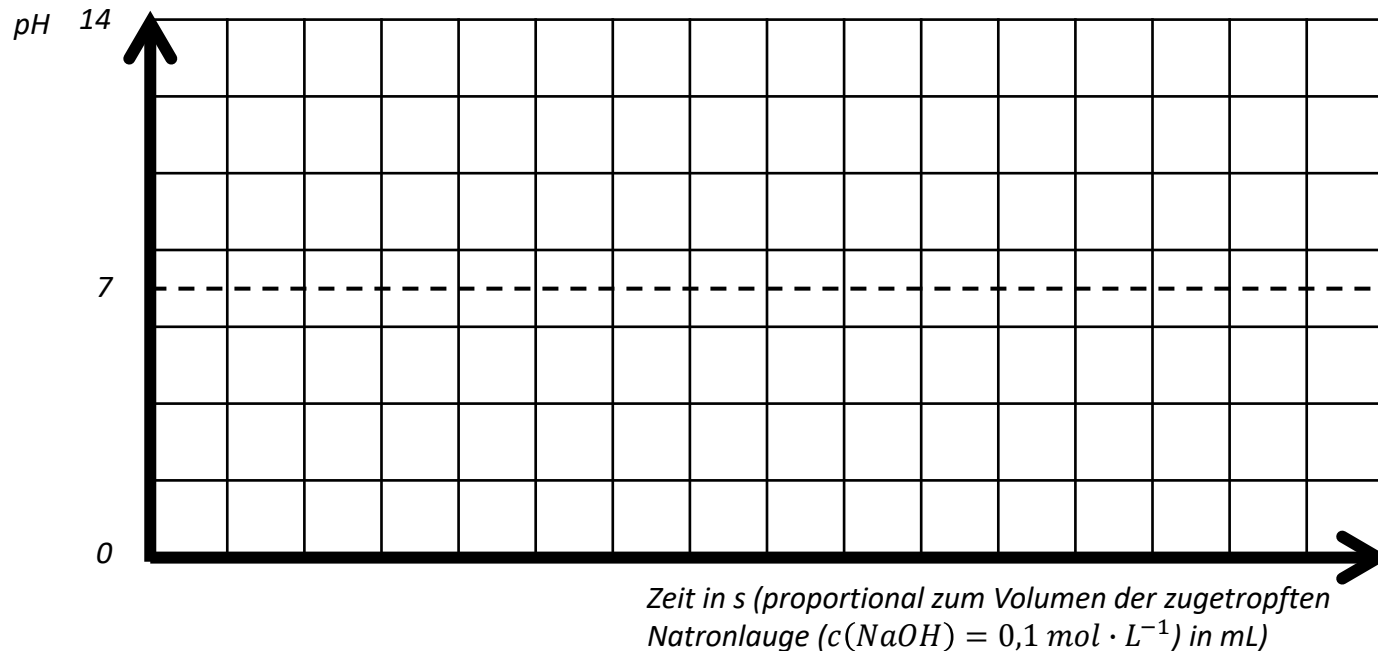
Durchführung der Messung [ACHTUNG SCHUTZBRILLE!]

1. Laborrührer einschalten (angemessene Geschwindigkeit!).
2. In der GRAPHANZEIGE unten links die Messwerterfassung durch Tippen auf das STARTSYMBOL (grüner Pfeil) beginnen.
3. Den Hahn der Bürette vorsichtig öffnen, dass ein gleichmäßiges Zutropfen gewährleistet ist. Die Tropfgeschwindigkeit ist zu Beginn der Messung möglichst zügig auf konstante ca. 2 Tropfen pro Sekunde einzustellen.
4. Beobachten Sie den Verlauf des Graphen auf dem Bildschirm.
5. Beenden Sie die Messung erst, wenn der Graph einen ausreichenden Bereich abbildet (er sollte ungefähr punktsymmetrisch aussehen).
 - Unten links die Messwerterfassung durch Tippen auf das STOPSYMBOL (rotes Quadrat) beenden.
 - Den Hahn an der Bürette schließen.
 - Den Laborrührer ausschalten.

SE: Aufnahme einer Titrationskurve (4)

Auswertung und Ergebnissicherung

1. Skizzieren Sie den Graphen schematisch in folgendes Schaubild

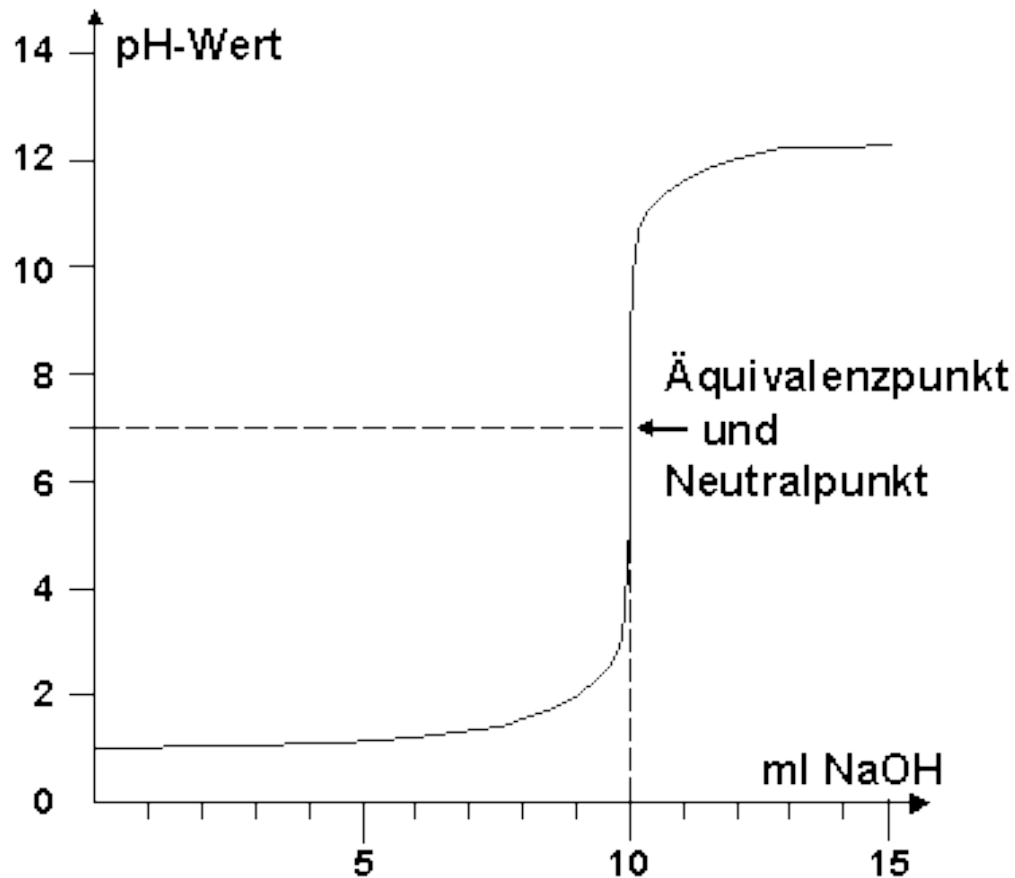


2. Zeichnen Sie in den Graphen den Äquivalenzpunkt und den Neutralpunkt (hier gilt: $pH = 7$) ein, und beschriften Sie diese entsprechend.
3. Erläutern Sie die Ursache für den Verlauf der Titrationskurve. Vergleichen Sie den Kurvenverlauf mit der Titration einer starken Säure mit einer starken Base und erläutern Sie die Unterschiede (vgl. KLETT elemente chemie KS).

Vergleichende Betrachtung Titrationskurven

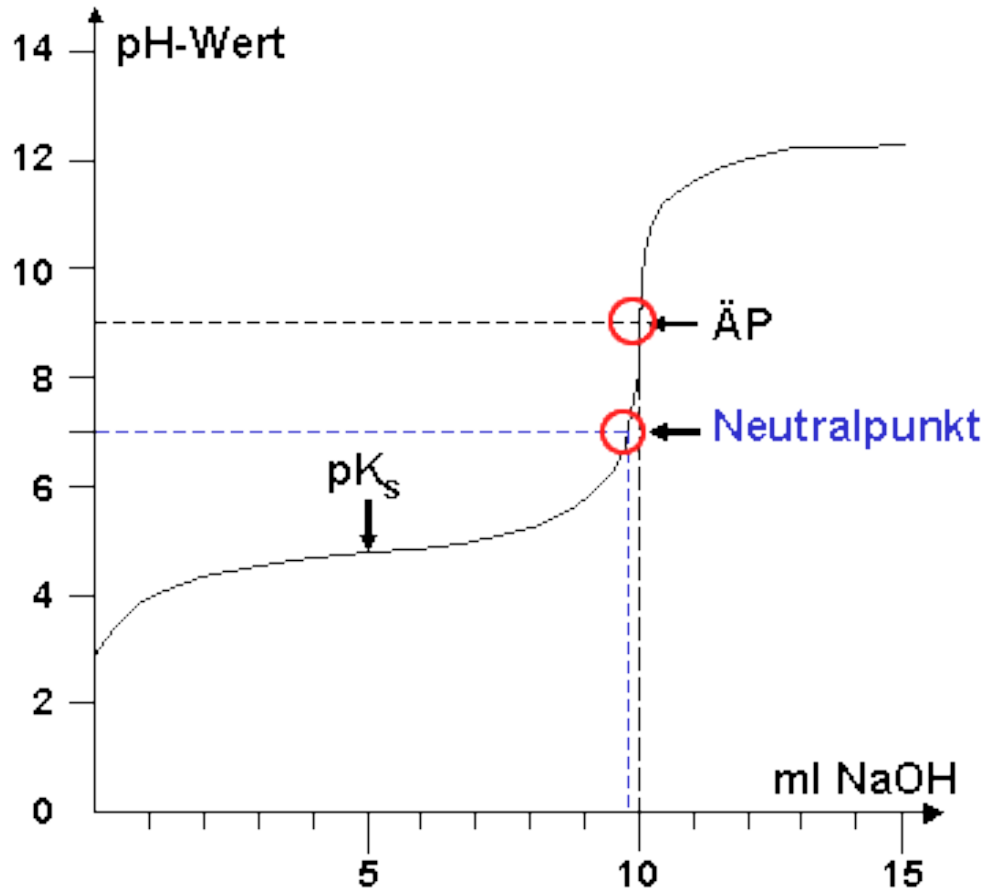
1. Salzsäure mit Natronlauge
2. Ethansäure mit Natronlauge

Titration einer starken Säure mit einer starken Base (hier: Salzsäure titriert mit Natronlauge)



Quelle: https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/saeuren/stark_titration.html
Nutzung mit freundlicher Genehmigung Prof. Dr. Johann Gasteiger, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base (hier: Essigsäure titriert mit Natronlauge)



Quelle: https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/saeuren/schwach_titration.html
Nutzung mit freundlicher Genehmigung Prof. Dr. Johann Gasteiger, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Fragen zur Titrationskurve einer schwachen Säure

Unter Berücksichtigung folgender Informationen sind nachfolgende Fragen zu diskutieren:

Hintergrundinformation 1: Funktionsweise einer pH -Puffer-Lösung

Hintergrundinformation 2: pH -Werte von Salzlösungen (s. auch Buch S. 96)

1. Wieso beginnt die Titrationskurve bei einem höheren pH -Wert als bei der Titrationskurve einer starken Säure?
2. Weshalb hat die Kurve im Bereich $pH = pKS$ einen zweiten Wendepunkt (neben dem Äquivalenzpunkt?)
3. Weshalb liegt der Äquivalenzpunkt im leicht alkalischen und fällt nicht wie bei der Titration einer starken Säure mit dem Neutralpunkt zusammen?
4. Weshalb ist der Kurvenverlauf nach Überschreiten des Äquivalenzpunktes identisch mit der Titrationskurve einer starken Säure?

zu Frage 3) (I)

Titration einer Säure mit einer Base bedeutet:

$n(H_3O^+)$ in der zu messenden Lösung ist gesucht

$n(OH^-)$ wird durch Titration aus der Bürette zugegeben

Äquivalenzpunkt bei einer solchen Titration bedeutet:

$n(H_3O^+)$ [in der zu messenden Lösung] = $n(OH^-)$ [aus der Bürette zugegeben]

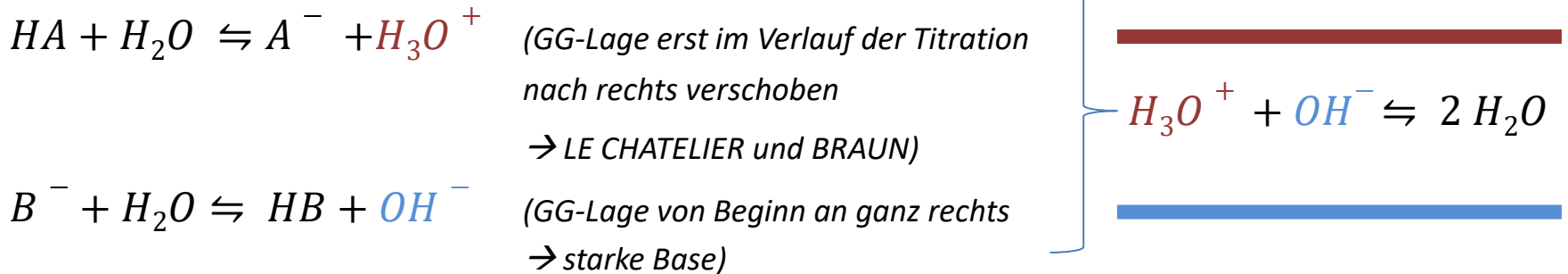
Wenn es nur diese beiden „Quellen“ für Oxonium- bzw. Hydroxidionen gibt, bedeutet dies gemäß dem Ionenprodukt des Wassers, dass der Äquivalenzpunkt am Neutralpunkt sein muss, da hier gilt:

$$c(H_3O^+) = c(OH^-) = 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Dies ist bei starken Säuren, die mit einer starken Base titriert werden so der Fall, da die Zahl der Oxoniumionen bzw. Hydroxidionen aus dem Ionenprodukt des Wassers vernachlässigbar klein sind.

zu Frage 3) (II)

Bei der Titration findet folgende Neutralisationsreaktion der Oxoniumionen der schwachen Säure HA und der Hydroxidionen der starken Base B⁻ statt:



Da es sich bei der zu bestimmenden Säure (HA) um eine schwache Säure handelt, ist folgendes zu beachten:

Die korrespondierende Base (A⁻) der schwachen Säure (HA) ist eine merklich starke Base, die mit Wasser zusammen eine Säure-Base-Reaktion eingehen, d.h. Hydroxidionen bilden kann:



zu Frage 3) (III)

Da im Verlauf der Titration immer mehr A^- gebildet wird, steigt auch der Anteil der zusätzlich gebildeten OH^- -Ionen.

Dies hat für den Titrationsverlauf folgende Konsequenz:

Eigentlich soll der Stoffmengenanteil an Oxoniumionen durch Neutralisation mit den zutitrierten Hydroxidionen bestimmt werden:



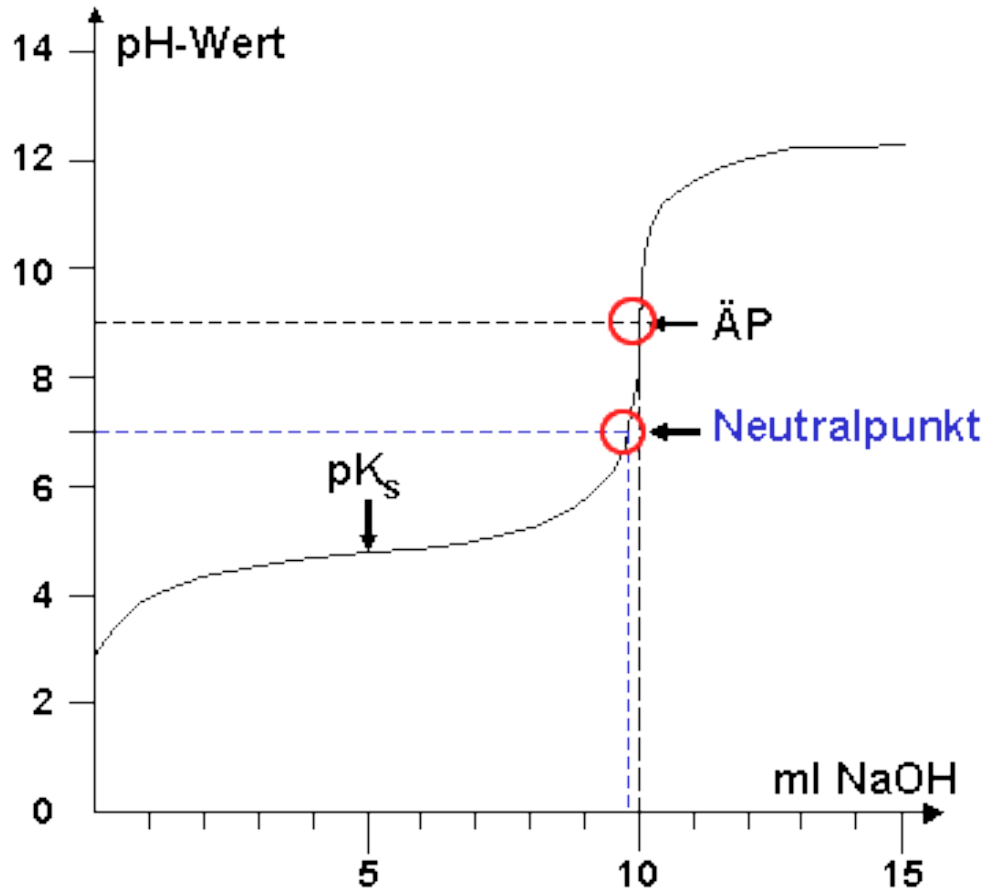
Dies wird nun aber gestört, da aus o.g. Grund **zusätzliche Hydroxidionen** entstanden sind, d.h. der Neutralpunkt wird viel früher erreicht:



Um den richtigen Äquivalenzpunkt zu bestimmen, muss also weiter titriert werden, d.h. der Äquivalenzpunkt liegt im Alkalischen.



Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base (hier: Essigsäure titriert mit Natronlauge)



Quelle: https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/saeuren/schwach_titration.html
Nutzung mit freundlicher Genehmigung Prof. Dr. Johann Gasteiger, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Durchführung in der Praxis

Verwendung eines geeigneten Indikators zur schnellen Bestimmung des Äquivalenzpunktes („Umschlagpunkt des Indikators“).

Man titriert nur bis zum Äquivalenz- bzw. Umschlagpunkt.

Vorgaben:

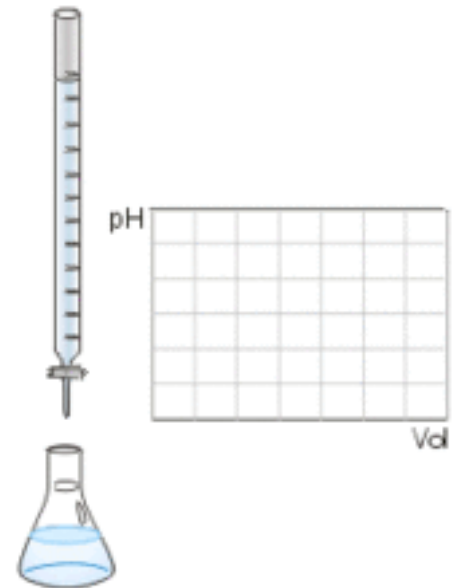
- Stoffmengenkonzentration der zuzutropfenden Maßlösung
- Volumen der Probe mit unbekannter Stoffmengenk

Messung:

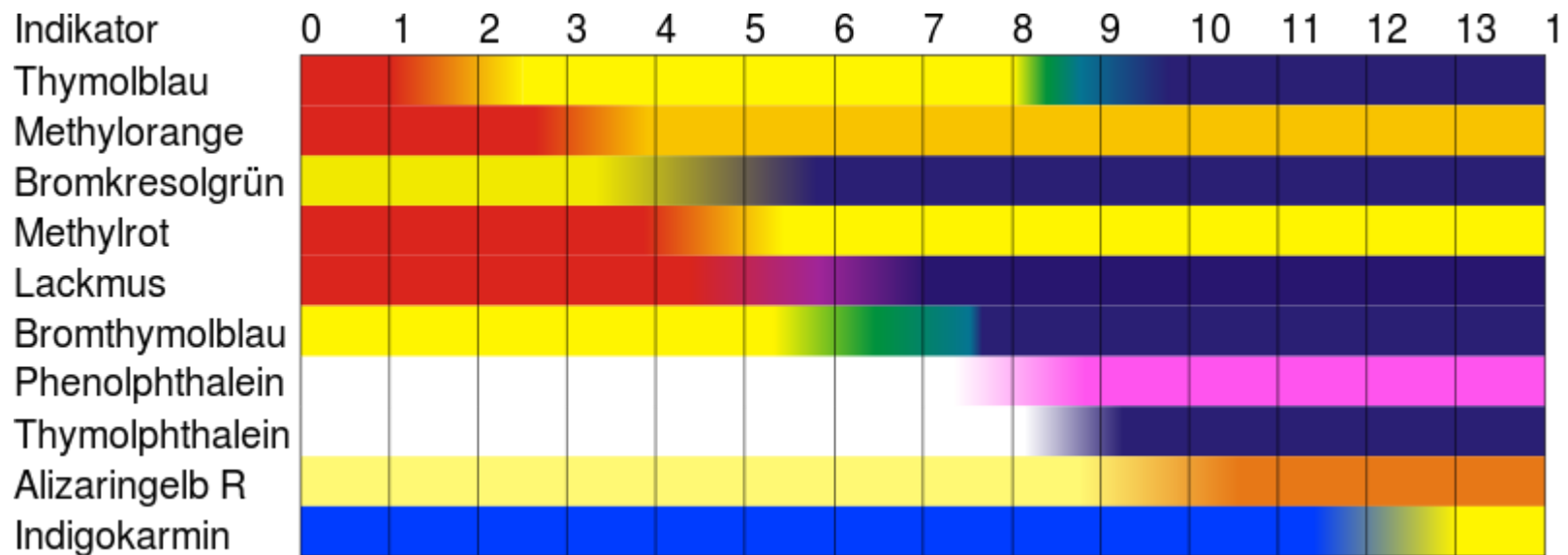
- Volumen der zugetropften Maßlösung
- Ermittlung durch Notieren des Start- und Endwertes auf der Bürette

Berechnung:

- Stoffmengenkonzentration der Probe



Umschlagbereiche verschiedener Indikatoren



Quelle: (gemeinfrei) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/S%C3%A4uren_und_Laugen_-_Farbspektrum_verschiedener_Indikatoren.svg

Titration einer Ethansäureprobe mit Natronlauge

- $V(\text{CH}_3\text{COOH (aq)}) = 10 \text{ mL}$ (bekommen Sie von mir)
- $c(\text{NaOH}) = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ (befindet sich bereits in der Bürette)
- Indikator: Phenolphthalein (3 Tropfen)

AUFGABE:

Bestimmen Sie die Stoffmengenkonzentration $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ der Ethansäureprobe.

Auswerteformel für die Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base

Am **Äquivalenzpunkt** der Titration (**nicht am Neutralpunkt!**) gilt analog zur Titration einer starken Säure/Base:

$$n(\text{Probe}) = n(\text{Maßlösung})$$

mit $c = \frac{n}{V}$ bzw. $n = V \cdot c$ gilt:

$$c(\text{Probe}) = \frac{V(\text{Maßlösung}) \cdot c(\text{Maßlösung})}{V(\text{Probe})}$$

z. B.: Titration von Ethansäure mit Natronlauge

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH})}{V(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{20 \text{ mL} \cdot 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{100 \text{ mL}} = 0,04 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$