

ANALYSENBERECHNUNG TITRATION I

- 1) Vorlage: HCl; V = 25 ml; c = 0,1 mol/l; t = 1,012
Verbrauch: NaOH; V = 25,4 ml; c = 0,1 mol/l
Gesucht: Titer der Natronlauge
- 2) Vorlage: HCl; V = 20 ml
Verbrauch: NaOH; V = 32,1 ml; c = 0,1 mol/l; t = 0,975
Gesucht: Stoffmengenkonzentration der Salzsäure
- 3) Vorlage: HCl; V = 20 ml; c = 0,2 mol/l
Verbrauch: NaOH; V = 38,8 ml; c = 0,1 mol/l; t = 0,964
Gesucht: Titer der Salzsäure
- 4) Vorlage: H₂SO₄; V = 25 ml
Verbrauch: NaOH; V = 32,1 ml; c = 0,1 mol/l; t = 0,985
Gesucht: Stoffmengenkonzentration der Schwefelsäure
- 5) Vorlage: H₂SO₄; V = 20 ml; c = 0,1 mol/l; t = 1,027
Verbrauch: NaOH; V = 41,4 ml; c = 0,1 mol/l
Gesucht: Titer der Natronlauge
- 6) Vorlage: H₂SO₄; V = 20 ml; c = 0,2 mol/l
Verbrauch: NaOH; V = 41,1 ml; c = 0,2 mol/l; t = 0,992
Gesucht: Titer der Schwefelsäure
- 7) Vorlage: H₃PO₄; V = 10 ml; c = 0,25 mol/l
Verbrauch: NaOH; V = 24,7 ml; c = 0,2 mol/l; t = 0,995
Gesucht: Titer der Phosphorsäure; durch Wahl des Indikators wurde auf die 2. Stufe der Dissoziation titriert.

1) $c_1 \cdot t_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot t_2 \cdot V_2 \Rightarrow c_{\text{NaOH}} \cdot t_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = c_{\text{HCl}} \cdot t_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}$
Diese Gleichung wird nach der gesuchten Größe aufgelöst.

$$t_{\text{NaOH}} = c_{\text{HCl}} \cdot t_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} / (c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}})$$

$$t_{\text{NaOH}} = 0,1 \cdot 1,012 \cdot 25 / (0,1 \cdot 25,4) = \mathbf{0,996}$$

2) $c_{\text{HCl}} = 0,1 \cdot 0,975 \cdot 32,1 / 20 = \mathbf{0,156 \text{ mol/l}}$

Für die Konzentration einer "unbekannten" Lösung wird der Titer 1 eingesetzt oder das Produkt c·t wird zu einer unbekanntem Konzentration c zusammengefasst.

3) $t_{\text{HCl}} = 0,1 \cdot 0,964 \cdot 38,8 / (0,2 \cdot 20) = \mathbf{0,935}$

4) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \dots$ also: $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{NaOH} = 1 : 2$

$$\frac{\text{H}_2\text{SO}_4}{\text{NaOH}} = \frac{1}{2} = \frac{c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot t(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)}{c(\text{NaOH}) \cdot t(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}$$

Bei der Auflösung der Gleichung nach $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ ist der Faktor $\frac{1}{2}$ zu beachten!

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 0,985 \cdot 32,1 / (2 \cdot 25) = \mathbf{0,0632 \text{ mol/l}}$$

Für die Konzentration einer "unbekannten" Lösung wird der Titer 1 eingesetzt oder das Produkt c·t wird zu einer unbekanntem Konzentration c zusammengefasst.

5) $t_{\text{NaOH}} = 0,1 \cdot 1,027 \cdot 20 \cdot 2 / (0,1 \cdot 41,4) = \mathbf{0,992}$

6) $t(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \cdot 0,992 \cdot 41,1 / (2 \cdot 0,2 \cdot 20) = \mathbf{1,019}$

7) In der 2. Stufe ist die Neutralisation $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{HPO}_4$

Das Verhältnis $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{NaOH}$ ist damit 1 : 2

$$t(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2 \cdot 0,995 \cdot 24,7 / (2 \cdot 0,25 \cdot 10) = \mathbf{0,983}$$

ANALYSENBERECHNUNG TITRATION II

1) Berechnen Sie mit dem tabellierten MAF: Von 200 ml einer Analysenlösung (H_2SO_4) werden 25 ml mit NaOH , $c = 0,1 \text{ mol/l}$, $t = 0,997$ titriert; Verbrauch: 23,45 ml.

Gesucht:

- a) Masse an H_2SO_4 in der titrierten Lösung (aliquoter Teil 25 ml);
- b) Masse an H_2SO_4 in der gesamten Analysenlösung (200 ml).
- 2) 250 ml Analysenlösung (HCl) liegen vor. 50 ml davon werden titriert, der Verbrauch an NaOH , $c = 0,1 \text{ mol/l}$, $t = 0,987$ ist 21,57 ml. Gesucht:
 - a) Stoffmengenkonzentration der Analysenlösung, in mmol/l ;
 - b) Masse an HCl in der Analysenlösung, in mg.
- 3) 250 ml Analysenlösung (H_2SO_4) liegen vor. 50 ml davon werden titriert, der Verbrauch an NaOH , $c = 0,1 \text{ mol/l}$, $t = 0,979$ ist 30,28 ml. Gesucht:
 - a) Stoffmengenkonzentration der Analysenlösung, in mmol/l ;
 - b) Masse an H_2SO_4 in der Analysenlösung, in mg.
- 4) Bei anderen Konzentrationen muss der MAF geeignet umgerechnet werden. Eventuell muss ein nicht tabellierter MAF selbst ermittelt werden. Fragen bzw. Gesucht:
 - a) MAF für Essigsäure mit 0,25 M NaOH ; ($M \equiv \text{mol/l}$).
 - b) MAF für P mit 0,1 M NaOH (als H_3PO_4 , Indikator Methylorange - 1. Stufe titriert)
 - c) MAF für S mit 0,2 M NaOH (als H_2SO_4)
 - d) Warum haben KOH und NaOH denselben MAF für HCl ?
 - e) Warum sind für H_3PO_4 zwei verschiedene MAF (je nach dem Indikator) tabelliert?
 - f) Warum berücksichtigt man im MAF nicht den Titer der Lösung?

1) Tabelliert ist: $\text{MAF} = 4,9037$; d.h. 1 ml 0,1 M NaOH , $c = 0,1 \text{ mol/l}$, entspricht 4,9037 mg H_2SO_4 . In der Tabelle steht 0,1 N (Normalität); für 1-wertige Säuren/Basen ist die Normalität gleich der Molarität ($M = \text{Stoffmengenkonzentration in mol/l}$).

a) Titrierte Menge: $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,9037 \cdot 23,45 \cdot 0,997 = \mathbf{114,6 \text{ mg H}_2\text{SO}_4}$.

b) Gesamte Lösung: $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,9037 \cdot 23,45 \cdot 0,997 \cdot (200/25) = \mathbf{917,2 \text{ mg H}_2\text{SO}_4}$.

2a) $c(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 0,987 \cdot 21,57 / 50 = 0,04258 \text{ mol/l} = \mathbf{42,58 \text{ mmol/l}}$

2b) $\text{MAF} = 3,6461$; $m(\text{HCl}) = 3,6461 \cdot 21,57 \cdot 0,987 \cdot 5$ (a.T. 50 von 250) = **388,1 mg**

(Kontrolle: 42,58 mmol in 1 l \Rightarrow 10,65 mmol in 250 ml; $M = 36,461 \text{ g/mol}$; $m = 388,1 \text{ mg}$)
BEACHTEN: Bei der Berechnung der Stoffmengenkonzentration spielt das Verhältnis titriertes Volumen zur Gesamtmenge Analysenlösung keine Rolle, da verschiedene Volumina einer Lösung stets die gleiche Konzentration besitzen! Bei der Berechnung der Gesamtmasse ist der a.T. natürlich in der Rechnung zu berücksichtigen!

3a) $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 0,979 \cdot 30,28 / (50 \cdot 2) = 0,02964 \text{ mol/l} = \mathbf{29,64 \text{ mmol/l}}$

3b) $\text{MAF} = 4,9037$; $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,9037 \cdot 30,28 \cdot 0,979 \cdot 5 = \mathbf{726,8 \text{ mg}}$

(Kontrolle: 29,64 mmol in 1 l \Rightarrow 7,41 mmol in 250 ml = ($M = 98,07$)=726,8)

4a) tabelliert für 0,1 M NaOH : $\text{MAF} = 6,0052 \text{ mg CH}_3\text{COOH} / \text{ml NaOH}$

für 0,25 M NaOH reagiert 2,5-mal (= 0,25 / 0,1) mehr Essigsäure; $\text{MAF} = \mathbf{15,013 \text{ mg}}$

4b) eine Umsatzberechnung ist nötig.

1 ml NaOH , $c = 0,1 \text{ mol/l}$, enthält 0,1 mmol OH^- ; damit reagieren bis zum Äquivalenzpunkt 0,1 mmol H_3PO_4 , weil für Methylorange nur die erste Stufe der Dissoziation erfasst wird. $\text{MAF} = 0,1 \text{ mmol H}_3\text{PO}_4 \equiv 0,1 \text{ mmol P} = \mathbf{3,0974 \text{ mg}}$

4c) 1 ml NaOH , $c = 0,2 \text{ mol/l}$ enthält 0,2 mmol OH^- ; 1 mol NaOH reagiert mit $\frac{1}{2}$ mol H_2SO_4 ; 0,2 mmol OH^- reagieren mit 1 mmol $\text{H}_2\text{SO}_4 \equiv 1 \text{ mmol S}$; $\text{MAF} = \mathbf{3,206 \text{ mg}}$.

4d) 1 ml NaOH und 1 ml KOH enthalten gleiche Stoffmengen an OH^- ; dieses Ion reagiert in der Neutralisationsreaktion, das Kation der Lauge spielt keine Rolle bei der Berechnung der Stoffmenge des reagierenden Teilchens. ($\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$)

4e) **Je nach** dem pH-Bereich, in dem der **Indikatorumschlag** liegt, reagiert H_3PO_4 in erster Stufe zu H_2PO_4^- oder in zwei Stufen zu HPO_4^{2-} .

4f) Weil es unpraktisch ist! Einfacher ist **ein** MAF für den **chemischen** Zusammenhang.