

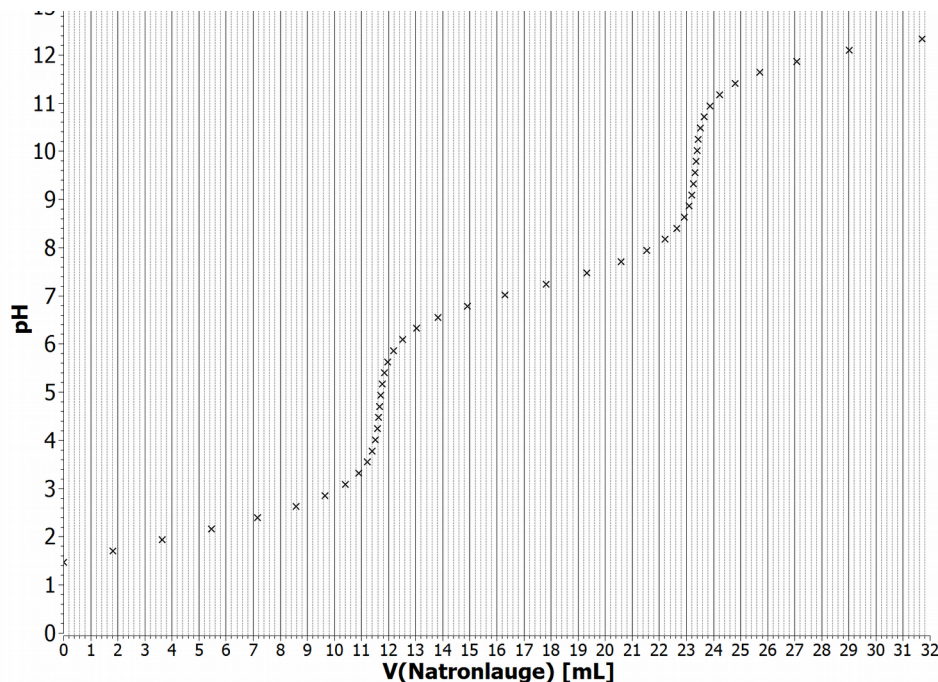
## 1. Einfachere Aufgaben ohne pH-Kurvenverläufe – einfache Umsatzberechnungen

- 1.1** Eine Maßlösung hat eine angestrebte Stoffmengenkonzentration  $\tilde{c}(HCl) = 1 \text{ mol/L}$ , der Titer beträgt  $t = 0,995$ . Wie groß ist die tatsächliche Stoffmengenkonzentration  $c(HCl)$ ?
- 1.2** 30,0 mL einer Schwefelsäureprobe werden durch 22,2 mL Natronlauge-Maßlösung der Konzentration  $\tilde{c}(NaOH) = 0,1 \text{ mol/L}$  ( $t = 1,0152$ ) neutralisiert. Welche Masse an Schwefelsäure ist in der Probe enthalten?
- 1.3** Bei der Titration von 40,0 mL Natronlauge wurden 19,2 mL Schwefelsäure-Maßlösung  $c(H_2SO_4) = 0,5 \text{ mol/L}$  verbraucht. Welche Masse an NaOH enthielt die Natronlaugeprobe?
- 1.4** 50 mL Abfall-Salzsäure verbrauchen zur Neutralisation 16,80 mL Natronlauge-Maßlösung der Konzentration von ca.  $\tilde{c}(NaOH) = 0,1 \text{ mol/L}$  ( $t = 1,026$ ). Welche Masse ist in 650 m<sup>3</sup> Abfallsäure gelöst?
- 1.5** 10 mL einer Kalilauge werden auf 100 mL verdünnt. 25,0 mL dieser Stammlösung verbrauchen zur Neutralisation 29,4 mL Schwefelsäure-Maßlösung ( $\tilde{c}(H_2SO_4) = 0,05 \text{ mol/L}$ ,  $t = 0,997$ ). Wie groß ist die Konzentration der untersuchten Lauge?
- 1.6** Welchen Titer hat eine Natronlauge-Maßlösung  $\tilde{c}(NaOH) = 0,1 \text{ mol/L}$ , wenn 25,0 mL davon bei der Titration 25,2 mL Salzsäure-Maßlösung mit  $\tilde{c}(HCl) = 0,1 \text{ mol/L}$  ( $t = 0,989$ ) verbrauchen?
- 1.7** 25,0 mL Soda-Lösung ( $Na_2CO_{3(aq)}$ ) werden mit demin. Wasser zu 250 mL Stammlösung aufgefüllt. 20 mL der Stammlösung verbrauchen bis zum Äquivalenzpunkt 21,24 mL Salzsäure-Maßlösung,  $\tilde{c} = 0,1 \text{ mol/L}$ , ( $t = 1,0329$ ). Berechnen Sie die Massenkonzentration  $\beta$  ( $Na_2CO_3$ ) der Stammlösung und der Ausgangslösung.
- 1.8** Bei der Titration von 20 mL Natronlauge unbekanntem Gehalts werden 12,5 mL HCl-Maßlösung der Konzentration  $c(HCl) = 0,75 \text{ mol/L}$  verbraucht. Berechnen Sie die a) Stoffmenge NaOH b) Stoffmengenkonzentration NaOH
- 1.9** Bei der Titration von 25 mL Natronlauge werden 5,3 mL  $H_2SO_4$ -Maßlösung, der Konzentration  $c(H_2SO_4) = 0,1 \text{ mol/L}$  verbraucht. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf und Berechnen Sie die Konzentration der Natronlauge.
- 1.10** Bei der Titration von 15 mL verdünnter Schwefelsäure werden 20 mL NaOH-Maßlösung der Konzentration  $c(NaOH) = 0,1 \text{ mol/L}$  verbraucht. Berechnen Sie die Konzentration der verdünnten Schwefelsäure.
- 1.11** Bei der Titration von 30 mL Calciumhydroxidlösung  $Ca(OH)_2$  mit einer Maßlösung Salzsäure ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) werden 20 mL Salzsäure verbraucht. Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration an Calciumhydroxidlösung.
- 1.12** 4,5035 g einer Ammoniaklösung werden eingewogen und auf 250 mL verdünnt. 50 mL der Stammlösung werden mit 28,0 mL Salzsäure-Maßlösung ( $\tilde{c} = 0,1 \text{ mol/L}$ ,  $t = 0,950$ ) bis zum ÄP titriert. Berechnen Sie den Massenanteil  $w(NH_3)$  der Ausgangslösung.
- 1.13** 3,5000 g verunreinigtes KOH werden gelöst und mit demin.  $H_2O$  auf 500 mL aufgefüllt. 25,0 mL verbrauchen bei der Titration 28,35 mL Salzsäure ( $\tilde{c} = 0,1 \text{ mol/L}$ ,  $t = 0,987$ ). Welchen Massenanteil an KOH enthält der Ausgangsstoff?
- 1.14** Wegen eines Herstellungsfehlers haben 100 mL einer Schwefelsäuremaßlösung einen Titer von  $t = 1,2044$ . Aufgrund der Qualitätsvorschriften des Labors ist es wichtig, dass der Titer möglichst nahe an  $t = 1,0$  liegt. Wie muss die Lösung verdünnt werden? Warum muss der Titer auf jeden Fall danach erneut bestimmt werden?
- 1.15** Der Titer einer 1-molaren Natronlauge-Maßlösung soll mit Oxalsäure-Dihydrat ( $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) als Ursubstanz ermittelt werden.
- Begründen Sie, welche Anforderungen eine Ursubstanz erfüllen muss.
  - Berechnen Sie die einzuwiegende Masse Oxalsäure-Dihydrat, wenn der Sollverbrauch an Natronlauge bei 20,00 mL liegen soll.
  - Wie hoch ist der Titer, wenn bis zum Umschlagpunkt nur 19,2 mL Natronlauge verbraucht wurden?

## 2. Aufgaben mit pH-Titrationskurven und Indikatorwahl

2.1. Die Konzentration einer Phosphorsäurelösung soll durch Titration ermittelt werden. Es wurden 30 mL Säurelösung vorgelegt und mit Natronlauge ( $c_{\text{sol}} = 0,54 \text{ mol/L}$ ,  $t = 1,072$ ) unter Verfolgung des pH-Wertes titriert.

- Beschreiben Sie, wie sich die chemische Zusammensetzung der Lösung im Verlauf der Titration verändert und benennen Sie charakteristische Punkte. Markieren Sie diese in der Titrationskurve.
- Statt den pH-Wert während der Titration mit dem pH-Meter aufzuzeichnen, lässt sich die Titration auch mit Säure-Base-Indikatoren durchführen. Schlagen Sie mithilfe des Tabellenbuches mehrere geeignete Indikatoren vor.
- Berechnen Sie die Phosphorsäurekonzentration in mol/L.

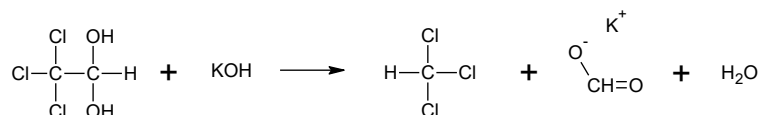


## 3. Säure-Base-Rücktitrationen

**3.1** Zur Bestimmung des Kalkgehalts wurden 5,0000 g einer Bodenprobe mit 50,00 mL Salzsäure-Maßlösung ( $c_{\text{sol}}=1,0 \text{ mol/L}$ ,  $t = 0,9716$ ) versetzt und 10 Minuten gerührt. Anschließend wurde das sich gebildete  $\text{CO}_2$  durch kurzzeitiges Kochen ausgetrieben. Nach Auffüllen auf 100 mL im Messkolben wurden 25 mL der Lösung in ein Becherglas abpipettiert und mit NaOH-Lsg ( $c_{\text{sol}}=0,1 \text{ mol/L}$ ,  $t = 1,000$ ) der HCl-Überschuss zurück titriert. Der Umschlagpunkt des Farbindikators (Bromthymolblau) war nach 26,3 mL erreicht. Berechnen Sie  $w(\text{CaCO}_3)$  in der Bodenprobe.

**3.2** Chloralhydrat (2,2,2-Trichlorethan-1,1-diol) wurde erstmals 1832 von JUSTUS VON LIEBIG hergestellt. Seine narkotischen Eigenschaften wurden 1869 in die Medizin eingeführt. Es handelt sich um das erste vollsynthetische Schlafmittel und wird auch heute noch relativ häufig verschrieben.

Zu 10,00 mL einer Probelösung werden 50 mL Kalilauge unbekannter Konzentration gegeben. Daraufhin kommt es zur Spaltung des Chloralhydrats:



Anschließend wird der KOH-Rest durch Titration mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Maßlösung ( $c_{\text{sol}} = 0,05 \text{ mol/L}$ ,  $t = 1,0803$ ) zurück titriert. Es werden bis zum Umschlagpunkt mit Bromthymolblau als Indikator 12,5 mL Schwefelsäure verbraucht.

Bei der Titration einer **Blindprobe** (statt 10 mL Probelösung wurden hier 10 mL  $\text{H}_2\text{O}$  benutzt, ansonsten gleiche Bedingungen) wurden 28,6 mL Schwefelsäurelösung verbraucht.

- Erklären Sie warum bei der Titration der Blindprobe mehr Schwefelsäure verbraucht wird, als bei der Titration der eigentlichen Probe.
- Berechnen Sie die Massenkonzentration  $\beta(\text{Chloralhydrat})$  in der Probelösung. Hinweis:  $M(\text{Chloralhydrat}) = 165,40 \text{ g/mol}$



# Musterlösungen zu Säure-Base-Titrationsen – ohne Gewähr

## Etwas Wiederholung der Theorie vorneweg

Alle Aufgaben zur Direkttitration lassen sich nach folgendem Schema einfach lösen:

1. Aufstellen der Reaktionsgleichung der Säure-Base-Reaktion
2. Berechnung der zugesetzten Stoffmenge an Maßreagenz. Zur Berechnung von  $n(\text{Maßreagenz})$  wird die Konzentration der Maßlösung  $c(\text{Maßlösung})$  und das Volumen der Maßlösung ( $V(\text{Maßlsg.})$ ) benötigt. Häufig muss noch der Korrekturfaktor  $t$  (Titer berücksichtigt werden) um die tatsächliche Konzentration zu ermitteln.
3. Ermittlung der Stoffmenge Analyt (über das Koeffizientenverhältnis der Reaktionsgleichung).
4. Je nach Aufgabenstellung weitere einfache Umrechnungen und evtl. Aliquotierung berücksichtigen.

### 1.1

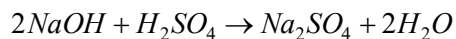
$$t = \frac{c(X)}{\tilde{c}(X)}; \quad \text{Titer} = \frac{\text{tatsächliche Stoffmengenkonzentration}}{\text{Sollkonzentration}}$$

$$c(X) = \tilde{c}(X) \cdot t$$

$$= 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,995 = 0,995 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

### 1.2

**1. Schritt:** Aufstellen der Reaktionsgleichung:



**2. Schritt:** Berechnung der zugesetzten Stoffmenge NaOH (Maßreagenz).

$$t = \frac{c(X)}{\tilde{c}(X)}; \quad \text{Titer} = \frac{\text{tatsächliche Stoffmengenkonzentration}}{\text{Nenn-Konzentration}}$$

$$c(\text{NaOH}) = \tilde{c}(\text{NaOH}) \cdot t$$

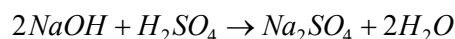
$$= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1,0152 = 0,10152 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(X) = \frac{n(X)}{V(X)} \Rightarrow n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,10152 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,0222\text{L} = 2,253744 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

**3. Schritt:** Ermittlung der Stoffmenge Analyt (über das Koeffizientenverhältnis der Reaktionsgleichung).

Aus den Koeffizienten der Reaktionsgleichung bekommt man heraus, dass pro Verbrauch von **2** NaOH-Teilchen in titrierten Lösung **1** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Teilchen vorlag.  $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$  ist also halb so groß wie  $n(\text{NaOH})$



Stoffmengenverhältnis:     **2**            **1**            1            2

$2,253744 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH}$  (Ergebnis aus 2. Schritt) reagieren mit also mit  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,126872 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .

**4. Schritt:** Umrechnung der Stoffmenge  $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$  in die Masse  $m(\text{H}_2\text{SO}_4)$

$$M(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{n(H_2SO_4)} \Rightarrow m(H_2SO_4) = M(H_2SO_4) \cdot n(H_2SO_4)$$

$$m(H_2SO_4) = 98,079 \frac{g}{mol} \cdot 1,126872 \cdot 10^{-3} mol$$

$$\approx 0,1105 g$$

$$\approx 110,5 mg$$

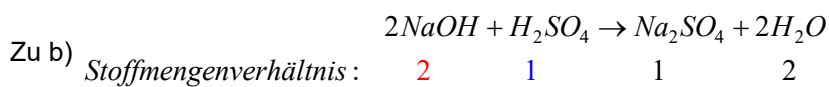
1.3

Lösungsweg 1: a) Ermittlung der verbrauchten Stoffmenge an Schwefelsäure  $n(H_2SO_4)$

b) Ermittlung der neutralisierten Stoffmenge Natriumhydroxid  $n(NaOH)$

c) Ermittlung der Masse der Natriumhydroxid  $m(NaOH)$

$$\text{Zu a) } n(H_2SO_4) = c(H_2SO_4) \cdot V(Lsg) = 0,5 \frac{mol}{L} \cdot 0,0192 L = 0,0096 mol$$



Es wird also die doppelt so viel Natronlauge neutralisiert, wie Schwefelsäure verbraucht wird.

Da  $n(H_2SO_4) = 0,0096 mol$ , folgt  $n(NaOH) = 0,0192 mol$ .

$$\text{Zu c) } m(NaOH) = M(NaOH) \cdot n(NaOH) = 39,9971 \frac{g}{mol} \cdot 0,0192 mol \approx 0,768 g \approx 768 mg$$

1.4

a) Berechnung der Konzentration  $c(NaOH)$  und der Stoffmenge  $n(NaOH)$

b) Berechnung der Stoffmenge  $n(HCl)$

c) Berechnung der Masse  $m(HCl)$

Zu a)

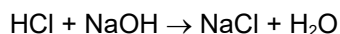
$$c(NaOH) = \tilde{c}(NaOH) \cdot t$$

$$= 0,1 \frac{mol}{L} \cdot 1,026 = 0,1026 \frac{mol}{L}$$

$$c(X) = \frac{n(X)}{V(X)} \Rightarrow n(NaOH) = c(NaOH) \cdot V(NaOH)$$

$$n(NaOH) = 0,1026 \frac{mol}{L} \cdot 0,0168 L = 1,72368 \cdot 10^{-3} mol$$

Zu b)



$1,72368 \cdot 10^{-3} mol$  NaOH können  $1,72368 \cdot 10^{-3} mol$  HCl neutralisieren.

Zu c)

$$m(HCl) = M(HCl) \cdot n(HCl) = 36,4606 \frac{g}{mol} \cdot 1,72368 \cdot 10^{-3} mol = 0,062847 g$$

$$\frac{0,062847 g}{0,050 L} = \frac{x}{650000 L} \Rightarrow x = 817003 g = 817,003 kg$$

1.5

a) Berechnung von  $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$  und dann  $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$

b) Ermittlung von  $n(\text{KOH})$

c) Berechnung der Konzentration  $c(\text{KOH})$  in der konzentrierten Lösung.

Zu a)

$$\begin{aligned}c(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \tilde{c}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot t \\ &= 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,997 = 0,04985 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\ c(X) &= \frac{n(X)}{V(X)} \Rightarrow n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) \\ n(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 0,04985 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,0294\text{L} = 1,46559 \cdot 10^{-3} \text{mol}\end{aligned}$$

Zu b)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

$1,46559 \cdot 10^{-3} \text{mol H}_2\text{SO}_4$  können die doppelte Menge ( $n=2,9312 \cdot 10^{-3} \text{mol}$ )  $\text{KOH}$  neutralisieren.

100 ml verdünnte Kalilauge bzw. 10 ml konzentrierte Kalilauge enthalten  $n(\text{KOH})= 2,93118 \cdot 10^{-3} \text{mol}$ .

$$\text{Zu c) } c(\text{KOH}) = \frac{n(\text{KOH})}{V(\text{KOH})} = \frac{2,9312 \cdot 10^{-3} \text{mol}}{0,010\text{L}} = 0,293 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

1.6

a) Berechnung von  $c(\text{HCl})$  und dann  $n(\text{HCl})$

b) Ermittlung von  $n(\text{NaOH})$

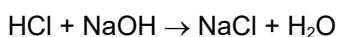
c) Berechnung von  $c(\text{NaOH})$

d) Berechnung von  $t$

Zu a)

$$\begin{aligned}c(\text{HCl}) &= \tilde{c}(\text{HCl}) \cdot t \\ &= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,989 = 0,0989 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\ n(\text{HCl}) &= c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \\ n(\text{HCl}) &= 0,0989 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,0252\text{L} = 2,49228 \cdot 10^{-3} \text{mol}\end{aligned}$$

Zu b)



$2,49228 \cdot 10^{-3} \text{mol HCl}$  können  $n(\text{NaOH})=2,49228 \cdot 10^{-3} \text{mol NaOH}$  neutralisieren.

Zu c)

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V(\text{NaOH})} = \frac{2,49228 \cdot 10^{-3} \text{mol}}{0,025\text{L}} = 0,09969 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Zu d)

$$t = \frac{c(\text{NaOH})}{\tilde{c}(\text{NaOH})} = \frac{0,09969 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,9969$$

1.7

[...]

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 116,269 \text{ mg}$$

$$m_{\text{Stamm}} = 116,269 \text{ mg} \cdot \frac{250 \text{ mL}}{20,00 \text{ mL}} = 1453,36 \text{ mg} = 1,45336 \text{ g}$$

$$\beta_{\text{Stamm}} = \frac{1,45336 \text{ g}}{250 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 5,81345 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Aliquotierfaktor: Berücksichtigt die Verdünnung (siehe Aufgabenstellung).

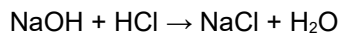
$$\beta_{\text{Ausgangslsg}} = \frac{1,31824 \text{ g}}{25 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 58,1345 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

1.8

#### Berechnung der zugegebenen HCl-Stoffmenge

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,75 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,0125 \text{ L} = 0,009375 \text{ mol}$$

#### Angabe von n(NaOH) – über Koeffizientenverhältnis



Wegen dem 1:1-Koeffizientenverhältnis folgt:

$$n(\text{NaOH}) = 0,009375 \text{ mol}$$

#### b) Berechnung der Konzentration

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V(\text{NaOH})} = \frac{0,009375 \text{ mol}}{0,02 \text{ L}} \approx 0,4688 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

1.9

[...]

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V(\text{NaOH})} = \frac{1,06 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{25 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 0,0424 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

1.10

[...]

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{0,001 \text{ mol}}{0,015 \text{ L}} \approx 0,0667 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

1.11



Analyt            Maßsubstanz

$$n_{\text{VL}}(\text{Ca(OH)}_2) = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot \frac{1}{2} = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1 \text{ mmol} / 30 \text{ mL} = 0,033 \text{ mol/L}$$

1.12

[...]

$$w(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{Lsg})} = \frac{226,5123 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{4,5035 \text{ g}} = 0,0503 = 5,03\%$$

1.13

**1 HCl**

**+**

**1 NaOH**

**→ NaCl + H<sub>2</sub>O**

$$n(\text{HCl}_{\text{aq}}) = c \cdot V \cdot t = 0,00798145 \text{ mol}$$

aus 1:1-Koeffizientenverhältnis folgt:

$$n(\text{NaOH}) = 0,00798145 \text{ mol}$$

Berücksichtigung Aliquotierung

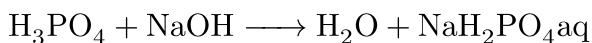
$$n_{\text{gesamt}} = \frac{500 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} \cdot n = 0,0559629 \text{ mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = M \cdot n \approx 2,2383 \text{ g}$$

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m_{\text{gesamt}}} \approx \frac{2,2383 \text{ g}}{3,500 \text{ g}} \approx 0,640 \quad (64,0\%)$$

2.1

a) Bis zum ersten pH-Sprung wird die erste Protolysestufe titriert:



Der Äquivalenzsprung liegt in der Mitte des pH-Sprungs, also bei ca. 11,7 mL NaOH-Zugabe.

Bis zum zweiten Äquivalenzpunkt (bei dem doppelten Volumen des 1. ÄP, also ca. 23,5 mL) wird dann die zweite Protolysestufe titriert.



b) [siehe Unterricht]

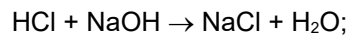
c) [siehe Unterricht]

3.1

**1.:** Zuerst muss durch das Ergebnis der Titration berechnet werden, wie viel HCl, nach der Abreaktion mit  $\text{CaCO}_3$  der Bodenprobe noch vorhanden war ( $n_{\text{Rest}}$ ). **2.:** Da die anfangs zugesetzte Stoffmenge  $n_0(\text{HCl})$  aus der Aufgabenstellung berechenbar ist, kann anschließend durch Differenzbildung ausgerechnet werden, wie viel HCl bei der Reaktion mit dem  $\text{CaCO}_3$  verbraucht wurde ( $n_{\text{Verbrauch}}$ ). **3.:** Daraus lässt sich über das Koeffizientenverhältnis berechnen, wie viel  $\text{CaCO}_3$  vorgelegen haben muss. Zum Schluss wird in die Masse  $m(\text{CaCO}_3)$  umgerechnet und der Massenanteil  $w(\text{CaCO}_3)$  berechnet.



Zu 1:



$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,1000 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,0263\text{L} = 0,00263\text{mol}$$

Aus dem 1:1-Koeffizientenverhältnis folgt:  $n_{\text{Rest}}(\text{HCl}) = 0,0263 \text{ mol}$  (in 25 mL der Lösung).

Berücksichtigung der Aliquotierung/Hochrechnung auf 100 mL Probelösung:

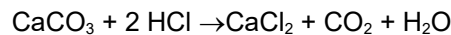
$$n_{\text{Rest}}(\text{HCl}) = \frac{100\text{mL}}{25\text{mL}} \cdot 0,00263\text{mol} = 0,01052\text{mol}$$

Zu 2:

$$n_0(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot t \cdot V(\text{Lsg}) = 1,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,9716 \cdot 0,05\text{L} = 0,04858\text{mol}$$

$$n_{\text{Verbrauch}}(\text{HCl}) = n_0(\text{HCl}) - n_{\text{Rest}}(\text{HCl}) = 0,04858\text{mol} - 0,01052\text{mol} = 0,03806\text{mol}$$

Zu 3:



Aus dem 2:1-Koeffizientenverhältnis folgt: Es muss halb so viel  $\text{CaCO}_3$  vorgelegen haben, wie HCl verbraucht wurde.

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{n_{\text{Verbrauch}}(\text{HCl})}{2} = \frac{0,03806\text{mol}}{2} = 0,01903\text{mol}$$

$$\text{Zu 4: } m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 0,01903\text{mol} \cdot 100,087 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 1,9047\text{g}$$

$$w(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{m_{\text{gesamt}}} = \frac{1,9047\text{g}}{5\text{g}} \approx 0,381$$

## 3.2

28,6 mL – 12,5 mL = 16,1 mL des Schwefelsäure-Verbrauchs sind indirekt auf die Spaltung von Chloralhydrat zurückzuführen: Die KOH-Stoffmenge die dieser Schwefelsäure-Stoffmenge entspricht, wurde benutzt um Chloralhydrat zu spalten.

In 16,1 mL Schwefelsäure-Lsg sind  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot t \cdot V(\text{Lsg}) = 0,05 \text{ mol/L} \cdot 1,0803 \cdot 0,0161\text{L} = 0,0008696415 \text{ mol}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  enthalten. Aus dem 2:1-Koeffizientenverhältnis der Titration ( $2 \text{ KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$ ) folgt, dass  $n_{\text{Verbrauch}}(\text{KOH}) = 0,00173928 \text{ mol}$  KOH verbraucht wurden, um Chloralhydrat zu spalten. Aus dem 1:1-Koeffizientenverhältnis der Chloralhydratspaltung (*Reaktionsgleichung : siehe Aufgabenstellung*) folgt:  $n(\text{Chloralhydrat}) = 0,00173928 \text{ mol}$ . Die Umrechnung in die Masse liefert:  $m(\text{Chloralhydrat}) = n(\text{Chloralhydrat}) \cdot M(\text{Chloralhydrat}) = 0,00173928 \text{ mol} \cdot 165,40 \text{ g/mol} \approx 0,2877 \text{ g}$ . Damit folgt  $\beta(\text{Chloralhydrat}) = m(\text{Chloralhydrat}) / V(\text{Lsg}) = 0,2877 \text{ g} / 0,01 \text{ L} = 28,76 \text{ g/L}$