

Säure-Base-Rücktitrationen und Redox titrationen

1. Säure-Base-Rücktitrationen

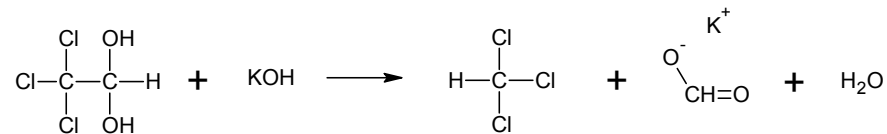
1.1. Kalkgehaltbestimmung in einer Bodenprobe

Zur Bestimmung des Kalkgehalts wurden 5,0000 g einer Bodenprobe mit 50,00 mL Salzsäure-Maßlösung ($c_{\text{soll}}=1,0 \text{ mol/L}$, $t = 0,9716$) versetzt und 10 Minuten gerührt. Anschließend wurde das sich gebildete 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 ($c_{\text{soll}}=0,1 \text{ mol/L}$, $t = 1,000$) 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.

1.2. Bestimmung von Chloralhydrat

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 (genauer Gehalt unbekannt, ungefähr 0,1 mol/L) gegeben. Daraufhin kommt es zur Spaltung des Chloralhydrats:



Anschließend wird der KOH-Rest durch Titration mit H_2SO_4 -Maßlösung ($c_{\text{soll}} = 0,05 \text{ mol/L}$, $t = 1,0803$) zurück titriert. Es werden bis zum Umschlagpunkt mit Bromthymolblau 28,6 mL Schwefelsäure verbraucht.

Bei der Titration einer **Blindprobe** (statt Probelösung wird hier H_2O benutzt) verbraucht unter den gleichen Bedingungen 12,5 mL Schwefelsäurelösung.

Berechnen Sie die Massenkonzentration $\beta(\text{Chloralhydrat})$ in der Probelösung. Hinweis: $M(\text{Chloralhydrat}) = 165,40 \text{ g/mol}$

Weitere Aufgaben: S. 257, 1-4

2. Redox-Titrationen (mit gegebenen Reaktionsgleichungen)

2.1. Manganometrie

120,0 mg Oxalsäure-Dihydrat $(\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ verbrauchen bis zum Äquivalenzpunkt 20,15 mL KMnO_4 -Maßlösung ($c_{\text{soll}} = 0,02 \text{ mol/L}$). Berechnen Sie die genaue Konzentration der Maßlösung. Geben Sie auch eine wahrscheinliche Sollkonzentration und den dazugehörigen Titer an.

Hinweis: Redox-Reaktion: $2 \text{KMnO}_4 (\text{aq}) + 5 (\text{COOH})_2 (\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 (\text{aq}) + 8 \text{H}_2\text{O} + 10 \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{K}_2\text{SO}_4 (\text{aq})$

Ergebnisse (ohne Gewähr) - ausführliche Rechenwege unter www.laborberufe.de

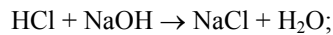
1.1. $w = 0,381$, 1.2. $\beta = 28,77 \text{ g/L}$, 2.1. $c = 0,01890 \text{ mol/L}$, $t = 0,9448$

Lösungen – wie immer ohne Gewähr

1.1.

1.: Zuerst muss durch das Ergebnis der Titration berechnet werden, wie viel HCl, nach der Abreaktion mit CaCO_3 der Bodenprobe noch vorhanden war (n_{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 CaCO_3 verbraucht wurde ($n_{\text{Verbrauch}}$). 3.: Daraus lässt sich über das Koeffizientenverhältnis berechnen, wie viel 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:

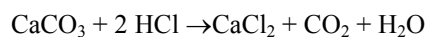
$$n_{\text{Rest}}(\text{HCl}) = \frac{100 \text{mL}}{25 \text{mL}} \cdot 0,00263 \text{mol} = 0,01052 \text{mol}$$

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 CaCO_3 vorgelegen haben, wie HCl verbraucht wurde.

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

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

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

1.2.

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 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot t \cdot V(\text{Lsg}) = 0,05 \text{ mol/L} \cdot 1,0803 \cdot 0,0161 \text{L} = 0,0008696415 \text{ mol}$ H_2SO_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 $\beta(\text{Chloralhydrat}) = m(\text{Chloralhydrat}) / V(\text{Lsg}) = 0,2877 \text{ g} / 0,01 \text{ L} = 28,76 \text{ g/L}$

2.1.

2.1. Manganometrie

Berechnung von $n(\text{Oxalsäure-Dihydrat})$ und $n(\text{Oxalsäure})$:

$$n(\text{Ox} - \text{Dihydrat}) = \frac{m(\text{Ox} - \text{Dihydrat})}{M(\text{Ox} - \text{Dihydrat})} = \frac{0,1200\text{g}}{126,066 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,000951882\text{mol}$$

Pro $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -Teilchen ist 1 $(\text{COOH})_2$ -Teilchen enthalten: $\Rightarrow n(\text{Oxalsäure}) \approx 0,000951882 \text{ mol}$

Berechnung von $n(\text{KMnO}_4)$ – mit Koeffizientenverhältnis (2:5)

$$n(\text{KMnO}_4) \approx 0,000380753 \text{ mol}$$

Berechnung von $c_{\text{ist}}(\text{KMnO}_4)$

$$c(\text{KMnO}_4) = \frac{n(\text{KMnO}_4)}{V(\text{Lsg})} \approx \frac{0,000380753\text{mol}}{0,02015\text{L}} \approx 0,01890 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Wahrscheinliche C_{soll} -Konzentration sollte eine „glatte“ Konzentration sein, und nahe der Ist-Konzentration liegen. \Rightarrow

$$c_{\text{soll}} = 0,02 \text{ mol/L} \Rightarrow t = \frac{c_{\text{ist}}(\text{KMnO}_4)}{c_{\text{soll}}(\text{KMnO}_4)} \approx \frac{0,01890 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{0,02 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \approx 0,9448$$