

2.8 Redoxreaktionen

Eine Redoxreaktion ist eine chemische Reaktion, bei der ein Reaktionspartner Elektronen auf den anderen überträgt. Bei einer solchen Elektronenübertragungs-Reaktion finden also eine Elektronenabgabe (Oxidation) durch einen Stoff sowie eine Elektronenaufnahme (Reduktion) statt.

Viele Stoffwechsel- und Verbrennungsvorgänge, technische Produktionsprozesse und Nachweisreaktionen basieren auf solchen Elektronenübertragungs-Reaktionen.

- Wissen**
- ⊕ Beim Aufstellen der Redoxgleichung betrachtet man zuerst die beiden beteiligten Redoxpaare und stellt die Teilgleichungen für Oxidation und Reduktion auf. Da die Anzahl der von einem Reaktionspartner abgegebenen Elektronen selten direkt mit der vom anderen Reaktionspartner aufgenommenen Anzahl an Elektronen übereinstimmt, müssen die Teilgleichungen entsprechend vervielfacht werden.
 - ⊕ Nach dem Multiplizieren der Teilgleichungen mit geeigneten Faktoren kann die Gesamtgleichung für die Elektronenübertragung entwickelt werden. Anschließend wird die Bruttogleichung einschließlich aller nicht an der Reaktion beteiligten Gegenionen aufgestellt.
 - ⊕ Bei der experimentellen Auswertung von Redoxreaktionen lassen sich oft charakteristische Farbänderungen beobachten, die auf den Wechsel der Oxidationsstufen zurückzuführen sind.

Beispiele:

Oxidationsstufe	Farbe: Mangan	Farbe: Chrom
+II	rosa (in verdünnter Lösung farblos)	–
+III	braun	grün
+IV	braun	–
+V	blau	–
+VI	grün	gelb (Chromat); orange (Dichromat)
+VII	violett	–

- A**
1. Stellen Sie für folgende Reaktionen in saurer Lösung die Gleichungen auf:
 - a) Kaliumpermanganat-Lösung mit Kaliumiodid-Lösung
 - b) Kaliumpermanganat-Lösung mit Natriumsulfit-Lösung
 - c) Kaliumpermanganat-Lösung mit Oxalsäure
 - d) Kaliumdichromat-Lösung mit Eisen(II)-sulfat-Lösung
 - e) Kaliumdichromat-Lösung mit Methanal-Lösung
 - f) Im klassischen Alkoholprüfröhrchen reagiert Kaliumdichromat im sauren Medium mit Ethanol, was zu einer typischen Grünfärbung führt. Stellen Sie auch hierfür die Reaktionsgleichung auf.

2. a) Bestimmen Sie für folgende Reaktionen die Oxidationszahlen.
Welche Besonderheiten treten auf? Erklären Sie.
$$\text{H}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow 4\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$$
$$4\text{KClO}_3 \rightarrow 3\text{KClO}_4 + \text{KCl}$$
- b) Stellen Sie die Gleichung für die Reaktion von Chlor mit Wasser auf und ordnen Sie die Reaktion den oben genannten Beispielen zu.
Gehen Sie auf die praktische Bedeutung dieser Reaktion ein.
3. Im Labor kann man aus Kaliumpermanganat und Salzsäure kleine Mengen Chlor-Gas herstellen, wobei Mangan in die Oxidationsstufe IV übergeht.
Berechnen Sie die Masse an Kaliumpermanganat, die zur Herstellung von 5 ml Chlorgas unter Normbedingungen umgesetzt werden muss.
Welches Volumen würde das Gas bei 25 °C und 10^5 Pa einnehmen?
4. Eine Vorratsflasche mit Eisen(II)-sulfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) hat längere Zeit gestanden und wird durch manganometrische Titration auf Eisen(II)-Ionen untersucht.
Dazu löst man 0,6 g Eisen(II)-sulfat in 100 ml Wasser.
25 ml dieser Lösung verbrauchen 6,3 ml Kaliumpermanganat-Lösung,
 $c(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$.
Berechnen Sie den prozentualen Anteil an Eisen(II)-Ionen in der Probe.
5. Zum Nachweis von Stärke wird eine Iod/Kaliumiodid-Lösung mit einem Masseanteil von 0,2% Iod benötigt.
Welches Volumen an Natriumthiosulfat-Lösung $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ wird von 5 ml dieser Lösung bei der iodometrischen Titration verbraucht, wenn die Lösung genau den angegebenen Gehalt aufweist?
6. a) Wasserstoffperoxid kann mit Kaliumpermanganat und mit Kaliumiodid reagieren.
Nutzen Sie zur Erklärung der unterschiedlichen Reaktionsmöglichkeiten Reaktionsgleichungen.
- b) Warum kann der Gehalt an Bleichmitteln im Waschpulver quantitativ mit Kaliumpermanganat bestimmt werden?

7. In der Werbung wird oft das Produkt „Supersauber“ als wahres Wundermittel unter den Bleichmitteln auf Sauerstoffbasis angepriesen (Material M1).
In einem Werbespot wird das Produkt getestet, indem man zu einer Lösung mit „Supersauber“ Iod hinzufügt. In kurzer Zeit tritt eine Entfärbung auf.



NEU! Die Komplettlösung gegen Flecken bietet eine Lösung für alle Temperaturen und viele Gewebearten.

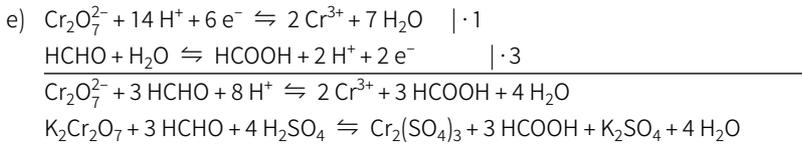
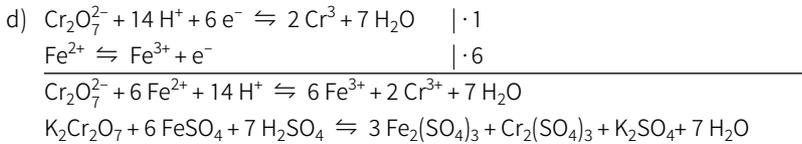
„Supersauber“ enthält eine besondere Formel, die das Produkt universell einsetzbar macht:

- entfernt kraftvoll viele Arten von Flecken
- ist für zahlreiche Gewebearten geeignet
- einsetzbar für Weiß- und Buntwäsche
- wirkt auch gegen eingetrocknete Flecken
- wirkt bei allen Temperaturen von 30 °C bis 95 °C

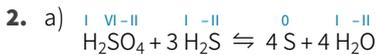
- a) Informieren Sie sich, welcher Wirkstoff in Bleichmitteln auf Sauerstoffbasis meist enthalten ist.
- b) Diskutieren Sie die Reaktion, die bei der Entfärbung auftreten kann, und stellen Sie die Reaktionsgleichung auf.
- c) Diskutieren Sie unter Verwendung des Materials und der Reaktionsgleichung, welche Probleme beim Einsatz von Bleichmitteln auftreten können.

L

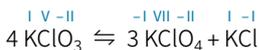
1. a)
$$\begin{array}{rcl} \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- & \rightleftharpoons & \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O} & | \cdot 2 \\ 2 \text{I}^- & \rightleftharpoons & \text{I}_2 + 2 \text{e}^- & | \cdot 5 \\ \hline 2 \text{MnO}_4^- + 10 \text{I}^- + 16 \text{H}^+ & \rightleftharpoons & 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{I}_2 + 8 \text{H}_2\text{O} & \\ 2 \text{KMnO}_4 + 10 \text{KI} + 8 \text{H}_2\text{SO}_4 & \rightleftharpoons & 5 \text{I}_2 + 2 \text{MnSO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{K}_2\text{SO}_4 & \end{array}$$
- b)
$$\begin{array}{rcl} \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- & \rightleftharpoons & \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O} & | \cdot 2 \\ \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} & \rightleftharpoons & \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- & | \cdot 5 \\ \hline 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ + 5 \text{SO}_3^{2-} & \rightleftharpoons & 5 \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{Mn}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O} & \\ 2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 5 \text{Na}_2\text{SO}_3 & \rightleftharpoons & 5 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} & \end{array}$$
- c)
$$\begin{array}{rcl} \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- & \rightleftharpoons & \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O} & | \cdot 2 \\ (\text{COOH})_2 & \rightleftharpoons & \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- & | \cdot 5 \\ \hline 2 \text{MnO}_4^- + 5 (\text{COOH})_2 + 6 \text{H}^+ & \rightleftharpoons & 2 \text{Mn}^{2+} + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O} & \\ 2 \text{KMnO}_4 + 5 (\text{COOH})_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 & \rightleftharpoons & 2 \text{MnSO}_4 + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4 & \end{array}$$



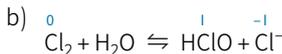
- f) Kaliumdichromat geht im sauren Medium in die Oxidationsstufe III über. Es tritt die typische Grünfärbung für die Oxidationsstufe III des Chroms auf.
- $$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3 \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + 4 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{CH}_3\text{-CHO} + 7 \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$$



Schwefel geht von einer höheren und einer niederen Oxidationsstufe in eine mittlere Oxidationsstufe über. Es liegt Synproportionierung vor.



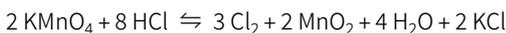
Chlor geht von einer mittleren in eine höhere und eine niedrigere Oxidationsstufe über. Es liegt eine Disproportionierung vor.



Es liegt Disproportionierung vor, weil Chlor von einer mittleren Oxidationsstufe in eine höhere und eine niedrigere Oxidationsstufe übergeht.

Die Reaktion hat praktische Bedeutung, da zur Entkeimung dem Leitungswasser oder dem Wasser im Schwimmbad Chlor zugesetzt werden kann. Folglich finden wir im chlorierten Wasser Chlorid-Ionen.

3. Gleichung:



Berechnung der Masse an Kaliumpermanganat:

$$\frac{n(\text{KMnO}_4)}{n(\text{Cl}_2)} = \frac{2}{3}; \quad n(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{3} \cdot n(\text{Cl}_2)$$

$$m(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{3} \cdot \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_m} \cdot M(\text{KMnO}_4) = \frac{2 \cdot 0,005 \text{ l} \cdot 158 \text{ g/mol}}{3 \cdot 22,4 \text{ l/mol}} = 0,0235 \text{ g} = 24 \text{ mg}$$

Zur Herstellung von 5 ml Chlor-Gas müssen 24 mg Kaliumpermanganat eingesetzt werden.

Umrechnung des Gasvolumens auf Standardbedingungen:

$$\frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$$

$$V_1 = \frac{p_0 \cdot V_0 \cdot T_1}{T_0 \cdot p_1} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,005 \text{ l} \cdot 298 \text{ K}}{273 \text{ K} \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 0,00553 \text{ l}$$

5 ml Chlor-Gas nehmen unter Standardbedingungen ein Volumen von 5,53 ml ein.