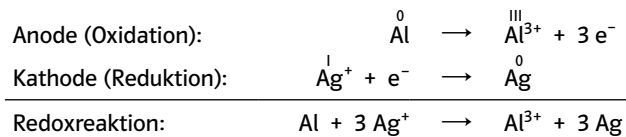


7 Elektrochemie

7.29 Durchblick: Zusammenfassung und Übung

Zu den Aufgaben

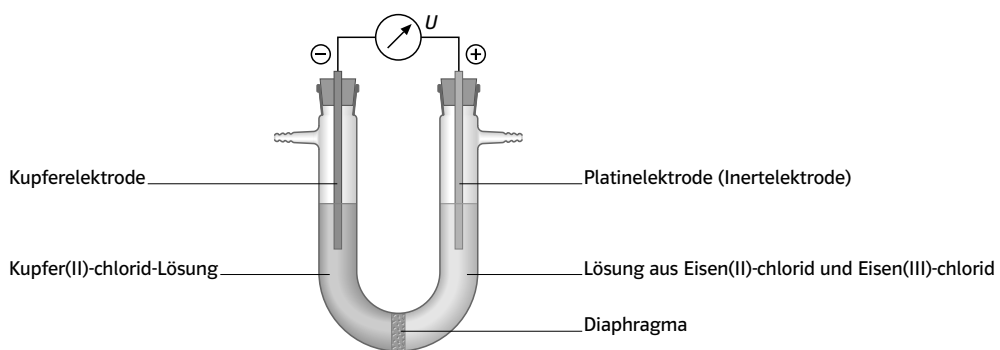
A1 Da sich die Metalle berühren, bildet sich eine kurzgeschlossene galvanische Zelle:



Das unedlere Metall Aluminium wird oxidiert, die Silber-Ionen werden reduziert.

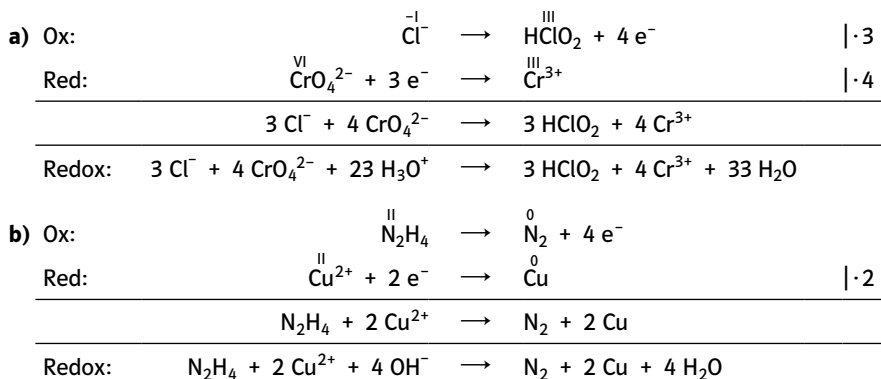
Hinweis: Es bildet sich formal Aluminiumsulfid; dessen Sulfid-Ionen reagieren jedoch mit Wasser in einer Säure-Base-Reaktion zu Schwefelwasserstoff. Deshalb kann es beim Silberputzen nach dieser Methode ein wenig stinken: $\text{S}^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2 \text{OH}^-$

A2



Die $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ -Halbzelle besteht aus einer Lösung, die Fe^{2+} - und Fe^{3+} -Ionen enthält, in die eine Platinelektrode als Inertelektrode eintaucht.

A3



A4

a) Bei Standardbedingungen findet die Reaktion statt. Begründung: Chlor ist ein stärkeres Oxidationsmittel als Iod: $E^0(\text{Cl}^-/\text{Cl}_2) > E^0(\text{I}^-/\text{I}_2)$

Hinweis: Reaktionsgleichung: $2 \text{I}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{Cl}^-$

b) Bei Standardbedingungen findet die Reaktion nicht statt ($\text{Ag} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow$ keine Reaktion).

Begründung: Silber ist ein schwächeres Reduktionsmittel als Wasserstoff:

$E^0(\text{Ag}/\text{Ag}^+) > E^0(\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+)$

A5

Berechnung von $E(\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-)$ nach der Gleichung in Kap. 7.11, B2 im Schulbuch:

$$E(\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-) = E^0(\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-) + \frac{0,059\text{ V}}{5} \cdot \lg \frac{\{c(\text{MnO}_4^-)\} \cdot \{c^8(\text{H}_3\text{O}^+)\}}{\{c(\text{Mn}^{2+})\}}$$

$$E^0(\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-) = +1,49\text{ V} \quad \text{und} \quad \{c(\text{MnO}_4^-)\} = \{c(\text{Mn}^{2+})\} = 1 \quad \text{und} \quad \{c^8(\text{H}_3\text{O}^+)\} = 10^{-8\text{ pH}} = 10^{-24}$$

$$\Rightarrow E(\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-) = +1,49\text{ V} + \frac{0,059\text{ V}}{5} \cdot \lg 10^{-24} = +1,49\text{ V} - 0,28\text{ V} = +1,21\text{ V}$$

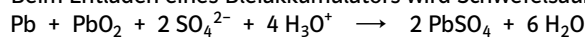
Da $c(\text{Br}^-) = 1\text{ mol/l}$ ist, gilt: $E(\text{Br}^-/\text{Br}_2) = E^0(\text{Br}^-/\text{Br}_2) = +1,07\text{ V}$

$E(\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-) > E(\text{Br}^-/\text{Br}_2) \Rightarrow$ Die Reaktion findet statt.

Hinweis: Reaktionsgleichung: $10\text{ Br}^- + 2\text{ MnO}_4^- + 16\text{ H}_3\text{O}^+ \rightarrow 5\text{ Br}_2 + 2\text{ Mn}^{2+} + 24\text{ H}_2\text{O}$

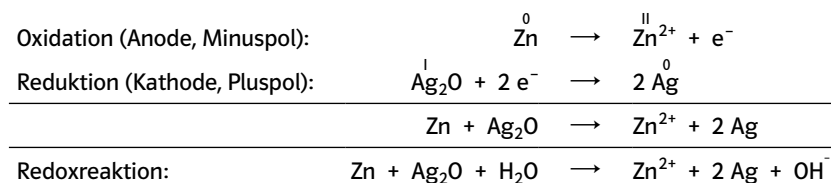
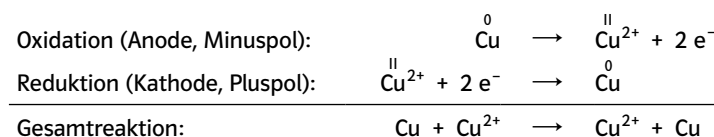
A6 Werden die mit Kupfernieten verbundenen Eisenbleche nass, entsteht an jeder Berührungsstelle zwischen Eisen und Kupfer ein Lokalelement. Die Eisenbleche korrodieren.

A7 Beim Entladen eines Bleiakkumulators wird Schwefelsäure verbraucht und Wasser gebildet:



bzw. $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{ PbSO}_4 + 2\text{ H}_2\text{O}$ (als „Netto-Gleichung“)

Je stärker der Bleiakkumulator entladen ist, desto kleiner ist der Schwefelsäuregehalt der Batteriesäure. Da die Dichte der Batteriesäure vom Schwefelsäuregehalt abhängt, kann durch Messung der Dichte indirekt der Ladezustand bestimmt werden. Je geringer der Schwefelsäuregehalt, desto geringer die Dichte der Batteriesäure.

A8**A9**

Hinweis: Die Gesamtreaktion macht deutlich, dass die Edukte und Produkte gleich sind, d.h., aus chemischer Sicht ändert sich insgesamt „nichts“. Das abgeschiedene Kupfer („Elektrolytkupfer“) ist jedoch aus den folgenden Gründen sehr rein:

- Unedlere Metalle werden zwar an der Anode oxidiert, aber an der Kathode nicht abgeschieden.
- Edlere Metalle werden nicht oxidiert und sinken als „Anodenschlamm“ ab, aus dem in nachgeschalteten Prozessen die Edelmetalle gewonnen werden.

A10**a) Ohne Atombilanzausgleich (Schulbuch, Kap. 7.3):***Versuch 1:* Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // Cu²⁺ (c = 0,1 mol/l) / CuOxidation (Minuspole): H₂(g) → 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻Reduktion (Pluspol): Cu²⁺(aq) + 2 e⁻ → Cu(s)*Versuch 2:* Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // Zn²⁺ (c = 0,1 mol/l) / ZnReduktion (Pluspol): 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻ → H₂(g)Oxidation (Minuspole): Zn(s) → Zn²⁺(aq) + 2 e⁻*Versuch 3:* Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // OH⁻ (pH = 12) / O₂ / PtOxidation (Minuspole): H₂(g) → 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻Reduktion (Pluspol): O₂(g) + 4 e⁻ → 4 OH⁻(aq)*Versuch 4:* Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // Fe²⁺ (c = 0,1 mol/l) // Fe³⁺ (c = 0,01 mol/l) / PtOxidation (Minuspole): H₂(g) → 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻Reduktion (Pluspol): Fe³⁺(aq) + e⁻ → Fe²⁺(aq)

Mit Atombilanzausgleich:

Versuch 1: Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // Cu²⁺ (c = 0,1 mol/l) / CuOxidation (Minuspole): H₂(g) + 2 H₂O(l) → 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻Reduktion (Pluspol): Cu²⁺(aq) + 2 e⁻ → Cu(s)*Versuch 2:* Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // Zn²⁺ (c = 0,1 mol/l) / ZnReduktion (Pluspol): 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻ → H₂(g) + 2 H₂O(l)Oxidation (Minuspole): Zn(s) → Zn²⁺(aq) + 2 e⁻*Versuch 3:* Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // OH⁻ (pH = 12) / O₂ / PtOxidation (Minuspole): H₂(g) + 2 H₂O(l) → 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻Reduktion (Pluspol): O₂(g) + 2 H₂O(l) + 4 e⁻ → 4 OH⁻(aq)*Versuch 4:* Pt/H₂/H₃O⁺ (pH = 1) // Fe²⁺ (c = 0,1 mol/l) // Fe³⁺ (c = 0,01 mol/l) / PtOxidation (Minuspole): H₂(g) + 2 H₂O(l) → 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻Reduktion (Pluspol): Fe³⁺(aq) + e⁻ → Fe²⁺(aq)

$$\text{b) } E(\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+) = E^0(\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+) + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \lg \{c_2(\text{H}_3\text{O}^+)\} = 0,059 \text{ V} \cdot \lg \{c(\text{H}_3\text{O}^+)\} = -0,059 \text{ V} \cdot \text{pH}$$

$$E(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = E^0(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \lg \{c(\text{Cu}^{2+})\}$$

$$E(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = E^0(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \lg \{c(\text{Zn}^{2+})\}$$

$$\begin{aligned} E(\text{OH}^-/\text{O}_2) &= E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) + \frac{0,059 \text{ V}}{4} \cdot \lg \frac{1}{[c_4(\text{OH}^-)]} = E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) - 0,059 \text{ V} \cdot \lg \{c(\text{OH}^-)\} \\ &= E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) + 0,059 \text{ V} \cdot \text{pOH} \\ &= E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) + 0,059 \text{ V} \cdot (14 - \text{pH}) \end{aligned}$$

$$E(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) = E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) + \frac{0,059 \text{ V}}{1} \cdot \lg \frac{[c(\text{Fe}^{2+})]}{[c(\text{Fe}^{3+})]}$$

$$c) E(\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+) = -0,059 \text{ V} \cdot 1 \approx -0,06 \text{ V}$$

$$E(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = 0,34 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \lg 0,1 \approx 0,31 \text{ V}$$

$$E(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \lg 0,1 \approx -0,79 \text{ V}$$

$$E(\text{OH}^-/\text{O}_2) = 0,40 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot (14 - 12) \approx 0,52 \text{ V}$$

$$E(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) = 0,77 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{0,01}{0,1} \approx 0,71 \text{ V}$$

$$\text{Versuch 1: Pt}/\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+ (\text{pH} = 1) // \text{Cu}^{2+} (c = 0,1 \text{ mol/l})/\text{Cu}$$

$$\Delta E \approx 0,31 \text{ V} - (-0,06 \text{ V}) = 0,37 \text{ V}$$

$$\text{Versuch 2: Pt}/\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+ (\text{pH} = 1) // \text{Zn}^{2+} (c = 0,1 \text{ mol/l})/\text{Zn}$$

$$\Delta E \approx -0,06 \text{ V} - (-0,79 \text{ V}) = 0,73 \text{ V}$$

$$\text{Versuch 3: Pt}/\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+ (\text{pH} = 1) // \text{OH}^- (\text{pH} = 12)/\text{O}_2/\text{Pt}$$

$$\Delta E \approx 0,52 \text{ V} - (-0,06 \text{ V}) = 0,58 \text{ V}$$

$$\text{Versuch 4: Pt}/\text{H}_2/\text{H}_3\text{O}^+ (\text{pH} = 1) // \text{Fe}^{2+} (c = 0,1 \text{ mol/l}) // \text{Fe}^{3+} (c = 0,01 \text{ mol/l})/\text{Pt}$$

$$\Delta E \approx 0,71 \text{ V} - (-0,06 \text{ V}) = 0,77 \text{ V}$$

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022. Alle Rechte vorbehalten. www.klett.de
Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet. Die Kopier-
gebühren sind abgegolten.

Autorinnen und Autoren: Prof. Ulrich Bee, Oliver Blauth, Paul Gietz, Prof. Heike Maier, Prof. Karsten Wiese
Bei der Erstellung dieses Unterrichtswerkes wurde auch auf andere Titel des Ernst Klett Verlags zurückgegriffen.
Deren Autorinnen und Autoren sind: Prof. Ulrich Bee, Oliver Blauth, Edgar Brückl, Prof. Werner Eisner, Paul Gietz,
Heike Große, Dr. Erhard Irmer, Axel Justus, Prof. Dr. Klaus Laitenberger, Prof. Heike Maier, Dr. Martina Mihlan,
Peter Nelle, Hildegard Nickolay, Dr. Carsten Penz, Horst Schaschke, Prof. Dr. Werner Schierle (†), Bärbel Schmidt,
Andrea Schuck, Michael Sternberg, Dr. Jutta Töhl-Borsdorf, Prof. Karsten Wiese, Peter Zehentmeier,
Dr. Thorsten Zippel.

Illustrationen: Marzell, Alfred, Schwäbisch Gmünd: 1.1