

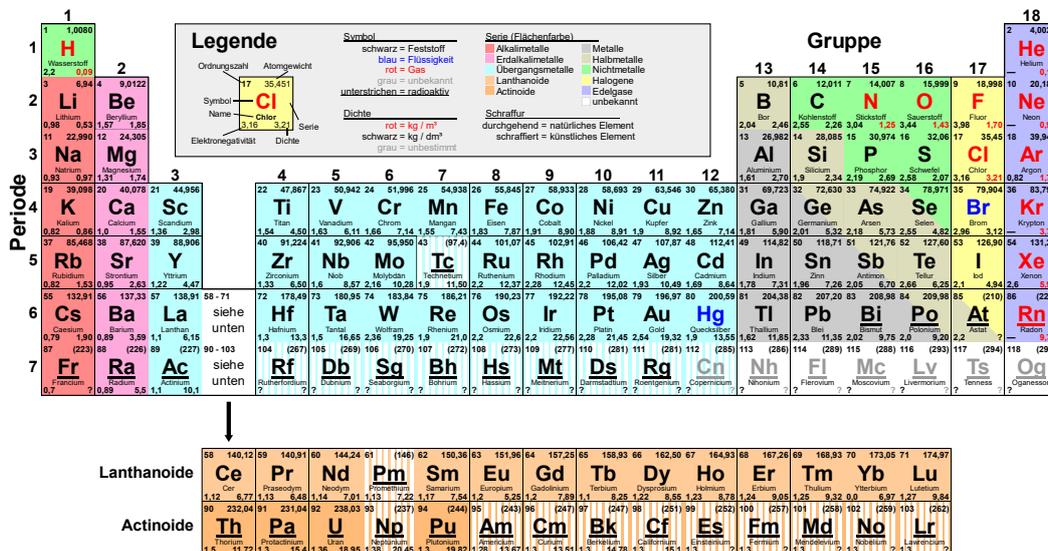
## 5. Übung Batterien und Brennstoffzellen

1. Gegeben sei eine Batterie, ein Daniell-Element, in welcher die folgende Brutto-Reaktion abläuft:
 
$$\text{Zn}(s) + \text{CuSO}_4(aq) \rightarrow \text{ZnSO}_4(aq) + \text{Cu}(s)$$
  - a. Berechnen Sie die theoretische Energie, welche einem Verbraucher beim vollständigen elektrochemischen Umsatz von 15 g Zink sowie einer durchschnittlichen Zellspannung von 1,15 V maximal bereitgestellt werden kann. Geben Sie das Ergebnis in der Einheit „Wh“ an.
  - b. Wie viel Gramm Zink werden benötigt für die gleiche Energie, wenn der Coulombsche Wirkungsgrad  $\varepsilon_c = 0,86$  beträgt?
  - c. Berechnen Sie die Ruhezellspannung eines Daniell-Elements mit einer Zinksulfatkonzentration von 0,01 mol/L und einer Kupfersulfatkonzentration von 2 mol/L bei 25 °C. Für die Berechnung ist eine elektrochemische Spannungsreihe beigelegt.
  - d. Weshalb kann die Standardruhespannung von der tatsächlichen Ruhezellspannung abweichen?
2. Wie lange dauert es, um 0.67 g Kupfer aus einer kupferhaltigen Lösung abzuscheiden? Die Zelle wird bei 6 V und einem Strom von 1,5 A betrieben. Die molare Masse von Kupfer beträgt 63,55 g/mol. Wie viel Energie (in Wh) wird für diesen Prozess benötigt? Was passiert mit Platin, welches in Spuren in der Anode enthalten ist?
3. In einer Zelle mit einer  $\text{MgCl}_2$ -Salzschmelze wird Mg bei einer Spannung von 4,5 V und einem Strom von 150 kA produziert. Wie viel Kilogramm Magnesium kann in einer 8-Stundenschicht produziert werden? Ein Periodensystem ist beigelegt. Welches andere Produkt wird bei der Elektrolyse an welcher Elektrode gebildet?
4. Welche Maßnahmen können zur Erhöhung der Zyklenfestigkeit/Lebensdauer einer  $\text{LiFePO}_4$ /Graphit Batterie ergriffen werden?
  - a. Welche Nachteile gehen damit grundsätzlich einher?
  - b. Eine Batterie mit einer Kapazität von 24 kWh soll innerhalb einer Stunde von 0% auf 80% ihrer Nennkapazität geladen werden. Berechnen Sie den hierfür benötigten Strom und die entsprechende Leistung bei einer Ladespannung von 400V.
5. Eine Wasserstoffbrennstoffzelle mit Luftbetrieb soll in einem Flugzeug die elektrischen Nebenaggregate betreiben. Dabei soll eine elektrische Leistung von  $P_{el} = 3000 \text{ W}$  bereitgestellt werden. Die Temperatur der einströmenden Gase beträgt 293,15 K. Die Brennstoffzelle ist von einem Kühlmantel umgeben und wird mit Wasser gekühlt (Wärmekapazität  $c_{p,H_2O} = 4,186 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ , Temperaturerhöhung des Kühlwassers um  $\Delta T_{KW} = 15 \text{ K}$ . Trotz Kühlung erhöht sich die Temperatur der ausströmenden Komponenten auf 333,15 K. Gehen Sie davon aus, dass Eintritts- und Austrittsdruck gleich groß sind und das Volumen im Innern der Zelle konstant bleibt. Die zugehörige Reaktionsenthalpie beträgt  $\Delta^r G_{H_2O} = -228 \text{ kJ mol}^{-1}$ 
  - a. Welcher Brennstoffzellentyp kommt auf Basis der gegebenen Betriebsparameter in Frage? Stellen Sie die Reaktionsgleichung für Anode, Kathode und Gesamtzelle auf.
  - b. Wie groß muss der Volumenstrom des Wasserstoffs sein, um bei einem elektrischen Systemwirkungsgrad von  $\eta_{el} = 0,637$  die elektrische Leistung von 3000 W bereitzustellen?
  - c. Wie groß ist demnach der Sauerstoffvolumenstrom am Ein- und Austritt, wenn Sauerstoff mit einem Überschuss von  $\lambda = 3$  zugeführt werden soll?

**Tab. 3.2** Standardbezugsopotiale verschiedener Metallionen-, Gas- und Redoxelektroden gegen NHE für 25°C. In der Spalte „Halbzelle“ wird der Aufbau der Elektrode schematisiert dargestellt. (Zahlenwerte vornehmlich aus *Handbook of Chemistry and Physics*, The Chemical Rubber Co, Cleveland, Ohio, 1968–69)

Halbzelle	Elektrodenvorgang	Volt
Li/Li <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Li	-3,045
Rb/Rb <sup>+</sup>	Rb <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Rb	-2,925
K/K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ K	-2,924
Ca/Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Ca	-2,76
Na/Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Na	-2,7109
Mg/Mg <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Mg	-2,375
Al/Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup> ⇌ Al	-1,706
Zn/Zn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Zn	-0,7628
Fe/Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Fe	-0,409
Cd/Cd <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Cd	-0,4026
Ni/Ni <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Ni	-0,23
Pb/Pb <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Pb	-0,1263
Cu/Cu <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Cu	+0,3402
Ag/Ag <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Ag	+0,7996
2 Hg/Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ 2 Hg	+0,7961
Au/Au <sup>+</sup>	Au <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Au	+1,42
Pt/H <sub>2</sub> , H <sub>aq</sub> <sup>+</sup>	2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub>	0
Pt/H <sub>2</sub> , OH <sup>-</sup>	2 H <sub>2</sub> O + 2 e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub> + 2 OH <sup>-</sup>	-0,8277
Pt/Cl <sub>2</sub> , Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ 2 Cl <sup>-</sup>	+1,36
Pt/O <sub>2</sub> , H <sup>+</sup>	$\frac{1}{2}$ O <sub>2</sub> + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub> O	+1,229
Pt/O <sub>2</sub> , OH <sup>-</sup>	$\frac{1}{2}$ O <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + 2 e <sup>-</sup> ⇌ 2 OH <sup>-</sup>	+0,401
Pt/F <sub>2</sub> , F <sup>-</sup>	F <sub>2</sub> + 2 e <sup>-</sup> ⇌ 2 F <sup>-</sup>	+2,85

[Elektrochemie, C. H. Hamann, W. Vielstich, 2005]



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodensystem\_Einfach.svg, Zugriff: 18.01.2022]