



AUFGABENSAMMLUNG



Aufgabe 1

„Als Alessandro Volta um 1800 die Voltasche Säule erfand, ahnte er sicher nicht, dass ihn diese Ur-Batterie unsterblich berühmt machen würde.“ (Techmax 13, S. 1 > [QR zum PDF](#))



In folgender Abbildung ist der schematische Aufbau einer von mehreren leicht verschiedenen Voltaschen Säulen dargestellt. In dieser Voltaschen Säule sind in variabler Wiederholung die immer gleichen galvanischen Zellen in Reihe verbaut. Eine einzelne galvanische Zelle besteht dabei aus der Abfolge (von unten nach oben) Kupfer mit Kupfer(II)-oxid-Schicht – Elektrolyt (z.B. mit Salzwasser getränktes Pappstück) – Zink. Unten und oben an die Metall-Elektroden anschließend findet sich je ein Metallstück, über das durch Zwischenschalten eines elektrischen Verbrauchers der Stromkreis geschlossen wird.

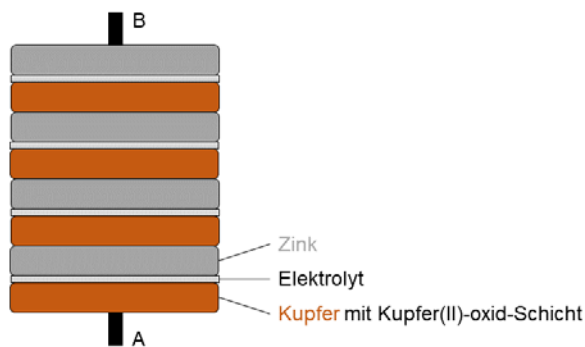


Abb. 1: Schematischer Aufbau der Voltaschen Säule © A. Wöhl / CC BY-NC-SA 4.0

1.1

Eine Anode ist nach naturwissenschaftlich allgemein gültiger Definition eine Elektrode, die Oxidationsreaktionen stattfinden lässt. An einer Kathode finden Reduktionsprozesse statt.

Formulieren Sie die Teilgleichungen und die Gesamtgleichung für die in der Voltaschen Säule ablaufenden elektrochemischen Prozesse! Ordnen Sie die Vorgänge Oxidation und Reduktion zu! Nutzen Sie ggf. eine Formelsammlung.

1.2

Erstellen Sie eine vergrößerte schematische Skizze der Teilchenebene einer galvanischen Zelle (Kupfer mit Kupfer(II)-oxid-Schicht – Elektrolyt – Zink) der Voltaschen Säule. Ergänzen Sie die elektrochemischen Abläufe, indem Sie Edukt- und Produktteilchen einfügen und den Elektronenfluss kennzeichnen!

1.3

Leiten Sie aus Ihren Teilgleichungen von Aufgabe 1.1 oder aus Ihrer Skizze zu Aufgabe 1.2 ab, wie sich die beiden Elektroden einer galvanischen Zelle in der Voltaschen Säule im Verlauf ihres elektrochemischen Einsatzes physisch verändern!



Aufgabe 2

„Man kann das silbrige Metall [...] nicht einfach in die Hand nehmen. Es [Lithium] muss unter Paraffinöl oder in trockenem Argon-Schutzgas aufbewahrt werden, denn es reagiert schon mit Spuren von Wasser und Sauerstoff!“ (Techmax 13, S. 1)

Formulieren Sie die Gleichungen für die Reaktionen von Lithium mit Wasser und von Lithium mit Sauerstoff! Geben Sie jeweils auch die Aggregatzustände an! Erklären Sie, weshalb man Lithium nicht einfach in die Hand nehmen kann!

Aufgabe 3

„Eine Elektrode besteht bei den etablierten Lithium-Ionen-Akkus aus Graphit. Es kann Lithium-Ionen wie ein Schwamm aufnehmen [...]“ (Techmax 13, S. 2) Im geladenen Zustand kommt dabei durchschnittlich ein Li^+ -Ion auf sechs C-Atome. Es bildet sich eine Lithium-Graphit-Interkalationsverbindung, die näherungsweise mit der Formel LiC_6 beschrieben werden kann.

„Die andere Elektrode besteht [...] aus einer geeigneten Lithiumverbindung, [...] oft [...] Lithiumcobaltoxid.“ (Techmax 13, S. 3) In neueren Akkus handelt es sich dabei um Lithium-Cobalt(III)-oxid.

„Beim Entladen werden Elektronen an den Leiterdraht abgegeben, die über den äußeren Stromkreis zur Lithiumverbindung-Elektrode wandern. Im Inneren wandern gleichzeitig Lithium-Ionen von der Graphit-Elektrode durch den Elektrolyten zur Lithiumverbindung-Elektrode.“ (Techmax 13, S. 2) Dort nehmen nicht die Lithium-Ionen die Elektronen des externen Stromkreises auf, sondern die vorhandenen Cobalt-Ionen, die ihre Ladung ändern. Das Lithium liegt im entladenen Zustand des Akkumulators weiterhin in Ionenform vor.



3.1

Formulieren Sie für den Entladevorgang die Teilgleichungen und die Gesamtgleichung! Gehen Sie vereinfacht von der Lithium-Graphit-Interkalationsverbindung und Cobalt(IV)-oxid aus, welche einerseits zu Lithium-Ionen und Graphit, andererseits zu Lithium-Cobalt(III)-oxid reagieren! Ordnen Sie die Vorgänge Oxidation und Reduktion zu!



3.2

Ordnen Sie in der Abbildung den beiden Grafiken „Laden“ und „Entladen“ jeweils die Begriffe „Anode“ und „Kathode“ zu!

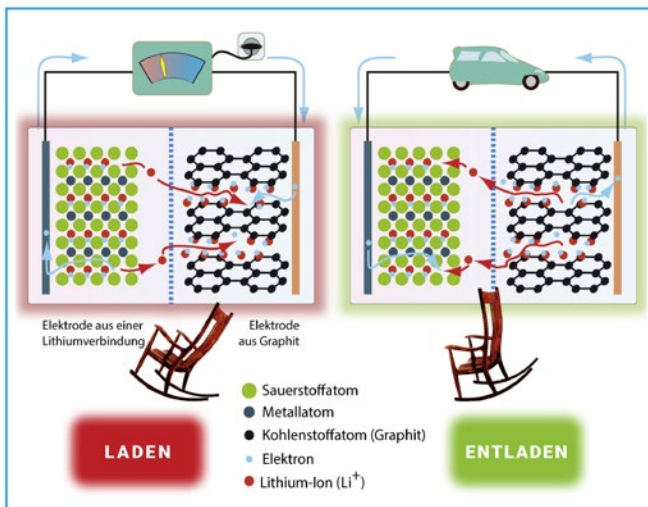


Abb. 2: © R. Wengenmayr / CC BY-NC-SA 4.0 (Quelle: Abb. A im Techmax 13)



3.3

„Doch große Hersteller wie Tesla stellen zunehmend auf Lithium-Eisenphosphat um und ersetzen so das umweltschädliche und seltene Cobalt.“ (Techmax 13, S. 3)

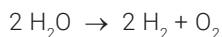
Formulieren Sie ausgehend von Ihrem Wissen über stabile Oxidationsstufen von Eisen-Ionen – ggf. ergänzt durch eine Recherche in der Spannungsreihe – die Reduktionsgleichung für den Entladevorgang dieser Akku-Alternative!



Aufgabe 4

„Der Elektrolyt besteht aus Lithiumsalzen in einem organischen Lösemittel. Wasser scheidet nicht nur wegen des Lithiums aus, es zersetzt sich überdies ab einer Spannung von 1,2 V.“ (Techmax 13, S. 3)

Bekannt ist diese Elektrolyse-Reaktion u. a. vom Hofmannschen Wasserzersetzungsgenerator:



Formulieren Sie die Teilgleichungen für die Wasserzersetzung – ein Mal im sauren Bereich, ein Mal im basischen Bereich! Identifizieren Sie jeweils Oxidations- und Reduktionsreaktion! Ermitteln Sie durch Recherche in einer umfangreichen Spannungsreihe für jede der vier Teilgleichungen das Standard-Redoxpotenzial und zeigen Sie anschließend, dass die theoretische Zersetzungsspannung von $U = 1,2 \text{ V}$ sowohl im sauren, als auch im basischen Bereich gilt!



Aufgabe 5

Im Techmax 13 werden auf S. 3 Aufbau und Eigenschaften des Elektrolyts in Lithium-Ionen-Akkus beschrieben. Zur Veranschaulichung grundsätzlicher Probleme des Elektrolyts und deren Behebung bedient sich der Autor der Modellvorstellung von Fans zweier gegnerischer Fußballmannschaften. Nachfolgende Modellvorstellungen werden dabei verwendet. Identifizieren Sie jeweils die reale Entsprechung im Akku, wechseln Sie ggf. zwischen Soff- und Teilchenebene!

Modellvorstellungen:

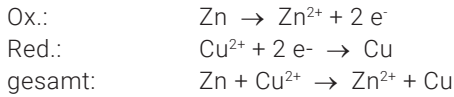
- zwei Fan-Blöcke
- gegenseitige Anziehung von Fans (wegen unterschiedlicher Sympathieansichten)
- Reibereien
- Strom ins Stadion
- Ordner
- gegnerische Fans werden in ihren Block geschleust
- gegnerische Fans werden schnell in ihren Block geschleust



LÖSUNGEN

Lösung 1

1.1



1.2

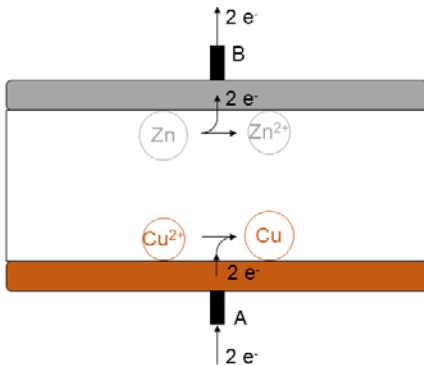
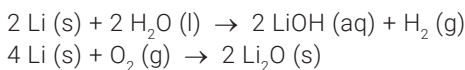


Abb. 3: © A. Wöhl / CC BY-NC-SA 4.0

1.3

Die Zink-Atome der Zinkelektrode geben jeweils zwei Elektronen ab und gehen als Kationen im Elektrolyt in Lösung. Die Zink-Elektrode wird folglich immer dünner.
 Die Kupfer-Kationen als Bestandteil einer Kupfer(II)-oxid-Schicht oder elektrostatisch an die Kupfer-Elektrode gebunden nehmen jeweils zwei Elektronen auf. Sie setzen sich als Kupfer-Atome an der Elektrode ab. Die Kupfer-Elektrode wird folglich immer dicker.

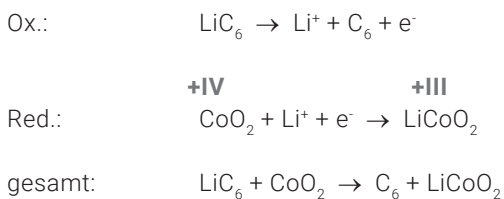
Lösung 2



Lithium reagiert mit dem Wasser normal feuchter Hände zu Lithiumhydroxid. Dieses Salz ist im Wässrigen dissoziiert. Die Hydroxid-Ionen würden als starke Base ($\text{pK}_\text{B} = -0,74$) durch Protolyse das Hautgewebe der Hand schädigen.

Lösung 3

3.1



3.2

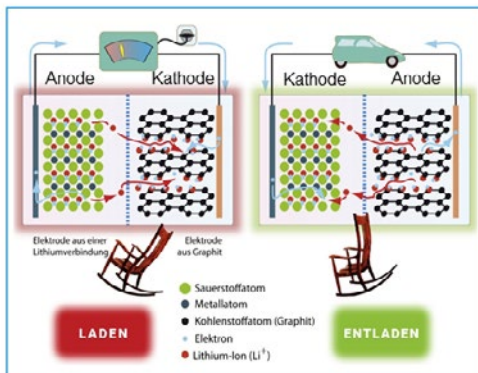
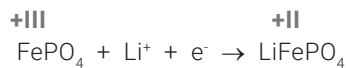


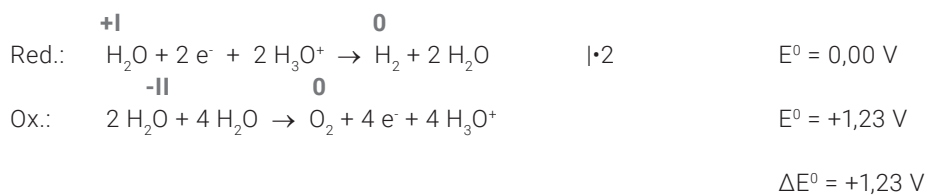
Abb. 4: © Verändert nach R. Wengenmayr / CC BY-NC-SA 4.0

3.3

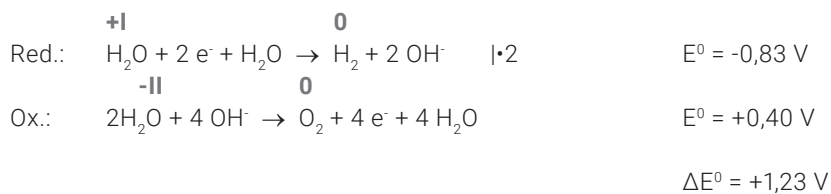


Lösung 4

Im Sauren:



Im Basischen:



Lösung 5

Modell	Realität
zwei Fan-Blöcke	Li^+ -Ionen und PF_6^- -Ionen
gegenseitige Anziehung von Fans (wegen unterschiedlicher Sympathieansichten)	elektrostatische Anziehung wegen unterschiedlicher Ladung
Reibereien	großräumige Aneinanderlagerung von Li^+ -Ionen mit PF_6^- -Ionen-Hülle
Strom ins Stadion	Li^+ -Wanderung durch den Elektrolyten
Ordner	Nanosand

Modell	Realität
gegnerische Fans werden in ihren Block geschleust	auf Teilchenebene: Tatsache der ungehindert fließenden Lithium-Ionen senkt den elektrischen Widerstand des Elektrolyten
gegnerische Fans werden <u>schnell</u> in ihren Block geschleust	auf Stoffebene: Beschleunigung des Ladens

Abbildungsnachweise

Abb. 1: © A. Wöhl / [CC BY-NC-SA 4.0](#)

Abb. 2: © R. Wengenmayr / [CC BY-NC-SA 4.0](#) (Quelle: Abb. A im Techmax 13)

Abb. 3: © A. Wöhl / [CC BY-NC-SA 4.0](#)

Abb. 4: © Verändert nach R. Wengenmayr / [CC BY-NC-SA 4.0](#)

Der Text wird unter [CC BY-NC-SA 4.0](#) veröffentlicht.

Stand 05/2022; Text: A. Wöhl; Layout und Redaktion: max-wissen-Team