

A3 Zitronen- und andere Batterien – Strom aus chemischer Energie

Hinweis: Auf die Auswertungen zu den einzelnen Teilexperimenten wird nachfolgend nur dann eingegangen, wenn sich dabei erfahrungsgemäß besondere Schwierigkeiten ergeben könnten.

1 Wie gut funktioniert die „Obst- und Gemüsebatterie“?

1.6 Fragen

Was meinst du: Kommt der Strom wirklich aus der Zitrone oder was ist die wirkliche Ursache?

Antwort: Eine vernünftige Antwort wäre: Das kann ich nur entscheiden, wenn ich verschiedenes Obst und Gemüse teste. Wenn der Effekt bei verschiedenem Obst und Gemüse derselbe ist, muss es an den Metallen liegen, die als Elektroden in dem Obst oder Gemüse stecken, und zusätzlich vielleicht an einer gemeinsamen Eigenschaft des Obst bzw. des Gemüses.

2 Die „Zitronen-Batterie“: Was erfüllt welchen Zweck?

2.5 Auswertung

Überprüfe deine Ergebnisse!

Bringe die im Versuch verwendeten drei Metalle entsprechend den gemessenen Spannungen in eine sinnvolle Reihe. Fange dazu mit dem Kupfer an.

Wovon hängt offensichtlich die Größe der Spannung einer Batterie grundsätzlich ab?

Hinweis: Es kommt darauf an, welche verschiedenen(!) Metalle man kombiniert.

2.6 Fragen

a) Erkläre, was das Experiment mit der Spannungsreihe der Metalle zu tun hat.

Antwort: Je größer der Unterschied zwischen den beiden Elektroden-Metallen in der Spannungsreihe ist, je unedler also das Metall der einen Elektrode im Vergleich zur anderen Elektrode ist, desto besser funktioniert die entsprechende Batterie.

b) Überlege dir, was an Stelle von Obst oder Gemüse den Stromkreis schließen könnte.

Antwort: Man kann an Stelle von Obst oder Gemüse jede elektrisch leitende wässrige Salzlösung („Elektrolyten“) wählen. Als Salz kann man ganz normales Kochsalz verwenden, es funktionieren aber auch beliebige andere wasserlösliche Salze. (Oft wird angenommen, es kommt auf die Säure an. Aber auch die Säure wirkt hier nur als Elektrolyt. Das werden wir in den nachfolgenden Teilexperimenten noch klären).

- c) Benenne, was jedem Obst oder Gemüse gemeinsam ist. Wie könntest du dieses „Gemeinsame“ ersetzen?

Antwort: In Obst und Gemüse befinden sich Natrium-, Kalium-, Calcium- und Magnesiumsalze der Fruchtsäuren. Diese Salzlösung (Ionenlösung) im Obst oder im Gemüse stellt als Elektrolyt die notwendige Verbindung zwischen den Metallnägeln (Elektroden) her: So wird der innere Stromkreis geschlossen. (Hinweis: Salz ist nicht gleich Kochsalz (NaCl)).

Man könnte also das Obst oder Gemüse weglassen und stattdessen die beiden Nägel in irgendeine wässrige Salzlösung stecken.

3 Die „Zitronen-Batterie“ ohne Zitrone

3.5 Auswertung

- a) Kannst du mit Leitungswasser eine Spannung zwischen den Metallnägeln messen?

Hinweis: Destilliertes Wasser mit einem pH-Wert von 7,00 sollte keine Spannung zwischen den Nägeln ergeben. Leitungswasser enthält jedoch in der Regel Ca^{2+} -, Mg^{2+} - und Na^+ -Ionen und ist nicht pH-neutral (je nach Herkunft liegt der pH-Wert z. B. in Deutschland zwischen pH 6,5 und 7,5). Deshalb sollte eine gewisse Spannung zu messen sein.

- b) Beschreibe, was passiert ist, wenn man das Wasser durch Kochsalz- oder Zitronensäurelösung ersetzte. Welche Spannungen konntest du ablesen?

Hinweis: Elektrolyte wie Säuren und Salzlösungen liefern eine deutlich zu messende Spannung.

- c) Erkläre, wie sich ein Verbraucher im Stromkreis auf die Spannung auswirkt.

Hinweis: Beim Zuschalten eines Verbrauchers sollte die Spannung stark absinken. (Wie wir in den nachfolgenden Telexperimenten sehen werden, liegt das vor allem am Mangel an gelösten Kupferionen).

3.6 Fragen

- a) Viele meinen, man brauche Säure, um mit einer elektrochemischen Zelle Strom zu erzeugen. Erkläre, warum es auch mit einem Salz wie Kochsalz funktioniert!

Antwort: Mit dem erfolgreichen Einsatz von Kochsalz wird klar, dass es sich um ein wässriges Medium handeln muss, in dem Ionen gelöst sein müssen. Damit wird die unverzichtbare Funktion des Elektrolyten deutlich, nämlich durch (Ionen-)Leitung den inneren Stromkreis zu schließen. Zwar ist bei jeder Säure der Fall, dass Ionen (H^+) in Wasser gelöst sind, doch gibt es auch andere wässrige Lösungen, die Ionen wie Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} usw. enthalten.

- b) Die meist wässrige Lösung im Inneren jeder Batterie bzw. jedes Akkus nennt man Elektrolyt. Erkläre, was in jedem Elektrolyt vorhanden sein muss, damit er funktioniert.

Antwort: Es müssen Ionen vorhanden sein, damit Ladung transportiert und somit Strom fließen kann.

4 Eine Batterie, die belastbar ist

4.6 Fragen

- a) Hast du eine Idee, wie du diese Abscheidung am unedleren Metall verhindern könntest?

Antwort: Man kann eine teildurchlässige Trennwand („Separator“) einbauen, die für Metall-Ionen undurchlässig, aber für die Anionen des Salzes oder der Säure (Cl^- , SO_4^{2-}) durchlässig ist. So kann dann die für den inneren Stromkreis nötige Ladung transportiert werden, ohne dass Metall-Ionen an der Gegenelektrode abgeschieden werden (z. B. Cu an der Zn-Elektrode). Diese direkte Abscheidung an der Gegenelektrode entspricht nämlich einem internen Kurzschluss der Batterie und entlädt sie sehr schnell.

- b) Eigentlich sollte in einer Batterie das unedlere Metall in Lösung gehen, an der unedleren Elektrode also keine Abscheidung stattfinden. Kannst du dir vorstellen, wie die Abscheidung am unedleren Metall auch praktisch genutzt werden kann?

Antwort: Man kann mit diesem Effekt ein unedleres Metall mit einer dünnen Schicht eines edleren Metalls überziehen. Man muss dazu nur das unedlere Metall in eine Salzlösung mit Ionen des edleren Metalls legen (siehe nächstes Telexperiment!). Legt man eine externe Spannung an Metallsalzlösungen an, kann man auch edlere Metalle mit unedleren Metallen überziehen, z. B. Eisen mit Zink. Letzteres nennt man galvanisches Verzinken; es dient als Rostschutz.

5 Ein Kupferüberzug ganz von selbst?

5.5 Auswertung

- a) Erkläre, warum sich offensichtlich an der Münze Kupfer abgeschieden hat!

Hinweis: Siehe nächsten Punkt.

- b) Erkläre, welche Rolle das Aluminium dabei spielt!

Hinweis: Am besten erklärt man beides im Zusammenhang: Die relativ edlere Münze (ein Euro besteht aus z. B. aus Messing und Nickel) liegt auf dem sehr unedlen Aluminium. Dieses geht als Al^{3+} in Lösung und gibt dabei Elektronen an die Münze ab. Cu^{2+} -Ionen treffen auf die Oberfläche der Münze, nehmen dort die Elektronen auf und schlagen sich als Cu^0 auf der Münze nieder.

5.6 Fragen

- a) Erkläre, welche Bedeutung die Zitronensäure bei diesem Experiment hat.
(Tipp: Warum wird die Kupfersulfatlösung erst nach Zugabe der Zitronensäure klar?)

Antwort: Zitronensäure bildet mit Kupferionen einen in Wasser besonders gut löslichen Komplex (klarblaue Lösung). Auf diese Weise trägt die Zitronensäure bei diesem Teil-experiment dazu bei, dass die Kupferabscheidung besonders schnell erfolgt und gleichmäßig wird.

- b) Wenn du Internet-Anschluss hast, dann recherchiere, wo das Überziehen mit Metallen eine Rolle in der Technik spielt.

Antwort: Galvanische Überzüge werden u. a. mit Kupfer, Gold, Nickel, Chrom, Zink und Zinn durchgeführt. Das dient zur Zierde oder zur Erhöhung des Korrosionsschutzes. Stichwort für die Internet-Recherche: „Galvanotechnik“!

6 Eine professionelle Zink-Kupfer-Batterie

6.5 Auswertung

- a) Erkläre, welche Funktion das Papiertuch in diesem Experiment übernimmt!

Hinweis: Das Papiertaschentuch übernimmt (unvollkommen) die Funktion des Separators.

- b) Erkläre, warum deshalb die Leistung der Batterie meist größer ist als in den Telexperimenten 1, 3 und 4!

Hinweis: Durch diesen Separator wird der Abstand zwischen den beiden Elektroden geringer und es kann ihre gesamte Oberfläche genutzt werden. Der Innenwiderstand sinkt deshalb und die Batterie kann höhere Stromstärke liefern. Dazu kommt, dass durch das Aufladen relativ viele Kupferionen gebildet werden. Auch dadurch steigt die Leistung der Batterie.

6.6 Fragen

- a) Wenn du Internet-Anschluss hast, dann recherchiere, woraus die Separatormembran in modernen Batterien und Akkus besteht! Übertrage deine Ergebnisse auf die Zitronen-Batterien in Telexperiment 1.

Antwort: Für verschiedene Batterie-/Akkusorten werden unterschiedliche Membranen verwendet. Stichwort für die Internet-Recherche: „Separator (Batterie)“. In der Technik wird dazu heute meist eine Kunststoffolie mit definierter Porengröße verwendet, sodass die für den internen Stromkreis erwünschten Ionen (z. B. Chlorid oder Sulfat) durchpassen und die Metall-Ionen nicht.

- b) Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Elektroden und für den Gesamtprozess auf! Stelle zuerst eine Wortgleichung auf und versuche dann in einer Formelgleichung zu konkretisieren.

Antwort: An der Anode geben Zinkatome zwei Elektronen ab und werden als Zink-Ionen in die Lösung abgeschieden. An der Kathode werden gelöste Kupfer-Ionen mit zwei Elektronen zu Kupfer und werden damit der Lösung entzogen. Um den Ladungsunterschied auszugleichen, wandern Sulfat-Ionen durch die Membran. In Formeln lautet das Ganze an der Kathode $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ und an der Anode $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$.