

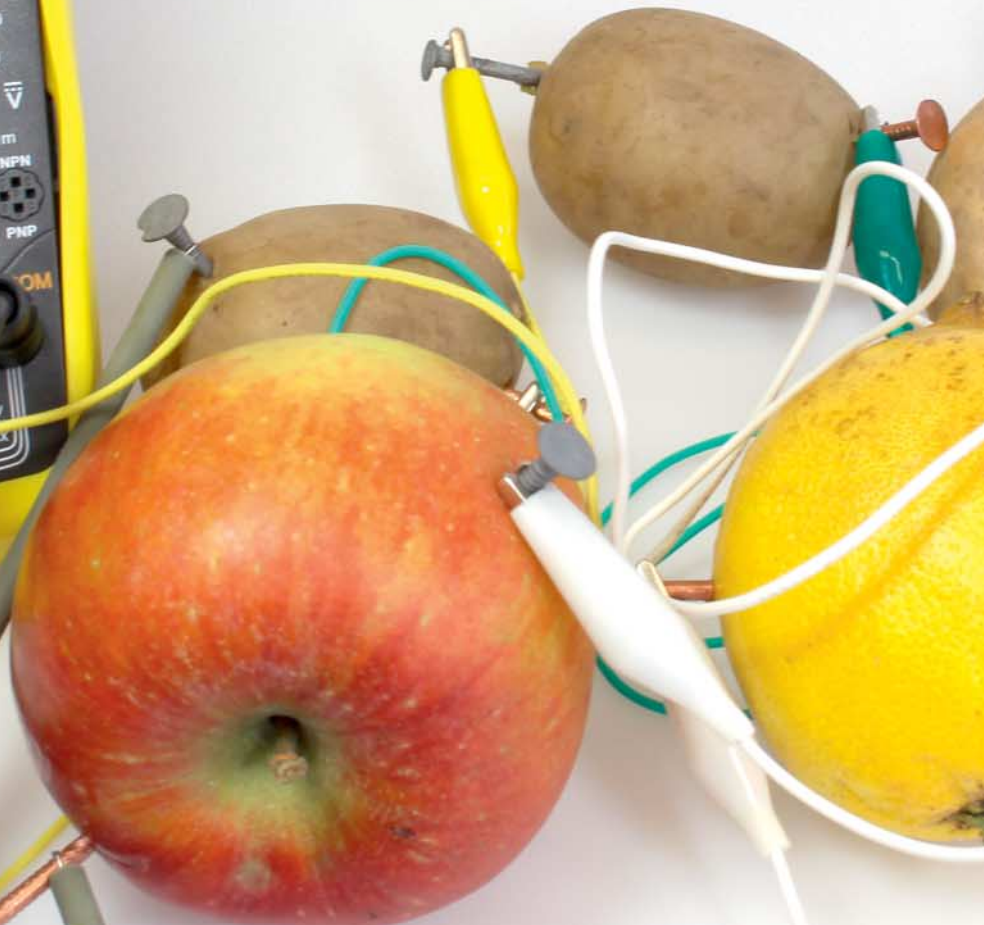
Volt statt Vitamine

Kartoffel, Zitrone, Apfel: Wer Vitamine aus Obst und Gemüse scheut, kann diese Nahrungsmittel jetzt sinnvoll anders einsetzen. Mit zwei Nägeln oder Münzen und ein bisschen Kabelage kann man statt Nährstoffen Strom aus ihnen gewinnen.

von Elke Schick und Helga Hansen



Das Obst oder Gemüse ist sofort nach dem Gebrauch als Batterie nicht mehr essbar! Es enthält dann Metallsalze.

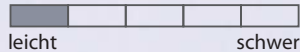


Kurzinfo

Zeitaufwand:
3 Minuten

Kosten:
unter 1 Euro

Schwierigkeitsgrad



Einkaufsliste

- » Galvanisierte Nägel und Kupfernägel, statt Letzteren kann man auch 1 bis 5 Cent Münzen verwenden
- » Kartoffeln, Zitronen, Äpfel

Baut man aus einer Kartoffel, einem Apfel oder einer Zitrone mithilfe von einer Kupfer- und einer Zinkelektrode eine Stromquelle, so erhält man eine sogenannte galvanische Zelle. In diesen Stromerzeugern wird chemische Energie spontan in elektrische Energie umgewandelt. Entdeckt hat ihr Funktionsprinzip der italienische Arzt Luigi Galvani. Der ursprüngliche Versuchsaufbau, aus dem er sie ableiten konnte, beinhaltete amputierte Froschschenkel und verschiedene Metalle.

Zu unserem Glück sind Froschschenkel keine zwingende Voraussetzung für die Herstellung einer galvanischen Zelle. Eine Flüssigkeit mit Elektrolyten für die elektrische Leitfähigkeit und zwei Metallstücke

reichen aus. Wir zeigen die galvanische Zelle mit Säure, wie man sie eben in Apfel, Zitrone oder Kartoffel vorfindet und einem Zink- und einem Kupfer-Stück.



Links und Foren
make-magazin.de/xp1n

TIPP

Statt Kartoffel und Zitrone kann man auch Orangen, Tomaten, Birnen oder Flüssigkeiten mit Kohlensäure verwenden. Mögliche andere Elemente sind Aluminium, Eisen, Nickel, Zinn und Silber. Die Metalle sollten auf der hier gezeigten Redoxreihe weit genug auseinander liegen.

GRUNDSÄTZLICH: METALLE UND SÄUREN

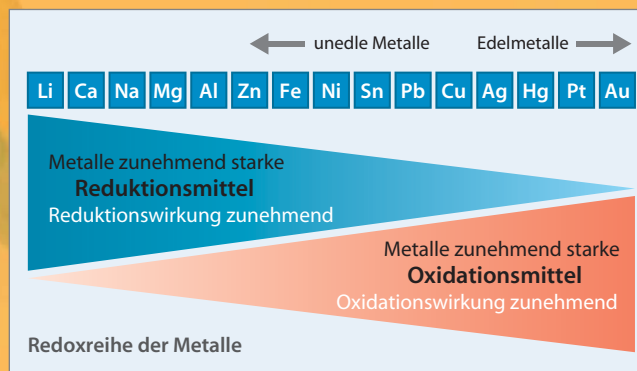
Die beiden Metalle können Alltagsgegenstände wie Nägel oder Münzen sein. Wichtig ist, dass es sich um zwei Metalle handelt, die unterschiedlich edel sind. Edle und unedle Metalle unterscheiden sich dahingehend, dass sie verschieden stark mit der Säure reagieren.

Bei den unedlen Metallen ist der Verband zwischen den Atomen und zwischen den Protonen der Atomkerne und Außenelektronen weniger stabil als bei den edlen Metallen. Sie können von Säuren leichter zersetzt werden. Die Sortierung der Metalle nach ihrem Verhalten bei Redoxreaktionen heißt Redoxreihe.

Metalle und Säuren reagieren miteinander in sogenannten Redox-Reaktionen. Das sind chemische Reaktionen mit

Elektronenübergang, die aus den Teilreaktionen Reduktion und Oxidation bestehen. Bei der Oxidation werden Elektronen abgegeben, bei der Reduktion werden sie aufgenommen.

In der galvanischen Zelle werden beiden Metallen durch die Reaktion mit der Säure Atome entzogen – die Säure zersetzt sie. Bestandteil jeder Säure ist Wasserstoff – bringt man ein Metall in eine Säure ein, so löst sich deren Verbindung mit Wasserstoff während sie die Metallatome aufnimmt. Da der Wasserstoff in Form von Ionen vorliegt, hat die Säure ohne den Wasserstoff einen Elektronenüberschuss. Die Elektronen aus den Metallatomen, die die Säure aus ihrem Verband herauslöst, bleiben auf dem Metall zurück.



Reduktionsmittel sind Stoffe, die die Elektronenaufnahme von anderen Stoffen fördern. Oxidationsmittel fördern die Elektronenabgabe.

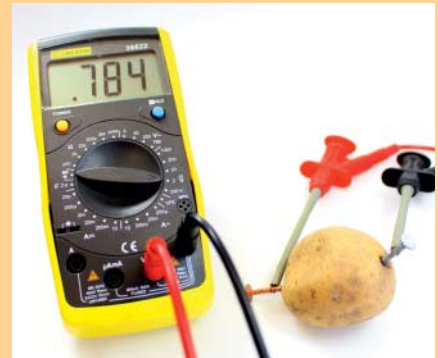
KONKRET: ZINK, KUPFER UND EINE KARTOFFEL

Üblicherweise werden galvanische Zellen mit Zink- und Kupferelektroden aufgebaut. Der Redoxreihe kann man entnehmen, dass Zink (Zn) unedler als Kupfer ist. Es gehört zu den Metallen, die von Säuren relativ leicht, aber auch nicht ganz leicht zersetzt werden können. Kupfer (Cu) kann

weniger leicht zersetzt werden als Zink, ist aber auch nicht so edel, dass es gar nicht mit Säure reagiert.

Kartoffeln enthalten Phosphorsäure – ihre chemische Bezeichnung lautet H_3PO_4 . Sie liegt also mit drei Wasserstoffionen vor. Aus H_3PO_4 wird, wenn man den Wasserstoff (H) entfernt letztendlich PO_4^{3-} . Da der pH-Wert in Kartoffeln aber bei 6,5 liegt und die Umgebung damit nicht stark sauer ist, geben die meisten Phosphorsäuremoleküle nur ein Wasserstoffion ab. Aus H_3PO_4 wird dann $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}^+$. Aus Zn wird $\text{Zn}^{2+} + \text{e}^-$.

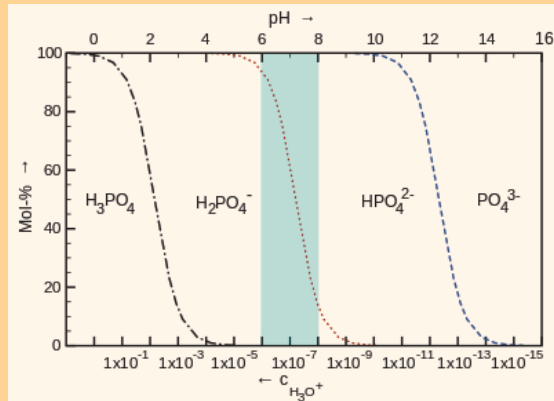
In der Säurelösung befinden sich nun Zinkionen, auf der Elektrode bleiben Elektronen zurück. Die Zinkionen bleiben in der Nähe der Elektrode, weil sie durch die verbliebenen Elektronen angezogen werden. Zwischen der Elektrode und der Lösung besteht jetzt ein Ladungsun-



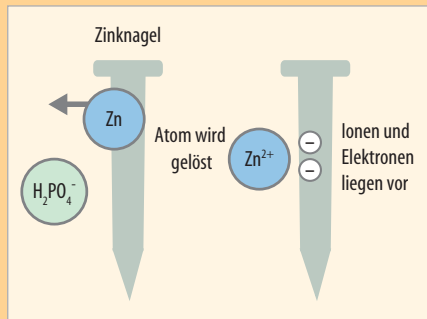
Da es in Kartoffeln keine Halbzellen gibt, haben wir die beiden Nägel möglichst weit voneinander entfernt eingesetzt. Die so entstehende Trennung reicht für den Stromfluss aus.

terschied. Die Kupferelektrode reagiert prinzipiell genauso mit der Kartoffel – allerdings in wesentlich geringerem Maße.

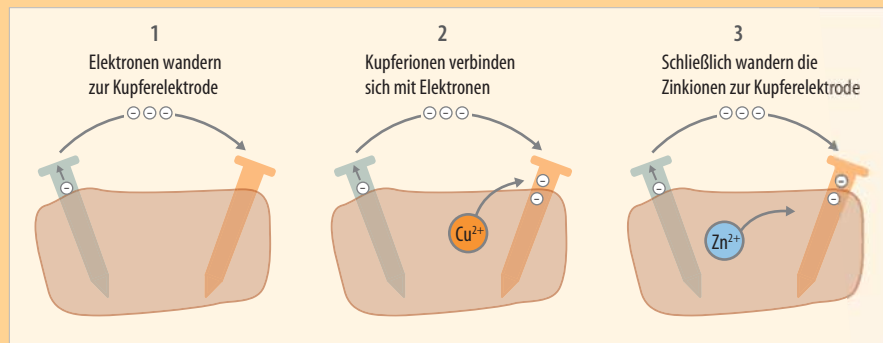
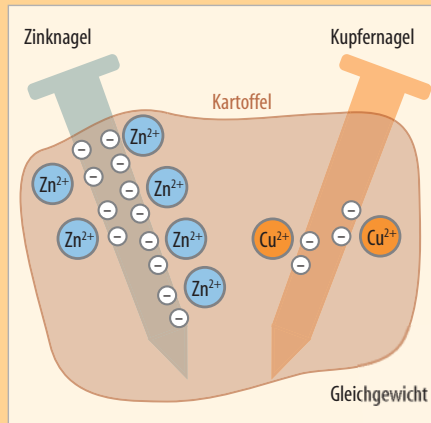
Baut man eine galvanische Zelle im Labor auf, so setzt man die beiden Elektroden in zwei sogenannten Halbzellen, die durch eine poröse Membran miteinander verbunden sind. In beiden Zellen ist der Ladungsunterschied zwischen Elektrode und Säurelösung stabil – es entsteht jeweils ein Gleichgewicht. Durch die Trennung gleichen sich die beiden Zellen nicht untereinander aus. Der verschieden große Ladungsunterschied zwischen den beiden Halbzellen wird nun für den Stromfluss genutzt.



Das Diagramm zeigt die Stoffmengenanteile (Mol-%) der unterschiedlichen Formen von Phosphorsäure in Abhängigkeit vom pH-Wert. Der pH-Wert entspricht der Stoffmengenkonzentration der Protonen beziehungsweise H_3O^+ .



Oben: Die Phosphorsäure reagiert mit dem Zink. Rechts: Die Ladungszustände an den Nägeln in der Kartoffel.



Durch die Verbindung der Nägel mit einem Kabel entsteht ein Stromkreislauf.

TIPP

Statt ein Stück Obst zu verwenden, kann man auch selbst zwei Halbzellen basteln. Das geht zum Beispiel mit zwei Gefäßen und einer Verbindung zwischen ihnen, die aus einer Schnur oder Küchenpapier bestehen kann. Bei einem solchen Aufbau kann das Gefäß selbst eine Elektrode sein. Das Gefäß sollte dann möglichst als Kathode eingesetzt werden und zum Beispiel aus einer Aluminium- oder Eisendose bestehen.

Die Kupferelektrode ist nun wesentlich weniger stark negativ geladen als die Zinkelektrode. Verbindet man also beide Elektroden mit einem Kabel, so fließen Elektronen von der Zinkelektrode zur Kupferelektrode und die Potenziale werden ausgeglichen.

Auf der Kupferelektrode entsteht jetzt ein Überfluss an Elektronen. Diese binden die Kupferionen aus der Säurelösung – in ihr entsteht ein negativer Ladungsüberschuss. Gleichzeitig zieht die Zinkelektrode die Zinkionen aus der Lösung nicht mehr an, weil ihr negatives Potenzial ja stark sinkt. Die Zersetzung der Zinkelektrode durch die Säure setzt sich fort und es entstehen zusätzliche Zinkionen. Auf der Seite mit der Zinkelektrode bildet sich also ein positiver Ladungsüberschuss.

Die Ladungsüberschüsse können ausgeglichen werden – die Zinkionen (Zn^{2+}) und die negative Phosphorsäure (H_2PO_4^-) diffundieren dabei durch die Kartoffel. In jeder galvanischen Zelle müssen also die beiden Halbzellen in irgendeiner Form verbunden sein – diese Verbindung zum Ladungsausgleich heißt Ionen- oder Salzbrücke.

Während sich diese Ladungsdifferenzen also wieder ausgleichen, wird die Zinkelektrode weiter zersetzt und der hier beschriebene Kreislauf läuft von vorne ab. Durch den Verschleiß der Elektroden kommt der Kreislauf irgendwann zu einem Stillstand – dieser Stillstand ist das, was man bei einer Batterie als „leer“ bezeichnet.

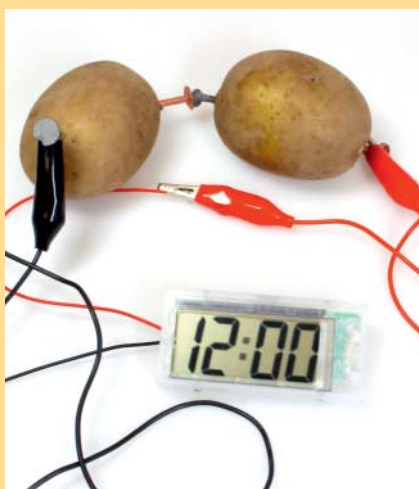
WAS MAN DAMIT MACHEN KANN

Wir haben galvanische Zellen aus rohen Kartoffeln, gekochten Kartoffeln, Äpfeln und Zitronen erstellt. Alle Zellen erzeugten eine ähnlich starke Spannung von 0,8 bis knapp 0,9 Volt. Bei der Stromstärke gab es größere Unterschiede. Gekochte Kartoffeln lieferten zu Beginn 0,6 Milliampere, nach kurzer Zeit jedoch nur noch 0,3 Milliampere und nach einem Tag 99 Mikroampere. Rohe Kartoffeln schwankten zwischen 58 und 19 Mikroampere. Der Apfel und die Zitrone konnten mit Werten zwischen 20 und 30 Mikroampere aufwarten. Kartoffeln bieten also grundsätzlich mehr Watt als Obst

– die gekochten Kartoffeln erbrachten als Stromlieferanten mit bis zu 0,5 Mikrowatt die meiste Leistung. Bereits 2009 haben israelische Forscher mit einer Reihe von Versuchen nachgewiesen, dass gekochte Kartoffeln wesentlich mehr Strom liefern als rohe. Das liegt daran, dass Pflanzen durch ihre Zellstruktur einen recht hohen natürlichen Widerstand haben. Zerstört man die Zellwände durch das Kochen, so sinkt deren Widerstand. Diese Technik funktioniert allerdings nur bei Kartoffeln, da sie durch die enthaltene Stärke nach dem Kochen nicht komplett zerfallen. —esk



Parallelschaltung: Vier Kartoffeln erzeugen knapp drei Volt.



Mit zwei Kartoffeln kann man bereits eine Digitaluhr betreiben.

Anzeige