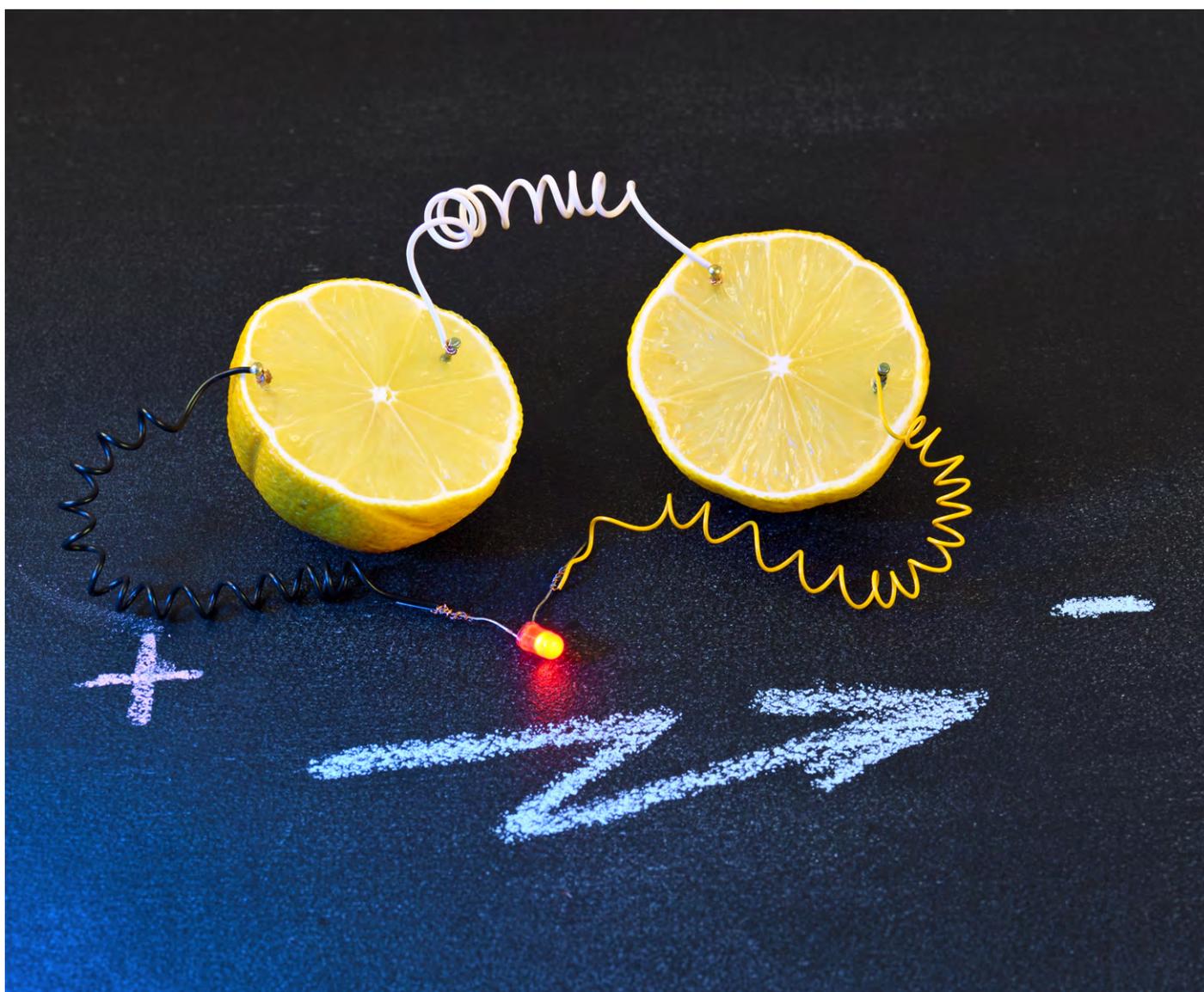


Hausgemachte Energie: Die Zitronenbatterie

Projekte für Elektroneinsteiger

Teil 4

Energie ist einer der wichtigsten Rohstoffe in der modernen Welt. Insbesondere elektrische Energie spielt eine übertragende Rolle in Wirtschaft und Technik. Neben den klassischen elektrischen und elektronischen Geräten werden auch zunehmend Fahrzeuge und Wärmepumpen mit elektrischer Energie betrieben. Kenntnisse in Erzeugung und Umwandlung elektrischer Energie sind daher für jeden Techniker und Elektroniker unerlässlich. In diesem Artikel soll deshalb die Erzeugung elektrischer Energie näher betrachtet werden. Hierzu kommen stromsparende Schaltungen zum Einsatz und es wird sogar eine Batterie aus Haushaltsmitteln selbst erstellt und getestet.



Über den Autor

Dr. Günter Spanner ist als Autor zu den Themen Elektronik, Sensortechnik und Mikrocontroller einem weiten Fachpublikum bekannt. Schwerpunkt seiner hauptberuflichen Tätigkeit für verschiedene Großkonzerne wie Siemens und ABB ist die Projektleitung im Bereich Entwicklung und Technologiemanagement. Der Dozent für Physik und Elektrotechnik hat zudem zahlreiche Fachartikel und Bücher veröffentlicht sowie Kurse und Lernpakete erstellt.

Erforderliches Material:

- Zitronen oder eine Spritzflasche mit reinem Zitronensaft
- Kupfermünzen, beispielsweise 1- oder 2-Cent-Euromünzen, diese haben zwar einen Eisenkern, sind aber mit Kupfer ummantelt
- Kleinere Stahlwinkel mit Zinkbeschichtung aus dem Baumarkt oder verzinkte Nägel
- Ein Metallspitzer mit Magnesiumgehäuse

Wichtiger Hinweis:

Die verwendeten Zitronenteile sind nach den Experimenten nicht mehr zum Verzehr geeignet, da sie einen erhöhten Gehalt an Metallionen enthalten.

Elektrische Energie: Universell und umweltfreundlich

Elektrische Energie bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Energieformen:

- **Umweltfreundlichkeit:** Elektrische Energie kann aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonne, Wind, Wasser oder Biomasse erzeugt werden. Dadurch weist sie im Vergleich zu fossilen Brennstoffen eine wesentlich geringere Umweltbelastung auf. Der Einsatz von Elektrizität reduziert die Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen, was zur Bekämpfung des Klimawandels und der Luftverschmutzung beiträgt.
- **Effizienz:** Elektrische Energiesysteme sind in der Regel sehr effizient. Bei der Umwandlung von Primärenergie in elektrische Energie geht nur ein geringer Prozentsatz der Energie verloren. Dies bedeutet, dass mehr Energie tatsächlich genutzt werden kann.
- **Vielseitigkeit:** Elektrische Energie ist äußerst vielseitig einsetzbar. Sie kann in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden, einschließlich Industrie, Transport, Haushalte und Kommunikation. Elektrizität kann für Beleuchtung, Heizung, Kühlung, den Betrieb von Elektrogeräten und vieles mehr verwendet werden.
- **Einfache Verteilung:** Elektrische Energie kann über große Entfernungen transportiert und verteilt werden. Durch das Stromnetz kann die Energie von Erzeugungsanlagen zu den Verbrauchern gebracht werden. Dies ermöglicht eine zuverlässige Stromversorgung in Städten, ländlichen Gebieten und sogar abgelegenen Regionen.

Für die Versorgung von elektronischen Schaltungen und Geräten ist immer irgendeine Form von Energie notwendig. In vielen Fällen wird diese aus dem Stromnetz gewonnen und auf niedrige Spannungen gewandelt. In mobilen Geräten kommen hingegen häufig Batterien oder Akkus zum Einsatz. Gerade im Hinblick auf die elektrische Mobilität ist die Entwicklung von effizienten Batterien und Akkus zu einem der wichtigsten modernen Forschungsbereiche geworden. Es ist daher immer wichtig und nützlich, wenn sich Techniker mit den entsprechenden Quellen auskennen. In diesem Beitrag soll daher genauer auf die Erzeugung von Strom aus Batterien eingegangen werden.

Spannungsreihe der Elemente

Die Spannungsreihe der Elemente ist eine Rangliste der Fähigkeit von chemischen Elementen, Elektronen abzugeben oder aufzunehmen. Die Elemente ganz oben in der Spannungsreihe haben eine starke Tendenz, Elektronen abzugeben, und werden als starke Reduktionsmittel bezeichnet. Sie haben also eine hohe Reduktionsfähigkeit.

Wenn zwei Elemente in Kontakt gebracht werden, tendiert das Element mit dem höheren Standard-Elektrodenpotenzial dazu, Elektronen an das Element mit dem niedrigeren Potenzial abzugeben. Dadurch entsteht ein elektrischer Strom, da die Elektronen von einem Element zum anderen fließen.

In einer Batterie gibt also ein Element Elektronen ab und wird dabei oxidiert, während das andere Element Elektronen aufnimmt und dabei reduziert wird. Dieser Elektronenfluss erzeugt den elektrischen

Strom, der genutzt werden kann, um elektronische Geräte zu betreiben.

Tabelle 1 zeigt einige der wichtigsten Elemente in der elektrochemischen Spannungsreihe.

Ein Metall gilt als umso edler, je positiver sein Standardpotenzial ist. Die Nominalspannung einer Zelle aus zwei Metallen ergibt sich aus der Summe der Standardpotenziale. Für Kupfer und Zink ergibt sich damit:

$$U = 0,34 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = 1,1 \text{ V}$$

Diese Spannung ist jedoch nur ein Näherungswert, der von verschiedenen Faktoren abhängt. Um aus zwei Metallen eine Batterie herzustellen, wird noch ein Elektrolyt benötigt. Im einfachsten Fall handelt es sich dabei um eine Säure. Diese Säure hat ebenfalls einen größeren Einfluss auf die Zellenspannung der damit betriebenen Batterie.

Metall	Standardpotenzial
Magnesium (Mg)	-2,37 V
Aluminium (Al)	-1,66 V
Zink (Zn)	-0,76 V
Eisen (Fe)	-0,44 V
Zinn (Sn)	-0,14 V
Blei (Pb)	-0,13 V
Kupfer (Cu)	+0,34 V
Silber (Ag)	+0,80 V
Gold (Au)	+1,50 V

Batterien mit Haushaltsmitteln

Im Haushalt finden sich viele verschiedene Metalle, vom eisernen Nagel bis hin zu Silberbesteck, von der Aluminiumfolie bis zur Kupfermünze. Daraus lassen sich relativ einfach elektrochemische Zellen aufbauen. Gut geeignet sind Kupfer, Zink und Zitronensaft.

Zitronen sind relativ preisgünstig und daher eine gute Quelle, aber auch Spritzflaschen mit konzentriertem Saft sind geeignet. Centmünzen mit Kupfermantel können als Elektroden dienen. Wenn das Kupfer oxidiert, nimmt es eine braune Färbung an. In diesem Fall kann es helfen, die Münzen mit etwas Schleifpapier zu bearbeiten.

Für die Zinkelektrode können beispielsweise verzinkte Stahlwinkel aus dem Baumarkt verwendet werden, aber auch verzinkte Nägel oder verzinkter Draht ist für erste Experimente geeignet.

Im einfachsten Fall können eine kupferne, also rötlich-braune Büroklammer und ein verzinkter Schalthdraht verwendet werden (**Bild 1**).

Der verzinkte Schalthdraht ist daran zu erkennen, dass er einen silbrig metallischen Glanz aufweist. Alternativ können auch verzinkte Nägel verwendet werden.

Die Büroklammer wird aufgebogen und mit der Schalthlitze verbunden. Gut geeignet sind hier auch Kabel mit Krokodilklemmen. Der verzinkte Schalthdraht wird auf etwa 3 cm abisoliert. Dann werden sowohl der Draht als auch die Büroklammer in eine aufgeschnittene Zitrone gesteckt (**Bild 2**) – fertig ist die Batterie!



Bild 1: Kupferne Büroklammer, verkupfertes Cent-Stück, verzinkter Nagel und verzinkter Schaltdraht

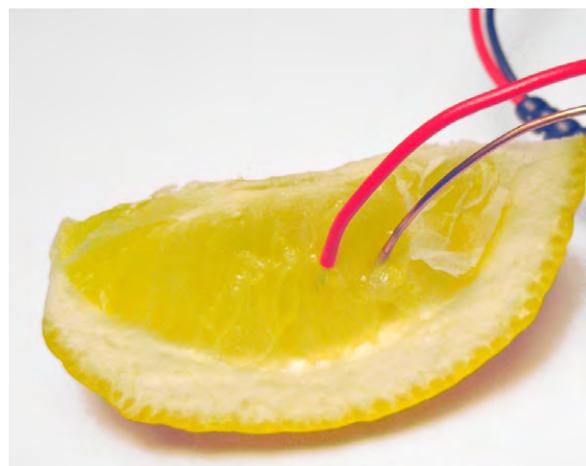


Bild 2: Einfache Zitronenbatterie mit kupferner Büroklammer und verzinktem Schaltdraht

LED an der Zitronenbatterie?

In einem ersten Experiment kann die Zitronenbatterie an eine LED angeschlossen werden (Bild 3). Das Ergebnis dieses Versuchs zeigt jedoch, dass die Spannung einer einfachen „Zitronenzelle“ nicht ausreicht, um eine LED zum Leuchten zu bringen. Dies ist auch leicht einzusehen: Die Spannung der so erstellten Batterie liegt bei nur ca. 1V. Eine LED benötigt jedoch mindestens 1,7V, um zu leuchten.

Stromsparende Schaltung

Dennoch kann man mit der einfachen Zitronenzelle eine Schaltung betreiben. Der in Bild 4 gezeigte Summer arbeitet bereits mit Spannungen ab 0,8V. Im Prinzip handelt es sich um den elektronischen Summer, der bereits im ersten Beitrag zu dieser Serie vorgestellt wurde. Wird die Zitronenzelle an die Schaltung (Bild 5) angeschlossen, ist ein leiser Ton aus dem Ohrhörer zu hören.

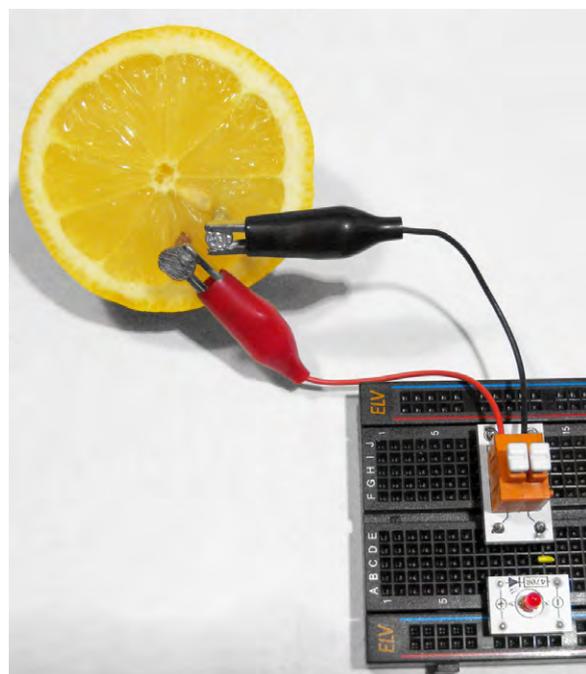


Bild 3: Eine LED an der einfachen Zitronenbatterie

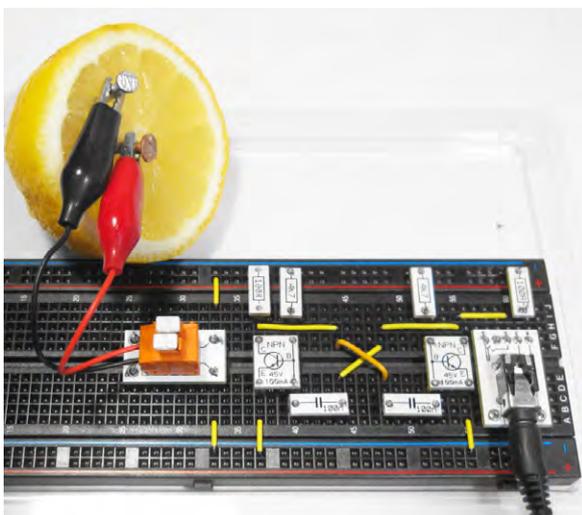


Bild 4: Summer an einer Zitronenbatterie

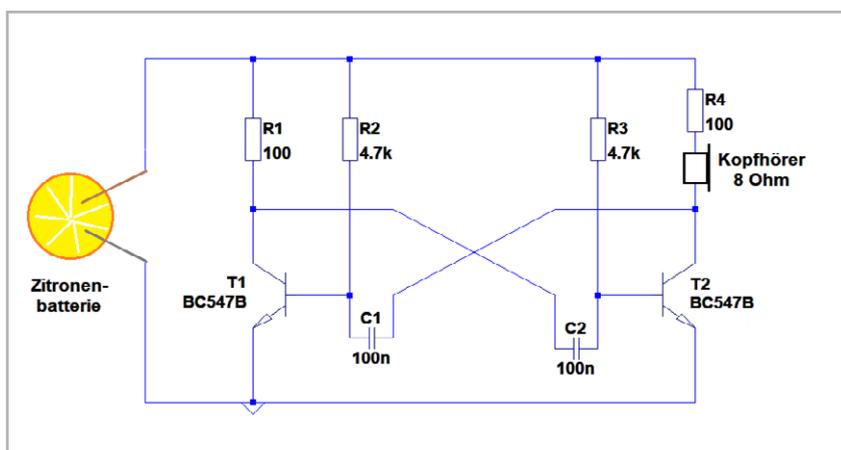


Bild 5: Schaltbild zum Zitronensummer

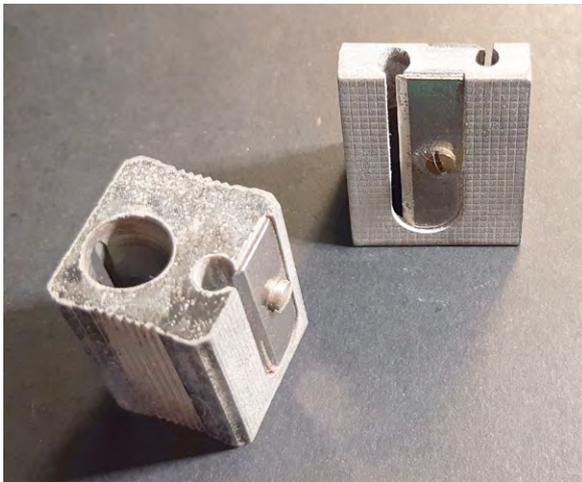


Bild 6: Bleistiftspitzer mit Magnesiumgehäuse

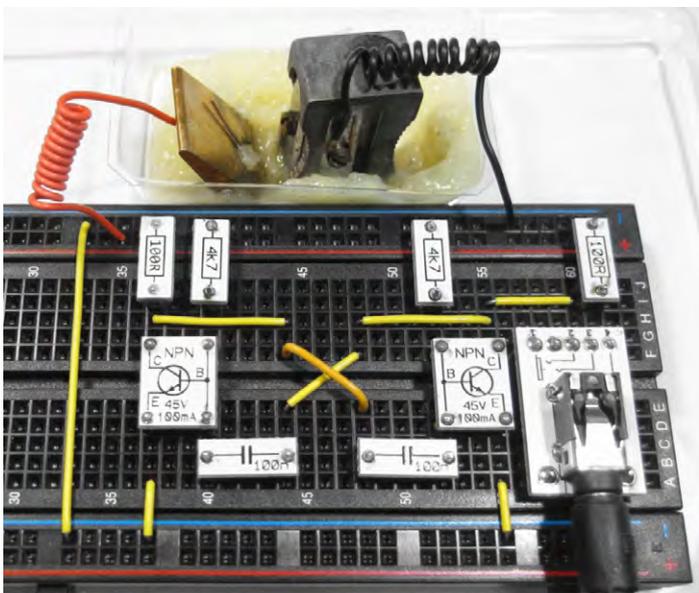


Bild 7: Zitronensummer mit Cu/Mg-Batterie

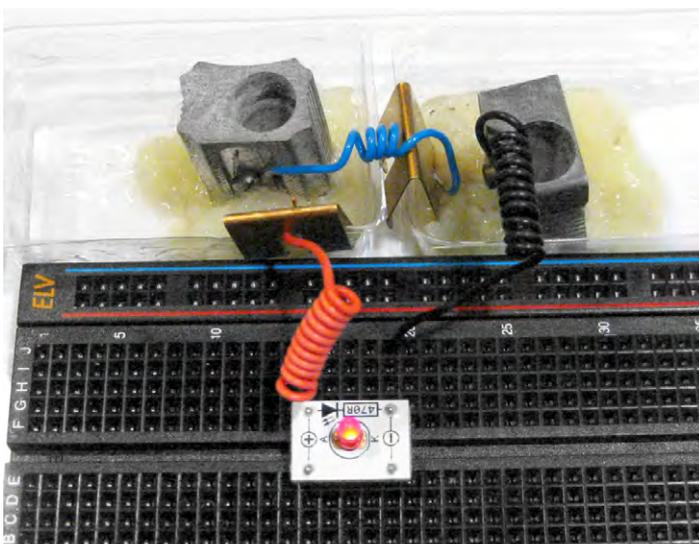


Bild 8: Mit zwei „Zellen“ leuchtet auch die LED.

Bitte mehr Spannung!

Die Spannung der Cu/Zn-Zelle von ca. 1V reicht gerade so aus, um den „Zitronensummer“ zu betreiben. Wenn man sich die Spannungsreihe genauer ansieht, erkennt man, dass mit einem noch unedleren Metall als Zink höhere Spannungen erreichbar sind. Besonders effektiv wäre das Metall Magnesium. Zwar hat es den Anschein, dass diese Metallsorte in den meisten Haushalten nicht zu finden ist. Dem ist aber nicht so – die meisten metallenen Bleistiftspitzer besitzen ein Gehäuse aus Magnesium (Bild 6).

Man kann sich nun fragen, warum die Spitzer aus diesem sonst eher seltenen Metall bestehen. Die Antwort findet sich wieder in der Spannungsreihe. Magnesium hat bei Spitzern einen großen Vorteil: Es schützt die Klinge vor dem Verrosten. Wenn die Stahlklinge und der Magnesiumkorpus Feuchtigkeit ausgesetzt sind, dann oxidiert, also rostet nur das unedlere Metall und das ist das Magnesium. Die Klinge bleibt rostfrei und scharf.

Wenn ein solcher Spitzer im Haushalt verfügbar ist, kann man damit eine Zitronenbatterie mit annähernd 1,5V aufbauen.

Eine weitere Verbesserung kann erzielt werden, wenn man die beiden Metalle nicht direkt in eine Zitrone steckt, sondern die Zitronen auspresst und den Saft oder das Fruchtfleisch direkt verwendet. Bild 7 zeigt die beiden Elektroden, ein Kupferblech aus einem alten Batteriehälter und den Magnesiumspitzer in einem entsprechenden Aufbau.

Der Zuleitungsdraht zum Spitzer kann übrigens sehr einfach an der Schraube für das Spitzermesser angeschlossen werden. Das Messer selbst sollte entfernt werden.

Mit dieser Batterie arbeitet der Summer nun mit wesentlich lautem und kräftigerem Ton.

Zwei Zellen in Serie

Wenn man die neue Cu/Mg-Zelle an eine LED anschließt, stellt man fest, dass diese immer noch nicht leuchtet. Lediglich im Dunkeln ist eventuell ein schwaches Glimmen zu erkennen. Durch ein Hintereinanderschalten von zwei Cu/Mg-Zellen kann die Spannung allerdings auf ca. 3V erhöht werden. Dies sollte dann auch zum Betrieb einer LED ausreichen. Bild 8 zeigt das Ergebnis.

Mit einer zweizelligen Zitronenbatterie leuchtet nun auch eine rote LED deutlich sichtbar auf.

Breadboard mit 830 Kontakten	Artikel-Nr. 250986
ELV Experimentierset	
Professional PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 158980

Grundlagen der Elektrochemie

In einfachen Worten ausgedrückt beschäftigt sich die Elektrochemie mit der Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie und umgekehrt. Sie untersucht, wie elektrische Ladungen (Elektronen) durch chemische Reaktionen erzeugt oder genutzt werden können.

Die Elektrochemie lässt sich in zwei wichtige Konzepte unterteilen:

Redoxreaktionen:

Redoxreaktionen sind chemische Reaktionen, bei denen Elektronen von einer Substanz zur anderen übertragen werden. Eine Substanz verliert Elektronen (sie wird oxidiert), während eine andere Substanz Elektronen aufnimmt (diese wird reduziert). Es ist hilfreich, an Redoxreaktionen als „Elektronenaustausch“ zu denken.

Elektrolyse und galvanische Zelle:

In der Elektrolyse wird elektrische Energie verwendet, um eine nicht-spontane Redoxreaktion zu erzwingen. Dabei werden Substanzen in ihre Bestandteile zerlegt, indem elektrische Ladungen durch eine Elektrolytlösung geschickt werden. Dies wird oft verwendet, um Metalle zu gewinnen oder chemische Verbindungen herzustellen.

Auf der anderen Seite nutzt eine galvanische Zelle spontane Redoxreaktionen, um elektrische Energie zu erzeugen. Galvanische Zellen, auch als Batterien bekannt, wandeln chemische Energie in elektrische Energie um, indem sie die elektrischen Ladungen, die während einer Redoxreaktion freigesetzt werden, durch einen äußeren Stromkreis leiten.

Die Elektrochemie ist ein faszinierendes Fachgebiet, das viele Anwendungen hat, von der Stromerzeugung in Batterien bis hin zur Korrosion von Metallen. Sie bildet die Grundlage für viele moderne Technologien und hat eine große Bedeutung in der technisierten Welt.

So werden etwa sogenannte Opfer- oder Schutzanoden an Schiffen und anderen metallischen Strukturen im Wasser verwendet, um Korrosion zu verhindern oder wenigstens zu minimieren. Die Opferanoden bestehen aus Metallen, die weniger edel sind als das Schiffsmaterial. Häufig werden Zink- oder Aluminiumlegierungen für diese Zwecke

verwendet. Wenn eine Opferanode mit dem Schiffsrumpf oder anderen metallischen Komponenten verbunden wird, beginnt sie vorrangig zu korrodieren. Damit schützt sie das Schiff oder andere metallische Teile.

Weitere Experimente und Anregungen

- Welche Metalle sind noch im Haushalt vorhanden? Welche Spannungen liefern Zellen mit Kupfer und Aluminium (z. B. aus gefalteter Aluminiumfolie)?
- Wie lange hält die „Zitronenbatterie“? Fünf Minuten, eine Stunde oder sogar tagelang? Ein Langzeitbetrieb der Leuchtdiode liefert die Antwort. Wie könnte man die Lebensdauer der Zitronenzelle verbessern?
- Was passiert, wenn man mehrere LEDs parallel an die Zitronenbatterie anschließt?
- Wie verändern sich die Oberflächen der in der Zitronenbatterie verwendeten Metalle?
- Funktioniert die Batterie auch mit andern Obst- oder Gemüsesorten? Welche Spannung liefern Äpfel oder Kartoffeln?

Ausblick

Nachdem in diesem Beitrag die Erzeugung von Strom mit elektrochemischen Elementen genauer betrachtet wurde, wird es im nächsten Artikel um einen sogenannten „stillen Alarm“ gehen. Normale Alarmanlagen vertreiben den Eindringling meist mit einem lauten Sirenenton. Ein stiller Alarm hingegen informiert seinen Besitzer darüber, ob eine bestimmte Tür oder ein Schrankfach heimlich geöffnet wurde. Wenn dies der Fall ist, kann man Nachforschungen anstellen, um den ungebetenen Gast zu finden. Hier sind die Erfolgschancen dann wesentlich besser, als wenn man den Eindringling mit einem lauten Alarm vertreibt. **ELV**

Immer auf dem neuesten Stand

ELV Newsletter abonnieren und Vorteile sichern!

Abonnieren Sie jetzt unseren regelmäßig erscheinenden Newsletter und Sie werden stets als einer der Ersten über neue Artikel und Angebote informiert.

- ▶ Neueste Technikrends
- ▶ Sonderangebote
- ▶ Tolle Aktionen und Vorteile

[Zum Newsletter anmelden](#)

