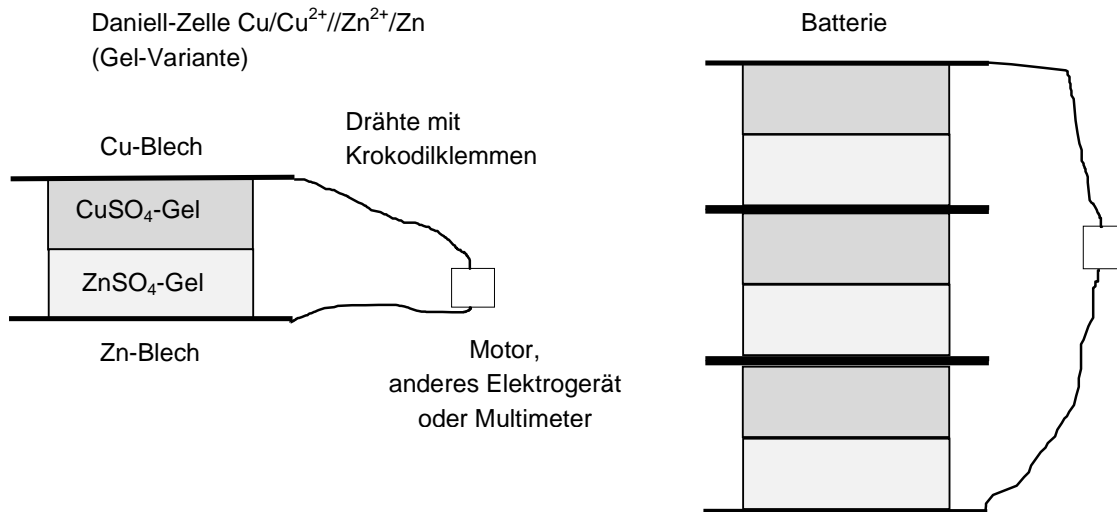


# Batterien - Elektronen von Redoxreaktionen auf Umwegen

**Galvanische<sup>1</sup> Zellen (oder Elemente)** erzeugen **elektrischen Strom** mit freiwilligen Redoxreaktionen. Ein einfaches Beispiel ist die Daniell<sup>2</sup>-Zelle.

Mit der elektrischen Spannung aus der Redoxreaktion bewegen sich die **Ionen** und **Elektronen**. Die Elektronen werden vom Reduktionsmittel am Minuspol abgegeben (Oxidation) und fliessen über Drähte durch ein Elektrogerät zum Oxidationsmittel am Pluspol (Reduktion). Dabei wird die elektrische Energie der fliessenden Elektronen genutzt. Mehrere galvanische Zellen in Serie bilden eine **Batterie**.



## Daniell-Element als Beispiel einer galvanischen Zelle herstellen<sup>3</sup>

1. Lasse zwei Gelatineblätter in einem wassergefüllten grossen Becherglas einweichen.
2. a. Mische in einem 100mL-Becherglas 2.88g Zinksulfat-Heptahydrat  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  und 20mL entmineralisiertes Wasser und erhitze auf dem Drahtnetz und Dreibein bis zur Auflösung.  
b. Löse analog 2.50g Kupfersulfat-Pentahydrat  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  in 20mL entmineralisiertem Wasser.
3. Nimm die heissen Metallsalzlösungen vom Feuer. Löse je ein eingeweichtes Gelatineblatt darin auf.
4. Giesse die Lösungen in Polystyrol-Dosen und lasse die Dosen in Eiswasser abkühlen.
5. Löse die abgekühlten Gelatinepuddings sorgfältig mit einem Messer vom Dosenrand. Stelle die Dosen kurz in etwas kochendes Wasser. Löse dann die Gelatinepuddings ganz aus den Dosen.
6. Poliere, wenn nötig, das Kupfer- und Zinkblech mit Stahlwatte.
7. Baue das Daniell-Element gemäss Skizze oben zusammen.

<sup>1</sup>Der italienische Naturforscher *Luigi Galvani* liess im 18. Jh. mit *galvanischen* Zellen erstmals kontinuierliche Ströme fliessen und untersuchte ihre Wirkung. Bekannt sind seine Versuche mit Froschschenkeln, welche sich unter Stromeinwirkung bewegten. Nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren heute die Herzschrittmacher. *Galvani* vermutete, dass die Elektrizität aus dem Muskel stammt. *Galvanis* Landsmann und Zeitgenosse *Alessandro Volta* erkannte, dass die Elektrizität aus den Metallen stammt. Er erklärte damit die galvanischen Elemente und stapelte sie zu *Voltaschen Säulen*, ähnlich unseren heutigen Batterien. Damit erreichte er grössere Spannungen und Ströme. Die elektrische Spannung wird ihm zu Ehren heute mit *Volt* gemessen.

<sup>2</sup>Der britische Naturforscher *John Frederic Daniell* (1790-1845) baute dieses Element 1836. Die Zukunft der Stromerzeugung gehörte dann aber bald Generatoren, wie sie *Faraday* 1831 zuerst gebaut hatte. Für mobile Geräte haben galvanische Zellen nach wie vor eine grosse Bedeutung.

<sup>3</sup>Anleitung nach Dr. W. Caprez, Kantonsschule im Lee, Winterthur

## Reaktionen in der galvanischen Zelle - Test mit Multimeter - Batterieschaltung

1. Welche **Oxidations-** resp. **Reduktionsreaktion** passiert an den Polen?  
Welches Blech ist **Minuspol**, welches **Pluspol** der galvanischen Zelle?  
Welche **Gesamt-Redoxreaktion** passiert als Zusammenfassung der beiden Polreaktionen?
2. Welcher **Potentialunterschied**, also welche **Spannung** ist hier nach **Redoxreihe** zwischen Plus- und Minuspol zu erwarten? Die beiden Redoxpaare bilden die beiden Pole.
3. **Miss** die **Ruhespannung**  $U_0$ , wenn die Zelle keinen Strom liefern muss.  
Mit Ruhespannungen werden die Potentialunterschiede in der Redoxreihe gemessen.
4. **Miss** den **Kurzschlussstrom**  $I_0$ , also den Maximalstrom, wenn sich ausser dem Ampèremeter und den nötigen Drahtverbindungen keine anderen Widerstände im Stromkreis befinden.  
Der Kurzschlussstrom wird nur durch den Innenwiderstand  $R_i$  der galvanischen Zelle begrenzt.
5. Lasse einen **Elektromotor** mit Strom aus der galvanischen Zelle arbeiten. **Miss** mit dem Multimeter **Arbeitsspannung**  $U$  und **Arbeitsstrom**  $I$ . Der **Innenwiderstand** der galvanischen Zelle wirkt gegen den Motorstrom. Die Spannung sinkt auf die Arbeitsspannung hinunter. Durch den zusätzlichen Motorwiderstand ist der Arbeitsstrom kleiner als der Kurzschlussstrom. Der verwendete, anspruchslöse "Solarmotor" läuft bei 0.3-4.5V und braucht nur 22mA bei 1.5V.
6. **Miss** die Ruhespannung von galvanischen Zellen **in Serie**. Wie baut man eine 9V-Batterie?
7. Welche Funktion hat die **Gelatine**? Genügt **ein** Gelatinepudding **mit beiden** Salzen auch?
8. Müssen die beiden Gelatinepuddings sich **berühren**, damit eine Ruhespannung entsteht?  
Wieso genügt es, wenn die beiden getrennten Gelatinepuddings **mit je einem Finger berührt** werden?
9. Wie verändert sich der Arbeits- und Kurzschlussstrom, wenn die Gelatinepuddings auf 0° oder tiefer **abgekühlt** werden?

---

### Elektrotechnische Ergänzungen

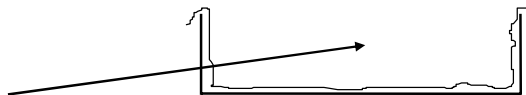
- 4a. Berechne den **Innenwiderstand**  $R_i$  der Zelle? Eine zusätzliche Messung ist nötig!
- 5a. Berechne der **elektrischen Widerstand**  $R_M$  des Motors aus Arbeitsspannung  $U$  und Arbeitsstrom  $I$ .
- 5b. Welche **Leistung**  $P = U \cdot I$  bringt die galvanische Zelle während der Arbeit?  
Welche **Energie**  $E = U \cdot I \cdot t$  bezieht der Motor während 10min Laufzeit aus dem Element?
- 6a. Mit welcher **Schaltung** können mehrere galvanische Zellen mehr Strom fliessen lassen?
- 6b. Wie wird die Spannung in den Steckdosen erzeugt? Mit unseren Elektromotoren lässt sich diese Methode der Spannungserzeugung demonstrieren. Ausprobieren!

### Elektrotechnische Grundbegriffe

- **Elektrischer Strom**  $I$ , gemessen in **Ampère A**, ist die **Bewegung geladener** Teilchen. Im Innern der galvanischen Zelle bewegen sich Ionen durch die Salzbrücke, im äusseren Stromkreis bewegen sich Elektronen durch den Draht.
- **Elektrische Spannung**  $U$ , gemessen in **Volt V**, setzt den Strom in Bewegung. Die Spannung wirkt zwischen dem Pluspol mit  $e^-$ -Mangel und dem Minuspol mit  $e^-$ -Überschuss.
- **Elektrische Energie**  $E$ , gemessen in **Joule J**, ist das Produkt der Spannung, der Stromstärke und der Zeit:  $E_{el} = U \cdot I \cdot t$
- **Elektrische Leistung**  $P$ , gemessen in **Watt W**, ist die Energie pro Zeiteinheit:  $P = E/t = U \cdot I$
- **Widerstand**  $R$ , gemessen in **Ohm  $\Omega$** , setzt sich dem Strom  $I$  auf seinem Weg entgegen.  
Widerstand kommt z. B. von Metall-Atomrümpfen im Draht oder von Wassermolekülen in der Salzlösung. Bei der Spannung  $U$  fliesst durch den Widerstand  $R$  der Strom  $I = U/R$  (**Ohmsches Gesetz:  $R = \text{const.}$** ).
- Werden Spannungsquellen, wie z. B. galvanische Zellen, in **Serie** hintereinander geschaltet, **addieren sich die Spannungen**. Werden sie **parallel** nebeneinander geschaltet, **addieren sich die Ströme**.

### Alternative

Zwei Polystyrol-Dosen mit Streifen von Backtrennpapier auslegen. Gut anpressen. Zwei Seitenwände bleiben unbedeckt.



### Antworten:

#### Reaktionen in der galvanischen Zelle, Test mit Multimeter und Batterieschaltung

1. **Oxidations:**  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  - resp. **Reduktionsreaktion**  $\text{Cu} \leftarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ ?

**Minuspol** ist Zn-Blech, **Pluspol** ist Cu-Blech?

**Gesamt-Redoxreaktion?**  $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$

2. **Potentialunterschied** oder **Spannung** ("Elektronendruck-Unterschied") **1.1V**

3. **Ruhespannung**  $U_0$  typische Werte 1.02 bis 1.08V

4. **Kurzschlussstrom**  $I_0$ , typischer Wert 0.3A

5. **Arbeitspannung**  $U$ , typischer Wert 0.9V, **Arbeitsstrom**  $I$  typischer Wert 0.03A

6. Ruhespannung wird addiert: z. B. einzeln 1.05V, zwei in Serie 2.1V, drei 3.15V etc.

Mehr Spannung durch Serieschaltung

7. **Gelatine** spielt die Rolle der Salzbrücke? Ein Gelatinepudding **mit beiden** Salzen würde den Elektronen ermöglichen direkt vom Zinkblech zu Kupfersulfat zu gehen. Die Spannung an den Blechen wäre 0V.

8. Sie müssen sich **berühren** für möglichst viel Strom. **Mit je einem Finger berührt** fließt immer noch genügend Strom(durch unseren Körper), dass der Multimeter die Spannung anzeigen kann?

9. Sinkende **Temperatur** verringert Arbeits- und Kurzschlussstrom. Die Ionen werden unbeweglicher. Der Widerstand in der Gelatine-Salzbrücke wächst.

---

4a. **Innenwiderstand**  $R_i$  = Spannung bei Kurzschluss / Kurzschlussstrom

5a. **Elektrischen Widerstand**  $R_M$  = Arbeitspannung  $U$  / Arbeitsstrom  $I$ .

5b. **Leistung**  $P = U \cdot I$  = Arbeitspannung  $U$  x Arbeitsstrom  $I$ .

**Energie**  $E = U \cdot I \cdot t$  = Arbeitspannung  $U$  x Arbeitsstrom  $I$  x 600 Sekunden

6a. Mehr Strom durch Parallelschaltung.

6b. Die Spannung in der Steckdose wird im E-Werk durch Induktion erzeugt. Die Anschlüsse zweier Motoren werden miteinander verkabelt. Drehen wir an der Welle eines Motors, wird er so zum Generator umfunktioniert und der zweite beginnt mit dem generierten Strom auch zu drehen.

### Bezugsquellen

- Gelatine-Blätter, z. B. aus der Migros
- Polystyrol-Dosen von Semadeni AG, Ostermundigen.
- Kupfer-Blech und Zink-Blech, ca. 1mm stark, selber auf 4cmx6cm zugeschnitten aus:  
Kupfer-Blech aus dem Do-it-yourself-Markt und Zink-Blech 25cmx25cmx0.7mm von Phywe  
Oder fertige Cu- oder Zn-Bleche 7.6cmx4.0cmx1mm ebenfalls von Phywe
- Kabel mit Krokodilklemmen – Messstrippen von Createc, Worb, [www.createc.ch](http://www.createc.ch) Art. Nr. 20.0284 oder von Conrad-Elektronik [www.conrad.ch](http://www.conrad.ch), Solothurn
- Solarmotoren von Createc , Worb, [www.createc.ch](http://www.createc.ch) Art. Nr. 20.0148 (Befestigung 20.0149)