

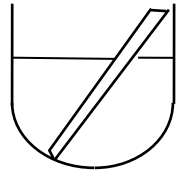
## Batterien - Elektronen von Redoxreaktionen auf Umwegen

(vgl. Chemie heute, Sekundarbereich I, Schroedel Verlag, S. 182; Büchi H., Kantonsschule Sargans)

Galvanische<sup>1</sup> Elemente (oder Zellen) erzeugen einen elektrischen Strom mit Hilfe von freiwilligen Redoxreaktionen. Ein einfaches Beispiel ist das Daniell<sup>2</sup>-Element. Durch die elektrische Spannung 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.

### Versuch 1a:

Gib zu ca. 1 mL Kupfer(II)-sulfat-Lösung in einem Reagenzglas ein Stück Zink Metall (Zn). Beobachtung? Brutto-Reaktionsgleichung? Teilgleichungen? Reaktionsart?



### Versuch 1b:

Gib zu ca. 1 mL Zinksulfat-Lösung in einem Reagenzglas ein Stück Kupfer Metall. Beobachtung? Erklärung?

Bei Redox-Reaktionen werden Elektronen übertragen, es fliessen Elektronen vom Reduktionsmittel zum Oxidationsmittel.

In Versuch 1... fliessen Elektronen vom ..... zu .....

### Elektronenfluss und/oder Ionenfluss bedeutet elektrischer Strom.

Welchen Trick könnte man nun anwenden, um die Elektronen zu veranlassen, einen Umweg über einen Draht und einen Stromverbraucher zu machen, damit sie uns nützliche Dienste leisten?

### Versuch 2a:

Baue den Versuch in Abb. 1 mit zwei kleinen Bechergläsern auf.

**M** Messgerät, kann als Amperemeter (zur Messung der Stromstärke) oder als Voltmeter (zur Messung der Spannung) verwendet werden

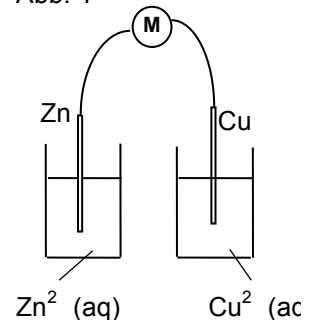
**Zn** Zink-Elektrode: Zink-Plättchen, eingetaucht in  $Zn^{2+}(aq)$ , eine 1M Zinksulfat-Lösung

**Cu** Kupfer-Elektrode: Kupfer-Plättchen, eingetaucht in  $Cu^{2+}(aq)$ , eine 1 M Kupfer(II)-sulfat-Lösung

Miss die Spannung **U** (in Volt, V) und die Stromstärke **I** (in Milliampere, mA):

Spannung U: ..... Stromstärke I: ..... Pech gehabt! Warum wohl?

Abb. 1



### Versuch 2b:

Präpariere das bereitgestellte Kunststoffgefäss mit einem Filterpapier in der Trennwand (F in Abbildung) und baue den Versuch in Abb. 2 auf.

Miss die Spannung **U** (in Volt, V) und die Stromstärke **I** (in Milliampere, mA)

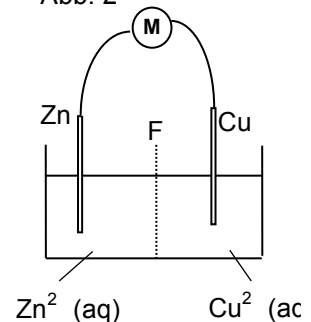
und berechne die **Leistung P = U · I** (in **Watt**, W) der Batterie:

Spannung U: ..... Stromstärke I: ..... Leistung P: .....

Könnte man damit das bereitgestellte Glühlämpchen zum Leuchten bringen? (Anschrift des Lämpchens: 1 – max.1.5V / 15 mA). .....

Versuche es! Probiere auch, ob Du den Elektromotor mit Propeller zum Laufen bringst.

Abb. 2



<sup>1</sup>Der italienische Naturforscher Luigi Galvani liess im 18. Jh. mit galvanischen Elementen 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 Elemente nach wie vor eine grosse Bedeutung.

Formuliere die Reaktionsgleichungen der Teilreaktionen an den beiden Elektroden und die Brutto-Reaktionsgleichung. Welche Elektrode ist der negative Pol? Skizziere und erkläre den Ladungstransport in diesem Galvanischen Element.

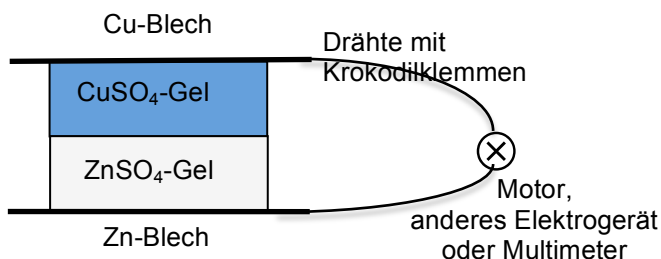
### Versuch 3

Stelle ein Daniell-Element als Beispiel eines galvanischen Elements her.<sup>3</sup>

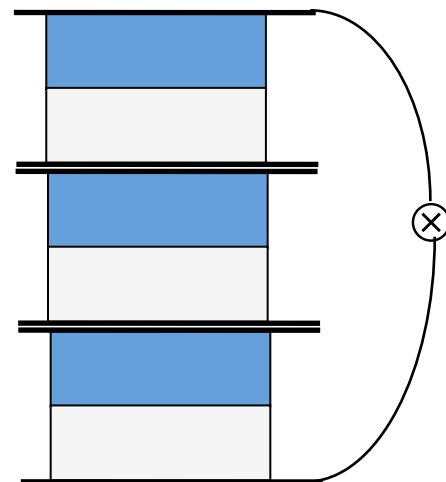
1. Lasse vier Gelatineblätter in einem wassergefüllten grossen Becherglas einweichen.
2. Erwärme auf der Heizplatte unter Rühren ca. 50 mL destilliertes Wasser bis auf ca. 60-80°C.
3. Wäge in ein 100 mL-Becherglas 2.88 g Zinksulfat-heptahydrat  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  und in ein zweites Becherglas 2.50 g Kupfer(II)-sulfat-pentahydrat  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Giesse in jedes Becherglas jeweils 20 mL heisses destilliertes Wasser und löse die Metallsalze.
4. Löse in der noch heissen Metallsalzlösungen je zwei eingeweichte Gelatineblätter auf.
5. Rühre die Lösung solange auf der Heizplatte bis die Gelatineblätter vollständig gelöst sind.
6. Giesse die Lösungen in Polystyrol-Dosen und lasse die Dosen in Eiswasser ca. 15 bis 20 Minuten abkühlen.
7. Löse die abgekühlten Gelatinepuddings sorgfältig mit einem Spatel aus der Dose heraus.
8. Poliere, wenn nötig, das Kupfer- und Zinkblech mit Schleifpapier.
9. Baue das Daniell-Element gemäss Skizze unten zusammen.
10. Mehrere galvanische Elemente in Serie bilden eine Batterie.

#### Daniell-Element

$\text{Cu}/\text{Cu}^{2+} // \text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$   
(Gel-Variante)



#### Batterie



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

---

**Reaktionen im galvanischen Element - Test mit Multimeter - Batterieschaltung**

1. Welche Oxidations- bzw. Reduktionsreaktion läuft an den Polen ab?  
Welches Blech ist Minuspol, welches Pluspol des galvanischen Elements?  
Welche Gesamt-Redoxreaktion läuft als Summe der beiden Polreaktionen ab?
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 das Element 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 Amperemeter und den nötigen Drahtverbindungen keine anderen Widerstände im Stromkreis befinden. Der Kurzschlussstrom wird nur durch den Innenwiderstand  $R_I$  des galvanischen Elements begrenzt.
5. Lasse einen Elektromotor mit Strom aus dem galvanischen Element arbeiten. Miss mit dem Multimeter Arbeitsspannung  $U$  und Arbeitsstrom  $I$ . Der Innenwiderstand des galvanischen Elements wirkt gegen den Motorstrom. Die Spannung sinkt auf die Arbeitsspannung hinunter. Durch den zusätzlichen Motorwiderstand ist der Arbeitsstrom kleiner als der Kurzschlussstrom.
6. Miss die Ruhespannung von galvanischen Elementen 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  $0^\circ$  oder tiefer abgekühlt werden?

---

**Elektrotechnische Ergänzungen**

- 4a. Berechne den Innenwiderstand  $R_I$  des Elements? 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 das galvanische Element während der Arbeit?  
Welche Energie  $E = U \cdot I \cdot t$  bezieht der Motor während 10 min Laufzeit aus dem Element?
- 6a. Mit welcher Schaltung können mehrere galvanische Elemente 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 Ampere A, ist die Bewegung geladener Teilchen. Im Innern des galvanischen Elements 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 Elemente, in Serie hintereinander geschaltet, addieren sich die Spannungen. Werden sie parallel nebeneinander geschaltet, addieren sich die Ströme.