

# Die Kupfer/Zink-Zelle (Daniell-Element) - Leerlaufspannung eines galvanischen Elements mit Cobra SMARTsense



Die Schülerinnen und Schüler erlernen mit Hilfe dieses Versuches eines der klassischsten galvanischen Elemente, das Daniell-Element.

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Chemie                                                                              | Physikalische Chemie                                                                | Elektrochemie                                                                        | Elektrochemie-Messplatz                                                               |
| Chemie                                                                              | Physikalische Chemie                                                                | Elektrochemie                                                                        | Galvanische Elemente, Brennstoffzellen                                                |
|  |  |  |  |
| Schwierigkeitsgrad                                                                  | Gruppengröße                                                                        | Vorbereitungszeit                                                                    | Durchführungszeit                                                                     |
| mittel                                                                              | 2                                                                                   | 10 Minuten                                                                           | 20 Minuten                                                                            |

This content can also be found online at:



<https://www.curriculab.de/c/682c140e2ae2f200022da724>

PHYWE



# Lehrerinformationen

## Anwendung

PHYWE



Zwei Elektroden in Salzlösungen bilden die einfachste Form einer Batterie. Sie dienen als elektrische Quelle und erzeugen eine Spannung.

Die Entdeckung der **galvanischen Elemente** – besser bekannt als **Batterien** – ermöglichen die mobile Stromversorgung vieler Geräte und prägen unseren Alltag. Sie dienen als elektrische Energiequelle und liefern eine Spannung.

Ein bekanntes Beispiel ist das **Daniell-Element**: Es besteht aus einer Zink- und einer Kupfer-Halbzelle. Es wird oft als einfaches Modell für galvanische Zellen im Unterricht verwendet.

## Sonstige Lehrerinformationen (1/8)

PHYWE

## Vorwissen



Die Schüler sollten bereits wissen, was eine galvanische Zelle ist und wie diese aufgebaut ist.

## Prinzip



In einer vollständigen „galvanischen Zelle“ (auch galvanisches Element genannt) tauchen zwei unterschiedliche Metallelektroden jeweils in wässrige Lösungen eines ihrer eigenen Salze ein. Elektronen fließen über eine Salzbrücke (Stromschlüssel) zwischen den Zellen und erzeugen so eine Spannungsdifferenz.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/8)

PHYWE

## Lernziel



Die Schüler lernen mit dem Daniell-Element ein klassisches Beispiel für eine galvanische Zelle kennen. Dabei werden die Begriffe **elektrisches Potenzial** und **Potenzialdifferenz** eingeführt. Außerdem lernen sie, dass die gemessene Spannung bei Standardbedingungen der Leerlaufspannung der Zelle entspricht und, welche Faktoren diese Bedingungen beeinflussen.

## Aufgaben



Die Schüler bauen zwei galvanische Elemente  $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}||\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}$  mit unterschiedlichen Salzkonzentrationen auf und vergleichen deren Spannungen. Sie untersuchen im Experiment die Funktion der einzelnen Bestandteile beider Zellen.

## Sonstige Lehrerinformationen (3/8)

In diesem Versuch soll eine vollständige **galvanische Zelle** (auch **galvanisches Element** genannt) aufgebaut werden. Dabei können die Begriffe Potenzial und Potenzialdifferenz eingeführt werden.

Eine galvanische Zelle besteht aus zwei unterschiedliche Metallelektroden, die jeweils in wässrige Lösungen eines ihrer eigenen Salze eintauchen. In einer Kupfer-Zink-Zelle befindet sich die **Kupferelektrode** in Kupfersulfatlösung, die **Zinkelektrode** in Zinksulfatlösung.

Für den Stromfluss zwischen den beiden Lösungen wird ein **Stromschlüssel** benötigt – eine leitende Verbindung, die den Ionenfluss ermöglicht. Dafür kann zum Beispiel Chromatographie- oder Filterpapier genutzt werden, das mit Kaliumnitratlösung getränkt ist und mit je einem Ende in die beiden Lösungen eintaucht.

Das System aus Metallelektrode und zugehöriger Salzlösung wird als **Halbzelle** oder **Halbelement** bezeichnet. Eine vollständige galvanische Zelle besteht somit aus zwei Halbzellen, zwei Elektroden und dem verbindenden Stromschlüssel.

## Sonstige Lehrerinformationen (4/8)

PHYWE

Der Lösungsdruck eines Metalls ist sein Bestreben, sich in Kontakt mit Wasser aufzulösen, und wird als Konzentration abgegeben. Die Stärke dieses Bestrebens wird als Lösungsdruck oder elektrisches Potenzial bezeichnet.

Da jedes Metall einen eigenen Lösungsdruck besitzt, verlaufen die Oxidationsreaktionen in den Halbzellen unterschiedlich stark. Verbindet man zwei solcher Halbzellen, entsteht eine Potenzialdifferenz, also eine elektrische Spannung. Die Größe dieser Spannung ergibt sich aus dem Unterschied der Standardpotentiale  $E^\circ$  der beiden Metalle.

Diese Standardpotenziale definieren, wie "unedel" oder "edel" ein Metall ist. Zink ( $E^\circ = -0,76 \text{ V}$ ) ist unedeler als Kupfer ( $E^\circ = 0,34 \text{ V}$ ).

## Sonstige Lehrerinformationen (5/8)

PHYWE

Für das Zink-Kupfer-Element gilt:



Betrachtet man die Reaktionen an den Elektroden als Gleichgewichte, liegt das Gleichgewicht bei der Zinkoxidation weiter auf der Produktseite als bei der Kupferreaktion. Dadurch sammeln sich auf der Zinkelektrode mehr Elektronen an als auf der Kupferelektrode. Die Zinkelektrode wird daher zum Minuspol, die Kupferelektrode zum Pluspol.

Verbindet man beide Elektroden (z.B. mit einem Kabel), fließen die Elektronen vom Zink zum Kupfer. Das galvanische Element funktioniert nun als Stromquelle. Dabei verändern sich die Zustände an den Elektroden: An der Zinkelektrode gehen Zinkatome vermehrt in Lösung, während an der Kupferelektrode Kupferionen durch Elektronenaufnahme als Kupfer abgeschieden werden. Elektrolyt-Anionen und Sulfationen können durch die Salzbrücke zu Zink-Halbzelle diffundieren, um den Ladungsausgleich zu ermöglichen.

## Sonstige Lehrerinformationen (6/8)

PHYWE

Die Oxidation von Zink und Reduktion von Kupferionen zu festem Kupfer lassen sich in einem Zusatzversuch direkt beobachten. Taucht man die Zinkelektrode kurz in Kupfersulfatlösung, scheidet sich sofort feinverteiltes Kupfer ab. Es bildet sich eine grauschwarze Schicht auf dem Zink, die sich nicht mit Wasser abspülen lässt.

Zur Benennung der Elektroden in elektrochemischen Zellen wurde folgendes festgelegt:

**Anode: Oxidation** – Elektronen werden abgegeben (Zink-Halbzelle, Minuspol).

**Kathode: Reduktion** – Elektronen werden aufgenommen (Kupfer-Halbzelle, Pluspol).

In der Kupfer-Zink-Zelle ist die Zinkelektrode (Minuspol) die Anode, und die Kupferelektrode (Pluspol) die Kathode.

## Sonstige Lehrerinformationen (7/8)

PHYWE

Die Differenz der Potenziale zweier Halbzellen ergibt bei stromloser Messung die **Leerlaufspannung**. Wird die Messung unter **Standardbedingungen** durchgeführt (Temperatur: 25°C, Konzentration: 1 mol/L, Druck: 1,013 bar), entspricht sie der Differenz der **Standardpotenziale**:

$$\Delta E = E_{\text{Kathode}} - E_{\text{Anode}}$$

Die Spannung im offenen Stromkreis nennt man **Leerlaufspannung**, die Spannung im geschlossenen Stromkreis ist die **Klemmspannung**. Die Leerlaufspannung ist immer etwas höher als die Klemmspannung. Bei der Messung mit einem hochohmigen Voltmeter wie dem Cobra SMARTsense Voltage (Innenwiderstand im Megaohm-Bereich) und einem geringen Innenwiderstand des galvanischen Elements gilt: Klemmspannung  $\simeq$  Leerlaufspannung.

## Sonstige Lehrerinformationen (8/8)

PHYWE

**Die Lösungen können für alle hergestellt werden, um Chemikalien zu sparen!**

- **Kupfersulfatlösung** (1 mol/l): Füge 124,85 g Kupfersulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Zinksulfatlösung** (1 mol/l): Füge 143,77 g Zinksulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitrat** (1 mol/l): Füge 50,5 g Kaliumnitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kupfer- und Zinksulfatlösung** (0,1 mol/l): Entnehme jeweils 2 ml der 1M Lösungen und fülle sie in zwei Bechergläser um. Füge anschließend jeweils 18 ml destilliertem Wasser hinzu. Gut mischen!

Bei Verwendung dieser Ansatzgröße kann ein 600 ml Becherglas verwendet werden. Dieses finden Sie in PHYWE Webshop.

## Sicherheitshinweise

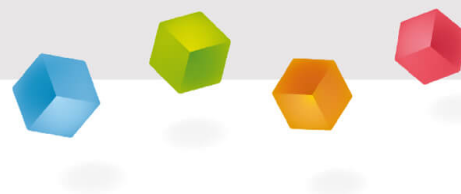
PHYWE



- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.
- Während des Versuches müssen alle im Raum befindlichen Personen eine Schutzbrille tragen!
- Zinksulfat-Lösungen der Konzentration  $c = 1,0 \text{ mol/l}$  wirken reizend.
- Für H- und P- Sätze bitte das Sicherheitsdatenblatt der jeweiligen Chemikalie hinzuziehen.

PHYWE

## Schülerinformationen



## Motivation

PHYWE



Batterien sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken – sie versorgen viele Geräte mit Strom und sind daher für den Betrieb einer Drohne unverzichtbar. Die Grundlage dafür sind Batterien, deren Funktionsweise auf **galvanischen Elementen** beruht, die chemische Energie in elektrische Energie umwandeln.

In diesem Versuch lernst du eines der bekanntesten galvanischen Elemente kennen: das **Daniell-Element** (Kupfer/Zink-Zelle). Dabei erfährst du, wie mit Hilfe zweier Metalle und ihrer Salzlösungen elektrische Energie erzeugt werden kann.

## Aufgaben

PHYWE



### Wie funktioniert eigentlich eine Batterie?

1. Baue zwei galvanische Zellen mit Kupfer- und Zinkelektroden auf, die sich nur in der Konzentration der Salzlösungen unterscheiden.
2. Untersuche, welche Aufgaben die einzelnen Bestandteile der galvanischen Zelle haben (Elektroden, Salzlösungen, Stromschüssel)
3. Miss und vergleiche die Spannungen der beiden Zellen. Wie wirkt sich die Konzentration der Salzlösungen auf die Spannung aus?

## Material

| Position | Material                                                                                             | Art.-Nr.      | Menge |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|
| 1        | Cobra SMARTsense Voltage - Sensor zur Messung von elektrischer Spannung $\pm 30$ V (Bluetooth + USB) | 12901-01      | 1     |
| 2        | Verbindungsleitung, 2 mm-Stecker, 5 A, 50 cm, rot                                                    | 07356-01      | 1     |
| 3        | Verbindungsleitung, 2 mm-Stecker, 5 A, 50 cm, blau                                                   | 07356-04      | 1     |
| 4        | Reduzierstecker 4/2-mm-Buchse, 1 Paar                                                                | 11620-27      | 2     |
| 5        | Krokodilklemme, isoliert, rot & schwarz, 2 mm, 2 Stück                                               | 07275-00      | 2     |
| 6        | Streifenelektrode Kupfer für Schülerversuche Elektrochemie Länge: 75 mm, Breite 15 mm                | 07856-10      | 1     |
| 7        | Messzellenblock mit 8 Bohrungen, d = 40 mm für Aufbau galvanischer Zellen                            | 37682-00      | 1     |
| 8        | Deckel für Messzellenblock, 8 Stück                                                                  | 37683-00      | 1     |
| 9        | Becherglas, Boro, hohe Form, 50 ml                                                                   | 46025-00      | 4     |
| 10       | Tropfflasche, Kunststoff, 50 ml                                                                      | 33920-00      | 1     |
| 11       | Streifenelektrode Zink für Schülerversuche Elektrochemie Länge: 75 mm, Breite 15 mm                  | 07856-20      | 1     |
| 12       | Becherglas, Boro, hohe Form, 50 ml                                                                   | 46025-00      | 4     |
| 13       | Kupfer(II)-sulfat-5-Hydrat, 250 g                                                                    | 30126-25      | 1     |
| 14       | Zinksulfat Heptahydrat, 250 g                                                                        | 30249-25      | 1     |
| 15       | Kaliumnitrat, 250 g                                                                                  | 30106-25      | 1     |
| 16       | Wasser, demineralisiert, rein, 10000 ml                                                              | CHE-882041145 | 1     |
| 17       | Chromatographie-Papier, 100 Streifen                                                                 | 32972-00      | 1     |
| 18       | Schutzbrille "classic" - OneSize, Unisex                                                             | 39316-00      | 1     |

## Zusätzliches Material

PHYWE

| Position | Material | Artikel-Nr. | Menge |
|----------|----------|-------------|-------|
| 1        | Pinzette | 64610-01    | 1     |

## Aufbau (1/5)

PHYWE

Zur Messung mit den **Cobra SMARTsense Sensoren** wird die **PHYWE measureAPP** benötigt. Die App kann kostenfrei im jeweiligen App Store (QR-Codes siehe unten) heruntergeladen werden. Bitte überprüfe vor dem Starten der App, ob auf deinem Gerät (Smartphone, Tablet, Desktop-PC) **Bluetooth aktiviert** ist.



iOS



Android



Windows

## Aufbau (2/5)

PHYWE

Die Lösungen können für alle hergestellt werden, um Chemikalien zu sparen!

- **Kupfersulfatlösung** (1 mol/l): Füge 12,5 g Kupfersulfat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Zinksulfatlösung** (1 mol/l): Füge 14,4 g Zinksulfat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitrat** (1 mol/l): Füge 5,1 g Kaliumnitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kupfer- und Zinksulfatlösung** (0,1 mol/l): Entnehme jeweils 2 ml der 1M Lösungen und fülle sie in zwei Bechergläser um. Füge anschließend jeweils 18 ml destilliertem Wasser hinzu. Gut mischen!

## Aufbau (3/5)

PHYWE

Feuchte nacheinander zwei Salzbrücken mit Hilfe einer Pinzette in der Kaliumnitratlösung an und platziere sie als Brücke zwischen zwei Messzellen im Messzellenblock (siehe Abbildung).

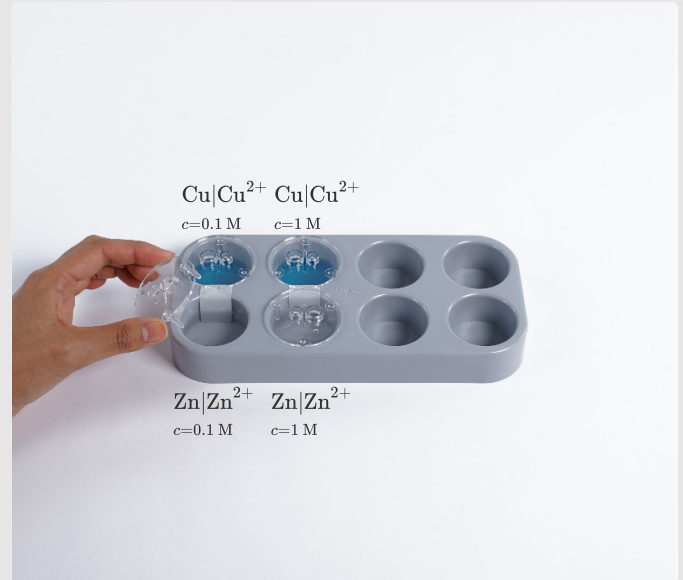


## Aufbau (4/5)

PHYWE

Fülle, wie in der Abbildung angegeben, die Salzlösungen in die entsprechenden Messzellen des Messzellenblocks.

Setze auf jede Messzelle einen Messzellendeckel auf.



## Aufbau (5/5)

PHYWE

Schau dir die beiden Elektroden, Kupfer (Cu) und Zink (Zn) an: Sollte das Metall durch die Lagerung oxidiert sein, verwende ein Stück Schmirgelpapier, um die Oxidschicht zu entfernen.

*Beachte im Folgenden die Farbe der Verbindungen: blau (Zink, Minuspol) immer an blau (schwarz) und rot (Kupfer, Pluspol) immer an rot!*

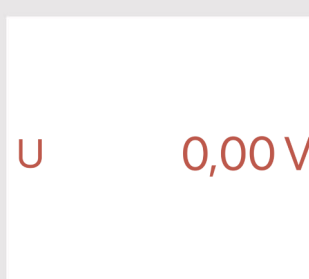
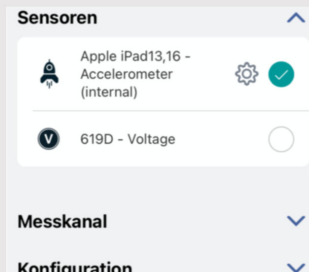
Verbinde die Krokodilklemmen mit den Metallelektroden (Kupfer- und Zinkblech) und die Leitungen mittels Reduzierstecker mit dem Cobra SMARTsense Voltage Sensor.



## Durchführung (1/2)

PHYWE

- Starte die measureAPP auf einem mobilen Endgerät.
- Drücke am Sensor für circa 3 Sekunden die Start-Taste.
- Verbinde den Sensor durch Tippen auf  neben der Beschreibung des Sensors in der measureAPP.
- Stelle die Messwertanzeige durch Tippen auf oberhalb des Diagramms ein. 0.0



## Durchführung (2/2)

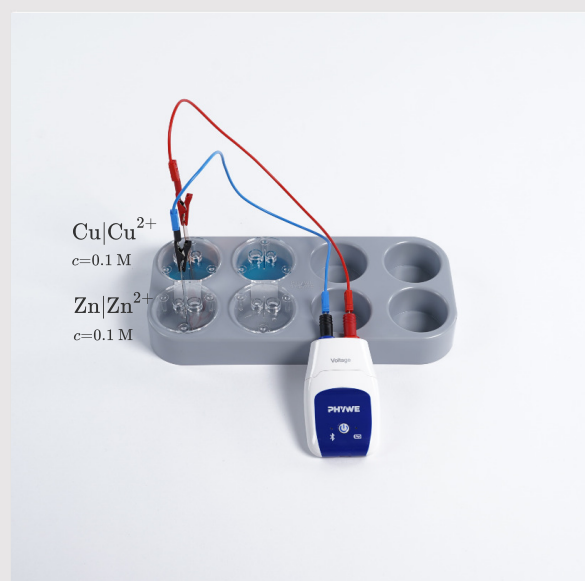
PHYWE

### Achte darauf, dass sich die Elektroden während der Messung nicht berühren!

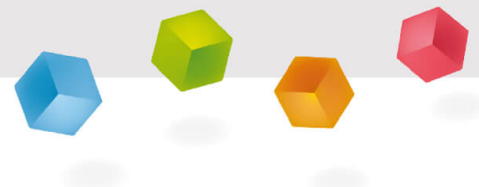
Stecke zunächst eine Kupferelektrode in die verdünnte Kupfersulfatlösung (Messzelle 1) und eine Zinkelektrode in die verdünnte Zinksulfatlösung (Messzelle 2).

Beobachte, welche Spannung in der measureAPP angezeigt wird und notiere sie, sobald sie einen konstanten Wert erreicht.

Spüle anschließend die Elektroden mit destilliertem Wasser ab und reinige mindestens die Kupferelektrode oberflächlich mit Schmirgelpapier. Führe die gleiche Messung in den konzentrierten Salzlösungen durch.



PHYWE



# Protokoll

## Aufgabe 1

PHYWE

Wie funktioniert das Daniell-Element? Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Im Daniell-Element findet an der  die Oxidation von Zn zu  statt.

Dabei werden zwei  abgegeben. Die Elektronen wandern zur Kathode, an der die  von  zu Cu erfolgt.

Das  des Daniell-Elements beträgt 1,1 V.

Elektronen

 $\text{Cu}^{2+}$  $\text{Zn}^{2+}$ 

Reduktion

Standardpotential

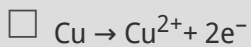
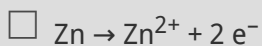
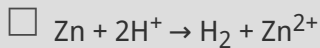
Anode

☒ Überprüfen

## Aufgabe 2

PHYWE

Metalle sind bekanntlich bestrebt, in wässrigen Lösungen in den gelösten Zustand überzugehen. Wähle die Lösungsgleichungen von Kupfer und Zink aus.

☐ Es kann keine Lösungsgleichung von Kupfer und Zink geben, da beide Halbmetalle sind.☒ Check

## Aufgabe 3

PHYWE

Welche Funktion hat die Salzbücke in einer galvanischen Zelle?

☐ Sie erhöht die Spannung.☐ Sie ermöglicht den Ionenaustausch.☐ Sie trennt die Elektroden physisch.☐ Sie leitet die Elektronen.☒ Check

## Aufgabe 4

PHYWE

Welche Aussagen treffen zu?

- ☐ Zwischen beiden Halbzellen berechnet sich das Potential mit:  $\Delta E = E_{\text{Kathode}} - E_{\text{Anode}}$ .
- ☐ Das Standardpotenzial beschreibt die Leitfähigkeit der Elektrode.
- ☐ Das Potential zweier Halbzellen in einem offenem Stromkreis wird als Leerlaufspannung bezeichnet.
- ☐ Führt man Messungen bei Standardbedingungen durch, entspricht die Leerlaufspannung der Differenz der Standardpotentiale.

☒ Check

## Aufgabe 5

PHYWE

Berechne das Standardpotential (die Leerlaufspannung) des Daniell-Elements. Gegeben sind die Halbzellenreaktionen:



- ☐ Das Standardpotential bzw. Leerlaufspannung beträgt  $-1,1 \text{ V}$ .
- ☐ Das Standardpotential bzw. Leerlaufspannung beträgt  $0,76 \text{ V}$ .
- ☐ Das Standardpotential bzw. Leerlaufspannung beträgt  $1,1 \text{ V}$ .

☒ Check

## Aufgabe 6

PHYWE

Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit die gemessene Spannung einer galvanischen Zelle der Standard-Leerlaufspannung entspricht?

- ☐ Es darf kein Strom fließen.
- ☐ Es muss ein Verbraucher angeschlossen sein.
- ☐ Die Metallsalzlösungen der Halbzellen müssen unterschiedliche Konzentrationen haben.
- ☐ Die Ionenkonzentration muss 1 mol/L betragen.

 Check

| Folie                                                                  | Punktzahl / Summe |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Folie 25: Wie funktioniert das Daniell-Element?                        | 0/6               |
| Folie 26: Lösungsgleichung                                             | 0/2               |
| Folie 27: Salzbrücke                                                   | 0/1               |
| Folie 28: Zusammenfassung: Daniell-Element                             | 0/3               |
| Folie 29: Standardpotential bzw. Leerlaufspannung eines galvanische... | 0/1               |
| Folie 30: Unbenannt: Multiple Choice                                   | 0/2               |

Gesamtsumme

 ★ 0/15 Lösungen Wiederholen