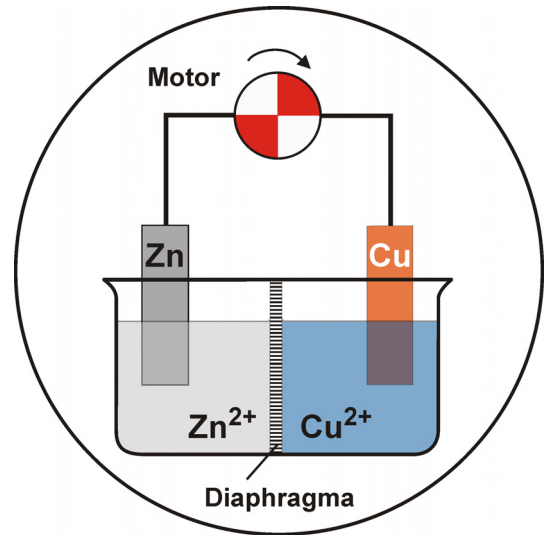


DANIELL-Element

Geräte:

Blumentopf aus Ton
Gummistopfen
Kristallisierschale
Kupfer-Elektrode
Zink-Elektrode
hochohmiges Spannungsmessgerät
kleiner Elektromotor mit weiß-roter Drehscheibe
Stativ, Muffe
Kabelmaterial



Chemikalien:

Kupfersulfat-Lösung (1 kmol m^{-3})
Zinksulfat-Lösung (1 kmol m^{-3})
gesättigte Kochsalz-Lösung

Sicherheitshinweise:

Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$):



H302, H315, H319, H410
P273, P305 + P351 + P338, P302 + P352

Zink(II)-sulfat-Heptahydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$):



H302, H318, H410
P280, P273, P305 + P351 + P338

Schutzbrille und Schutzhandschuhe sind unbedingt zu tragen; wenn möglich, sollte unter einem Abzug gearbeitet werden.

Versuchsdurchführung:

Vorbereitung: Der Blumentopf, dessen Boden fest mit einem Gummistopfen verschlossen wurde, wird ab dem Vortrag in einer gesättigten Kochsalzlösung gewässert. Kurz vor dem Versuch wird er aus der Salzlösung genommen, abgespült und in die Kristallisierschale gestellt. Der Elektromotor wird am Stativ befestigt und die Elektroden, falls erforderlich, gereinigt.

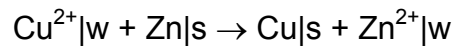
Durchführung: Die Zinksulfat-Lösung wird in die Kristallisierschale und die Kupfersulfat-Lösung in den Blumentopf gefüllt. Danach wird die Kupferelektrode in die Kupfersulfatlösung und die Zinkelektrode in die Zinksulfatlösung gehängt; beide Elektroden sollten gut in die zugehörige Lösung eintauchen. Die Elektroden verbindet man zunächst mit dem Spannungsmessgerät. Anschließend wird der Elektromotor parallel zum Messgerät angeschlossen.

Beobachtung:

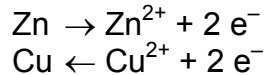
Am Messgerät kann eine Spannung von etwas über 1 V abgelesen werden. Der Motor läuft, gut erkennbar an der Drehung der Scheibe; aber die Spannung sinkt.

Erklärung:

Im Falle der Reaktion



können die beiden Halbreaktionen



auch räumlich voneinander getrennt, d. h. verteilt auf zwei Halbzellen einer galvanischen Zelle vorliegen, die durch einen äußeren Leiterkreis miteinander verbunden sind. So setzt sich das *DANIELL-Element* aus einer Zn- und einer Cu-Elektrode zusammen, die jeweils in eine zugehörige Zn^{2+} - bzw. Cu^{2+} -Lösung tauchen, wobei beide Elektrolytlösungen über ein Diaphragma miteinander in Kontakt stehen. Die tönernerne Wand des Blumentopfes übernimmt im vorliegenden Versuch die Rolle des Diaphragmas.

Auch weiterhin besteht nun das Gefälle der chemischen Potentiale, das die zugrundeliegende Reaktion ($\text{Cu}^{2+}|\text{w} + \text{Zn}|\text{s} \rightarrow \text{Cu}|\text{s} + \text{Zn}^{2+}|\text{w}$) vorantreibt, doch können die Edukte nicht so einfach zueinander gelangen, da sie durch eine nur für Ionen, nicht aber Elektronen durchlässige „Wand“, nämlich die Elektrolytlösungen, voneinander getrennt sind. Die einzige Möglichkeit besteht darin, dass Ionen und Elektronen sozusagen „getrennte Wege“ gehen. Während die Ionen in der Elektrolytlösung wandern können, müssen die Elektronen über den äußeren Leiterkreis gelenkt werden. An der Zinkelektrode gehen Zinkionen in Lösung, d. h., es findet eine Oxidation statt; es handelt sich daher um die Anode. Der „Elektronenstau“ durch die zurückbleibenden Elektronen führt dazu, dass sich diese Elektrode negativ auflädt. An der Kupferelektrode scheiden sich hingegen Kupferionen in Form von neutralem Kupfer ab, d. h., die Ionen werden reduziert (Kathode). Der durch den Elektronenverbrauch entstehende „Elektronensog“ lässt diese Elektrode positiv werden. Zwischen den beiden Elektroden entsteht folglich eine elektrische Spannung. Doch stellt sich an den Elektroden bereits nach Übergang unwägbar kleiner Ionenmengen elektrochemisches Gleichgewicht ein.

Im Gleichgewicht und damit bei stromloser Messung ergibt sich die *Urspannung* ΔE des *DANIELL-Elementes* unter Normbedingungen ($T^{\ominus} = 298 \text{ K}$, $p^{\ominus} = 100 \text{ kPa}$, $c^{\ominus} = 1 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$) theoretisch zu

$$\Delta E^{\ominus} = -U = E^{\ominus}(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) - E^{\ominus}(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = +0,3402 \text{ V} - (-0,7628 \text{ V}) = +1,103 \text{ V}.$$

Experimentell wird eine Ruheklemmenspannung von etwas über 1 V bestimmt.

Die (in zwei Teilreaktionen zerlegte) chemische Umsetzung kann dazu benutzt werden, einen Elektronenstrom im äußeren Leiterkreis zu treiben. Auf diese Weise wird z. B. ein kleiner Elektromotor mit einer weiß-roten Drehscheibe (zur Verdeutlichung der Bewegung) angetrieben. Das *DANIELL-Element* ermöglicht also die direkte Umwandlung von chemischer in elektrische Energie. Beim Stromfluss über den Verbraucher sinkt jedoch die elektrische Spannung, das elektrochemische Gleichgewicht wird gestört.

Entsorgung:

Die Zinksulfat- und Kupfersulfat-Lösungen können, wenn sie nicht zu sehr verschmutzt wurden, für weitere Durchführungen des Versuches aufbewahrt werden. Ansonsten werden die Lösungen im Behälter für Schwermetallabfälle gesammelt.