

## Spannungsreihe der Metalle (Mit CASSY)

### Versuchsziele

- Spannungsreihe der Metalle experimentell ermitteln.
- Verknüpfen verschiedener Halbzellen zu elektrischen Elementen
- Redoxreaktionen kennenlernen.
- Reduktions- bzw. Oxidationsmittel bestimmen.

### Grundlagen

Redoxreaktionen bilden die Grundlage der Elektrochemie. Dies sind Reaktionen, bei denen durch einen Reaktionspartner Elektronen abgegeben werden und von einem weiteren Reaktionspartner aufgenommen werden. Der Name „Redox“ setzt sich dabei aus den gleichzeitig stattfindenden Einzelreaktionen zusammen, der Reduktion und Oxidation. Reduktion beschreibt dabei die Reaktion, bei der ein Reaktionspartner Elektronen aufnimmt. Bei der Oxidation dagegen werden Elektronen abgegeben. Stoffe, die andere Stoffe oxidieren, werden als Oxidationsmittel bezeichnet. Stoffe, die andere reduzieren, nennt man Reduktionsmittel.

Nicht alle Stoffe haben dieselbe Neigung Elektronen abzugeben bzw. aufzunehmen, weil sie unterschiedliche Lösungs- und Abscheidungsbestreben haben. Taucht ein Metall in die Lösung eines seiner Salze ein, so baut sich aufgrund seines Lösungs- bzw. Abscheidungsbestrebens ein Potenzial auf. Bei Metallen mit einem größeren Bestreben, Elektronen abzugeben, lädt sich das Metall aufgrund zurückbleibender Valenzelektroden negativ auf, während sich die Lösung positiv auflädt. Dies trifft z.B. auf Zink und Eisen

zu. Diese Metalle lassen sich leicht oxidieren und werden als unedel bezeichnet. Bei Metallen, die ein größeres Abscheidungsbestreben haben, verhält es sich umgekehrt. Das Metall lädt sich positiv auf, weil sich Metallionen aus der Lösung daran abscheiden. Diese Metalle lassen sich nicht leicht oxidieren und werden als edel bezeichnet. Hierzu gehören Metalle wie Silber und Kupfer.

Wenn ein Metall in die Lösung eines seiner Salze eintaucht und ein solches Potenzial ausgebildet wird, dann bezeichnet man diesen Aufbau als Halbzelle. Das Potenzial einer Halbzelle alleine ist nicht messbar. Verbindet man zwei Halbzellen leitend miteinander, so erhält man eine elektrochemische Zelle. Dann ist eine Spannung messbar, welche die Potenzialdifferenz zwischen beiden Halbzellen wiedergibt. Je höher diese Differenz ausfällt, desto mehr unterscheiden sich die beiden Metalle in ihrem Lösungs- bzw. Abscheidungsbestreben. Außerdem lässt sich so experimentell ermitteln, welches Metall die Kathode und welches die Anode bildet. Leitend miteinander verbinden lassen sich Halbzellen z.B., wenn sie durch einen Stromschlüssel (Salzbrücke) miteinander verbunden werden, so dass Elektronen von einer zu anderen Halbzelle diffundieren können.



Abb. 1: Versuchsaufbau.

Kombiniert man verschiedene Halbzellen miteinander, kann man sie anhand der erhaltenen Werte der Potenzialdifferenzen ordnen. So lässt sich experimentell die sogenannte Spannungsreihe der Metalle ermitteln. Dabei wird das unedelste Metall bei allen Kombinationen immer die Anode bilden. Das edelste Metall hingegen wird bei allen Versuchen immer die Kathode bilden. Die restlichen Metalle können dann anhand der Potenzialdifferenzen gegenüber diesen beiden Metallen eingeordnet werden.

Mit Hilfe der Spannungsreihe der Metalle lassen sich Aussagen über den Ablauf von Redoxreaktionen treffen. So lässt sich voraussagen, welche Reaktionen freiwillig ablaufen und bei welchen eine Spannung aufgebracht werden muss, um die Reaktionen zu erzwingen.







In diesem Versuch wird experimentell die Spannungsreihe der Metalle am Beispiel von Kupfer, Silber, Eisen und Zink ermittelt. Auch Blei oder Nickel können eingeordnet werden. Dazu werden diese nacheinander miteinander in einer elektrochemischen Zelle kombiniert. Anhand der gemessenen Spannungen und jeweiligen Polung kann dann die Spannungsreihe erstellt werden.







### Gefährdungsbeurteilung

Hautkontakt mit Zinksulfat-7-hydrat, Silbernitrat und Salzsäure unbedingt vermeiden.

Bleisulfat und Nickelchlorid sind toxisch und krebserregend. Von Fall zu Fall entscheiden, ob ein Einsatz die Risiken aufwiegt.

Blei(II)-nitrat-Lösung, ca. 1 M	
    	<p><b>Gefahrenhinweise</b></p> <p>H272 Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.            H360Df Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.            H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen.            H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.            H318 Verursacht schwere Augenschäden.            H373 Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.            H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b></p> <p>P201 Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.            P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.            P305+P351+P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.            P308+P313 Bei Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.</p>
<p><b>Signalwort:</b> Gefahr</p>	

Eisen(II)-sulfat-7-hydrat	
	<p><b>Gefahrenhinweise</b></p> <p>H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.            H319 Verursacht schwere Augenschäden.            H315 Verursacht Verätzungen.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b></p> <p>P305+P351+P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.            P302+P352 Bei Kontakt mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen.</p>
<p><b>Signalwort:</b> Achtung</p>	
Kupfer(II)-sulfat	
 	<p><b>Gefahrenhinweise</b></p> <p>H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.            H315 Verursacht Verätzungen.            H319 Verursacht schwere Augenreizung.            H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.            H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b></p> <p>P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.            P305+P351+P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.            P302+P352 Bei Kontakt mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen.</p>
<p><b>Signalwort:</b> Achtung</p>	
Silbernitrat	
  	<p><b>Gefahrenhinweise</b></p> <p>H272 Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.            H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.            H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b></p> <p>P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.            P280 Bei Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.            P301+P330+P331 BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.            P305+P351+P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.            P309+P311 Bei Exposition oder Unwohlsein: Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.</p>
<p><b>Signalwort:</b> Gefahr</p>	

Zinksulfat-7-hydrat	
  	<p><b>Gefahrenhinweise</b></p> <p>H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.            H318 Verursacht schwere Augenschäden.            H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b></p> <p>P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.            P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.            P305+P351+P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.</p> <p><b>Signalwort:</b> Gefahr</p>
Nickel(II)-chlorid	
  	<p><b>Gefahrenhinweise</b></p> <p>H350i Kann bei Einatmen Krebs erzeugen.            H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.            H360D Kann das Kind im Mutterleib schädigen.            H301 Giftig bei Verschlucken.            H331 Giftig bei Einatmen.            H373 Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition durch Einatmen.            H315 Verursacht Hautreizungen.            H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.            H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen.            H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b></p> <p>P201 Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.            P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.            P308+P313 BEI Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ ärztliche Hilfe hinzuziehen.            P304+P340 BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.            P302+P352 BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.            P309+P310 BEI Exposition oder Unwohlsein: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.</p> <p><b>Signalwort:</b> Gefahr</p>

### Geräte und Chemikalien

1	Stativstange 25 cm .....	300 41
1	Sockel .....	300 11
1	Doppelmuffe S .....	301 69
1	Universalklemme 0...80 mm.....	666 555
1	Universelles Messinstrument Chemie.....	531 836
1	UIP-Sensor S.....	524 0621
7	Becherglas, Boro 3.3, 150 ml, hF.....	602 010
7	Glasrührstab, aus Satz 10 .....	665 212ET10
1	Kompaktwaage 200 g : 0,01 g .....	667 7977
1	Pulverspatel Edelstahl, 185 mm.....	604 5682
1	Messzylinder 100 ml, Kunststofffuß .....	665 754
1	Plattenelektrode Kupfer, 76x40 mm,.....	591 53
1	Plattenelektrode Zink, 76x40 mm.....	591 54
1	Plattenelektrode Silber, 55x40 mm .....	664 421
1	Plattenelektrode Eisen, 76x40 mm .....	591 55
1	Plattenelektrode Blei, 76x40 mm .....	591 591
1	Plattenelektrode Nickel, 76x40 mm.....	591 56
1	Experimentierkabel 19 A, 50 cm, Paar.....	501 45
1	Schnabelklemmen, blank, 6 Stück.....	501 861
1	Stromschlüsselrohr, 90 mm x 90 mm.....	667 455
1	Gummistopfen voll, 16...21 mm Ø.....	667 255
1	Kaliumnitrat, 100g.....	672 6800
1	Kupfer(II)-sulfat-5-hydrat, 100 g.....	672 9600
1	Zinksulfat-7-hydrat, 250 g .....	675 5410
1	Silbernitrat, 25 g.....	674 8610
1	Eisen(II)-sulfat-7-h., 250 g .....	671 9110
1	Bleinitratlösung, 500 ml.....	670 9650
1	Nickel(II)-sulfat, 100 g.....	673 9000
1	Wasser, rein, 1 l.....	675 3400

### Aufbau der Apparatur

Das Stromschlüsselrohr als Salzbrücke in einer Halterung befestigen (siehe Abb. 1). Dazu wird eine Stativstange in einen Sockel eingesetzt und festgeschraubt. An der Stativstange kann nun eine Doppelmuffe befestigt werden, mit welcher dann eine Universalklemme gehalten wird. Mit der Universalklemme die Salzbrücke fixieren.

### Vorbereitung

- Zur Vorbereitung werden 1 M Lösungen angesetzt.
- Dazu werden die Einwaagen für Eisen(II)-sulfat-7-hydrat, Kupfersulfat-5-hydrat, Silbernitrat, Zinksulfat-7-hydrat und evtl. Nickelsulfat berechnet. Es wird jeweils eine Einwaage für 100 ml Lösung berechnet.
- Zur Berechnung werden die molaren Massen der Stoffe benötigt.

$$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278,00 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,69 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{AgNO}_3) = 169,87 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 287,53 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{NiSO}_4) = 154,75 \text{ g/mol}$$

Zusätzlich wird für die Salzbrücke eine 1 M  $\text{KNO}_3$ -Lösung benötigt.

$$M(\text{KNO}_3) = 101,11 \text{ g/mol}$$

- Die Berechnung für 100 ml einer 1 M Lösung wird folgendermaßen durchgeführt:

$$m = c \cdot V \cdot M$$

Damit erhält man die folgenden Einwaagen:

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 27,80 \text{ g}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 24,97 \text{ g}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 16,99 \text{ g}$$

$$m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 28,75 \text{ g}$$

$$m(\text{NiSO}_4) = 15,48 \text{ g}$$

$$m(\text{KNO}_3) = 10,11 \text{ g/mol}$$

- Die Einwaagen werden in den Bechergläsern in je 100 ml destilliertem Wasser durch Umrühren mit einem Glasstab gelöst.

