

Elektrochemische Spannungsreihe der Metalle aus Potentialdifferenzen von Halbzellen mit Cobra SMARTsense



Die Schüler lernen im Laufe des Versuchs die "elektrochemische Spannungsreihe" von Metallen kennen.

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/68358646fad9d1000271ed89>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Die Entdeckung und Weiterentwicklung der sogenannten galvanischen Elemente, besser bekannt als Batterien, hat für den Menschen eine große Bedeutung. Sie ermöglichen die mobile Stromversorgung zahlreicher Elektrogeräte und prägen somit unseren heutigen Lebensstandard entscheidend.

Durch die Kombination verschiedener Halbzellen zu galvanischen Zellen entstehen unterschiedliche Gleichspannungen. Diese Spannungsunterschiede erlauben es, Metalle in einer bestimmten Reihenfolge – der **elektrochemischen Spannungsreihe** – anzuordnen. Die Kenntnis dieser Reihenfolge ermöglicht es, Potenzialdifferenzen zwischen Metallen auch **indirekt** zu bestimmen, ohne dass eine direkte Messung erforderlich ist.

Sonstige Lehrerinformationen (1/7)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten mit galvanischen Elementen (Daniell-Element) in der Theorie und Praxis gearbeitet haben. Außerdem sollten sie bereits ein Grundverständnis für Spannungsreihen in der Elektrochemie besitzen.

Prinzip



Die Kombination verschiedener Halbzellen zu galvanischen Zellen führt zu unterschiedlichen Gleichspannungen. Durch Beachtung dieser Spannungsunterschiede lassen sich Metalle in einer bestimmten Reihenfolge zur elektrochemischen Spannungsreihe anordnen.

Sonstige Lehrerinformationen (2/7)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen im Laufe des Versuchs die "elektrochemischen Spannungsreihe" von Metallen kennenlernen und einschätzen können, welches Metall "edler" und welches "unedler" ist.

Aufgaben



Die Schüler sollen 4 verschiedene Halbzellen aus $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}$, $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}$, $\text{Pb}|\text{Pb}^{2+}$ und $\text{Ag}|\text{Ag}^+$ aufbauen. Sie sollen die Halbzellen paarweise zu galvanischen Zellen kombinieren und die entstehenden Gleichspannungen messen. Im Anschluss können die Metalle anhand der Spannungen nach ihrem elektrochemischen Potential geordnet werden.

Sonstige Lehrerinformationen (3/7)

PHYWE

Aus den gemessenen Spannungen ergibt sich eine klare Reihenfolge der vier Metalle im Hinblick auf ihr **Lösungsbestreben** bzw. ihr **elektrochemisches Potenzial**. Dabei zeigt sich, dass Zink das stärkste Bestreben hat, in den Ionen-Zustand überzugehen, während Silber dieses Bestreben am wenigsten ausgeprägt zeigt. Entsprechend bildet **Zink** gegenüber allen anderen Metallen stets den **negativen Pol**, **Silber** hingegen stets den **positiven Pol**.

Die Metalle Blei und Kupfer zeigen ein wechselndes Verhalten:

- Blei ist gegenüber Zink positiv, gegenüber Kupfer und Silber jedoch negativ
- Kupfer ist gegenüber Zink und Blei positiv, gegenüber Silber hingegen negativ.

Sonstige Lehrerinformationen (4/7)

PHYWE

Aus den gemessenen Spannungen zwischen den Metallpaaren ergeben sich die folgenden **Potenzialdifferenzen**:

Metallpaar	Potentialdifferenz $\Delta E / V$
Ag - Cu	+0,45
Cu - Pb	+0,47
Pb - Zn	+0,63
Ag - Pb	+0,92
Zn - Ag	+1,55
Zn - Cu	+1,01

Diese Werte zeigen, dass sich die Potenzialdifferenz zwischen zwei Metallen auch **indirekt berechnen** lässt, indem man die Differenzen mehrerer Zwischenschritte addiert. So ergibt sich zum Beispiel die Potenzialdifferenz zwischen **Zink und Silber** nicht nur direkt, sondern auch aus der Summe mehrerer Teilspannungen:

$$\Delta E_{\text{Zn-Ag}} = \Delta E_{\text{Ag-Cu}} + \Delta E_{\text{Cu-Pb}} + \Delta E_{\text{Pb-Zn}} = 1,55 \text{ V} \quad \text{oder}$$

$$\Delta E_{\text{Zn-Ag}} = \Delta E_{\text{Ag-Pb}} + \Delta E_{\text{Pb-Zn}} = 1,55 \text{ V.}$$

Sonstige Lehrerinformationen (5/7)

PHYWE

Diese Übereinstimmung bestätigt, dass die Potenzialdifferenzen **additiv** sind und sich auf diese Weise auch unbekannte Werte ableiten lassen.

Die Ordnung aller Metalle in der Reihenfolge ihrer Potenziale ergibt schließlich die sogenannte **elektrochemische Spannungsreihe**. Sie ermöglicht es, Aussagen über das Redoxverhalten von Metallen zu treffen und galvanische Elemente gezielt zu planen oder zu analysieren, auch ohne jede Kombination experimentell zu überprüfen.

Sonstige Lehrerinformationen (6/7)

PHYWE

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

- **Kupfersulfatlösung** (0,1 mol/l): Füge 12,5 g Kupfersulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Bleinitratlösung** (0,1 mol/l): Füge 16,5 g Bleinitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Zinksulfatlösung** (0,1 mol/l): Füge 14,4 g Zinksulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Silbernitratlösung** (0,1 mol/l): Füge 8,5 g Silbernitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Sonstige Lehrerinformationen (7/7)

PHYWE

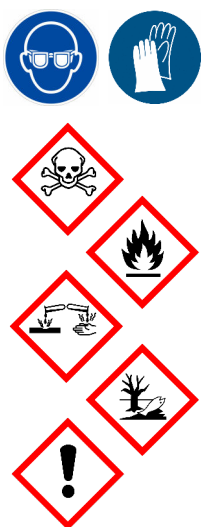
Die Lösungen können für alle hergestellt werden, um Chemikalien zu sparen!

- **Kaliumnitratlösung** (1 mol/l): Füge 51 g Kaliumnitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

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

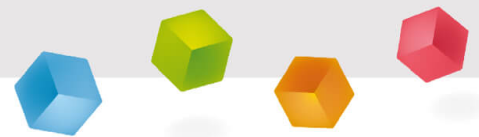
Sicherheitshinweise

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!
- Blei und Bleinitrat sind giftig beim Einatmen und Verschlucken wobei die Gefahr kumulativer Wirkung besteht. Sie können auch über die Haut aufgenommen werden. Jeden Kontakt der Chemikalien mit den Augen und der Haut vermeiden.
- Für H- und P- Sätze bitte das Sicherheitsdatenblatt der jeweiligen Chemikalie hinzuziehen.

PHYWE



Schülerinformationen

Motivation

PHYWE



Ein bedeutender Meilenstein für die Menschheit war die Entdeckung und Weiterentwicklung der sogenannten galvanischen Elemente, besser bekannt als Batterien.

Durch die **Kombination verschiedener Halbzellen** entstehen galvanische Zellen, die unterschiedliche Gleichspannungen erzeugen. Diese **Spannungsunterschiede** ermöglichen es, Metalle entsprechend ihres elektrochemischen Verhaltens in eine bestimmte Reihenfolge zu bringen, die sogenannte elektrochemische Spannungsreihe. Die Kenntnis dieser Reihenfolge sowie der sich daraus ergebenden **Potenzialdifferenzen** erlaubt es, Spannungen zwischen Metallen auch **indirekt** zu bestimmen, ohne dass eine direkte Messung erforderlich ist.

Aufgaben

PHYWE



Wie lassen sich Metalle nach ihrem elektrochemischen Potential ordnen?

1. Baue jeweils 4 Halbzellen auf: $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}$, $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}$, $\text{Pb}|\text{Pb}^{2+}$, $\text{Ag}|\text{Ag}^{+}$
2. Kombiniere die Halbzellen paarweise zu galvanischen Zellen (insgesamt 6 Kombinationen).
3. Miss die entstehenden Gleichspannungen.
4. Ordne die Metalle anhand der Spannungen nach ihrem elektrochemischen Potenzial (vom unedelsten zum edelsten Metall).

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense Voltage - Sensor zur Messung von elektrischer Spannung ± 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	1
5	Krokodilklemme, isoliert, rot & schwarz, 2 mm, 2 Stück	07275-00	1
6	Streifenelektroden-Set für Schülerversuche Elektrochemie Länge: 75 mm, Breite 15 mm	07856-00	1
7	Schmirgelpapier, mittlere Körnung	01605-00	1
8	Silberblech, 150 x 150 x 0,1 mm, 1 St. (ca. 25 g)	31839-04	1
9	Becherglas, Boro, hohe Form, 50 ml	46025-00	5
10	Tropfflasche, Kunststoff, 50 ml	33920-00	1
11	Messzellenblock mit 8 Bohrungen, d = 40 mm für Aufbau galvanischer Zellen	37682-00	1
12	Deckel für Messzellenblock, 8 Stück	37683-00	1
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	Silbernitrat, 25 g	30222-04	1
17	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1
18	Chromatographie-Papier, 100 Streifen	32972-00	1
19	Schutzbrille "classic" - OneSize, Unisex	39316-00	1

Zusätzliches Material

PHYWE

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

Vorbereitung

PHYWE

- **Kupfersulfatlösung** (0,1 mol/l): Füge 1,25 g Kupfersulfat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Bleinitratlösung** (0,1 mol/l): Füge 1,65 g Bleinitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Zinksulfatlösung** (0,1 mol/l): Füge 1,44 g Zinksulfat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Silbernitratlösung** (0,1 mol/l): Füge 0,85 g Silbernitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitratlösung** (1 mol/l): Füge 5,1 g Kaliumnitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Aufbau (1/3)

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 (2/3)

PHYWE

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



Aufbau (3/3)

PHYWE

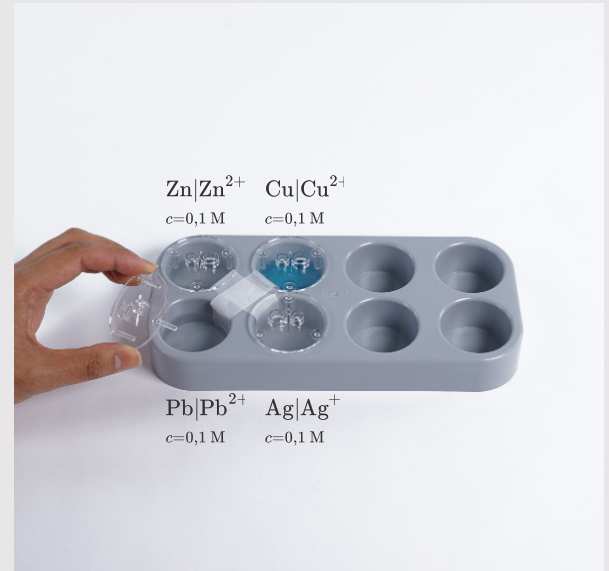
Fülle die Messzellen 1 bis 4 mit den entsprechenden Metallsalzlösungen (siehe Abbildung).

Setze auf jede Messzelle einen Messzellendeckel auf.

Schau dir die Elektroden an: Sollte das Metall durch die Lagerung oxidiert sein, verwende ein Stück Schmirgelpapier, um die Oxidschicht zu entfernen. *Auf keinen Fall mit der Bleielektrode!*

Stecke dann die angegebenen Metallelektroden in die entsprechenden Messzellen: Zink, Kupfer, Silber und Blei.

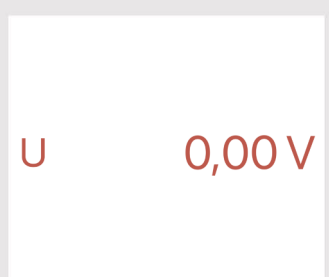
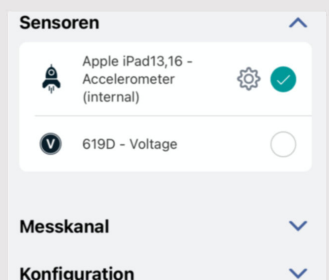
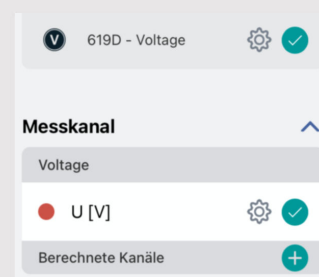
Hinweis: Die Silberelektrode wird in der Größe der anderen Elektroden aus dem Blech ausgeschnitten.



Durchführung (1/6)

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

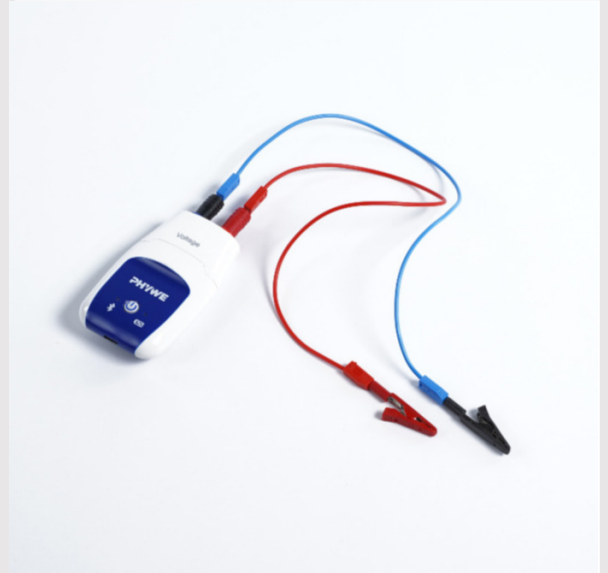


Durchführung (2/6)

PHYWE

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

Verbinde, wie auf der folgenden Folie gezeigt, die Krokodilklemmen mit den Metallelektroden und die Leitungen mittels Reduzierstecker mit dem Cobra SMARTsense Voltage Sensor.



Durchführung (3/6)

PHYWE

Versuchsteil 1

Weitere Details zur Durchführung befinden sich auf den darauffolgenden Folien.

Notiere alle gemessenen Spannungen auf Folie

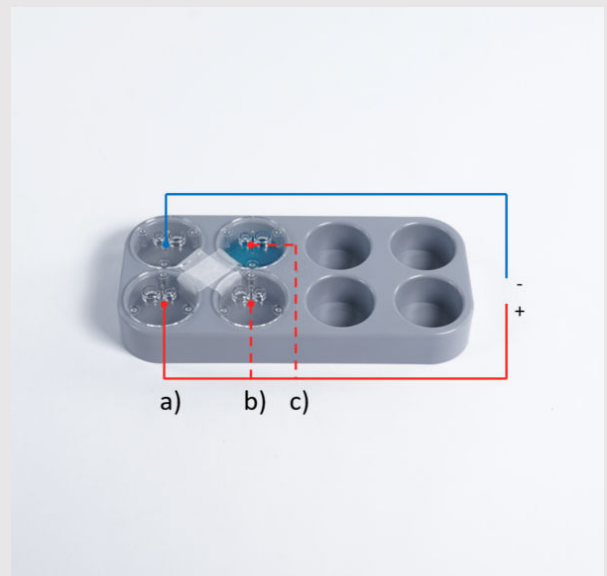
Durchführung (6/6).

a) Verbinde den Minuspol mit der Zinkelektrode und den Pluspol mit der Bleielektrode.

Der Minuspol bleibt weiterhin mit der Zinkelektrode verbunden.

b) Verbinde den Pluspol mit der Silberelektrode.

c) Verbinde den Pluspol mit der Kupferelektrode.



Durchführung (4/6)

PHYWE

Versuchsteil 1

a)



b)



c)



Durchführung (5/6)

PHYWE

Versuchsteil 2

Verbinde den Minuspol mit der Bleielektrode und miss die Spannung gegen die Silber- und Kupferelektrode.

Versuchsteil 3

Verbinde die Kupferelektrode mit dem Minuspol und miss die Spannung gegen die Silberelektrode.

2 a)



2 b)



3)



Durchführung (6/6)

PHYWE

Notiere auf dieser Folie alle gemessenen Spannungen.

Versuchsteil 1

<u>Elektrodenpaar</u>	<u>Spannung/ V</u>
-----------------------	--------------------

Zn/Pb	
-------	--

Zn/Cu	
-------	--

Zn/Ag	
-------	--

Versuchsteil 2

<u>Elektrodenpaar</u>	<u>Spannung/ V</u>
-----------------------	--------------------

Pb/Cu	
-------	--

Pb/Ag	
-------	--

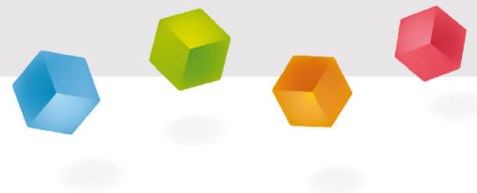
Versuchsteil 3

<u>Elektrodenpaar</u>	<u>Spannung/ V</u>
-----------------------	--------------------

Cu/Ag	
-------	--

PHYWE

Protokoll



Aufgabe 1

PHYWE

Wie nennt man die Ordnung aller Metalle in der Reihenfolge ihrer Potentiale?

- ☐ Die Ordnung aller Metalle in der Reihenfolge ihrer Potentiale ergibt eine elektrochemische Spannungsreihe.
- ☐ Die Ordnung aller Metalle in der Reihenfolge ihrer Potentiale ergibt eine galvanische Reihe.
- ☐ Die Ordnung aller Metalle in der Reihenfolge ihrer Potentiale ergibt eine elektrochemische Stromreihe.

✓ Check

Aufgabe 2

PHYWE

Welches der vier Metalle bildet den negativen Pol, welches den positiven Pol?

- ☐ Das Silber bildet gegenüber den drei anderen Metallen stets den negativen Pol, das Zink stets den positiven Pol.
- ☐ Das Blei bildet gegenüber den drei anderen Metallen stets den negativen Pol, das Kupfer stets den positiven Pol.
- ☐ Das Zink bildet gegenüber den drei anderen Metallen stets den negativen Pol, das Silber stets den positiven Pol.

✓ Check

Aufgabe 3

PHYWE

Wie verhalten sich Kupfer und Blei gegenüber den übrigen Metallen?

- ☐ Blei und Kupfer wechseln ihre Polung, je nach Art des Metalls, mit dem sie zu einer galvanischen Zelle zusammengeschlossen werden.
- ☐ Keine der Antworten ist richtig.
- ☐ Kupfer ist gegenüber Zink und Blei positiv, gegenüber Silber jedoch negativ.
- ☐ Blei ist gegenüber Zink positiv, gegenüber Kupfer und Silber jedoch negativ.

 Check

Folie

Punktzahl/Summe

Folie 27: Potentialreihenfolge	0/1
Folie 28: Pol 4 Metalle	0/1
Folie 29: Positiv negativ	0/3

Gesamtsumme  0/5 Lösungen Wiederholen