

Galvanische Zellen aus Nichtmetallen mit Cobra SMARTsense



In diesem Versuch lernen die Schülerinnen und Schüler, dass man auch galvanische Elemente aus Nichtmetallen herstellen kann.

Chemie

Physikalische Chemie

Elektrochemie

Galvanische Elemente,
Brennstoffzellen

Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

30 Minuten

This content can also be found online at:



<https://www.curriculab.de/c/68358636fad9d1000271ed6d>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Die Entdeckung und Weiterentwicklung der sogenannten galvanischen Elemente, besser bekannt als Batterien, hat große Bedeutung für unseren heutigen Lebensstandard. Sie ermöglichen die mobile Stromversorgung verschiedenster Elektrogeräte.

Auch Nichtmetalle entwickeln, wie Metalle, unterschiedliche **Lösungsdrücke** und damit Potenziale, wenn sie in geeigneten Lösungsmitteln **Redoxsysteme** bilden. Eine Potenzialdifferenz zwischen einer Wasserstoff- und einer Sauerstoffhalbzelle wird z. B. in Brennstoffzellen technisch genutzt, um umweltfreundlich Strom zu erzeugen.

Sonstige Lehrerinformationen (1/10)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten mit galvanischen Elementen in der Theorie und Praxis gearbeitet haben.

Prinzip



Auch Nichtmetalle entwickeln, genau wie die Metalle, unterschiedliche Lösungsdrücke und damit unterschiedliche Potenziale, sobald sie in entsprechenden Lösungsmitteln Redoxsysteme ausbilden können.

Sonstige Lehrerinformationen (2/10)

PHYWE

Lernziel



Bisher haben die Schüler die konventionellen galvanischen Elemente näher beleuchtet. In diesem Versuch lernen die Schüler, dass man auch galvanische Elemente aus Nichtmetallen herstellen kann.

Aufgaben



Die Schüler sollen eine vereinfachte Standard-Wasserstoffelektrode sowie Sauerstoff-, Chlor-, Brom- und Iodhalbzellen herstellen. Diese Halbzellen sollen dann zu galvanischen Zellen zusammengeschlossen werden, deren Standardpotenziale zu messen sind.

Sonstige Lehrerinformationen (3/10)

PHYWE

Schalten man z.B. Eine Standard- Wasserstoffelektrode mit einer Halbzelle zusammen, in der sich das Redoxsystem



befindet, so ist eine elektrische Gleichspannung messbar. Auch zwischen einer Wasserstoffhalbzelle und einer Sauerstoffhalbzelle besteht eine Potenzialdifferenz, die z.B. in den sogenannten Brennstoffzellen zur Stromerzeugung genutzt wird.

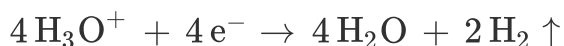
Da sich aus Nichtmetallen wie Sauerstoff oder Chlor keine festen Elektroden herstellen lassen, greift man – wie bei der Wasserstoffelektrode – auf einen bewährten Kunstgriff zurück: Man verwendet ein leitfähiges Trägermaterial, z. B. Graphitkohle, und beschichtet dieses mit dem jeweiligen Nichtmetall.

In den folgenden Versuchen geschieht diese Beschichtung durch eine Elektrolyse, die den eigentlichen Potenzialmessungen vorausgeht.

Sonstige Lehrerinformationen (4/10)

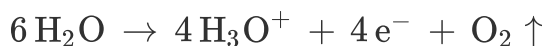
PHYWE

Bei der Elektrolyse von Schwefelsäure entsteht am Minuspol (Kathode) Wasserstoffgas. Dabei werden Oxoniumionen durch Elektronenaufnahme reduziert:



Der entstehende Wasserstoff bildet eine dünne, unsichtbare und weitgehend geschlossene Schicht auf der Oberfläche der Platinelektrode. So entsteht praktisch eine vereinfachte Wasserstoffelektrode.

Am Pluspol (Anode) werden Wassermoleküle durch Elektronenentzug oxidiert. Dabei entstehen Sauerstoffgas und erneut Oxoniumionen:



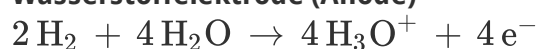
Sonstige Lehrerinformationen (5/10)

PHYWE

Der während der Elektrolyse entstehende Sauerstoff überzieht die Kohlelektrode in einer dünnen Schicht, sodass sie zur Sauerstoffelektrode wird. Nach Abschluss der Elektrolyse liegt somit eine galvanische Wasserstoff-Sauerstoff-Zelle vor – also eine einfache Brennstoffzelle.

Verbindet man die beiden Elektroden dieser Zelle über einen Draht, sodass elektrischer Strom fließen kann, laufen folgende Prozesse ab:

Wasserstoffelektrode (Anode)



Durch Oxidation von Wasserstoff entstehen wieder Hydroniumionen. Die dabei freigesetzten Elektronen fließen über den äußeren Stromkreis zur Sauerstoffelektrode. Aufgrund des Elektronenabflusses ist die Wasserstoffhalbzelle die **Anode** und bildet in der galvanischen Zelle den **Minuspol**.

Sonstige Lehrerinformationen (6/10)

PHYWE

Sauerstoffelektrode (Kathode)



Sauerstoff und Oxoniumionen werden durch Elektronenzufuhr zu Wasser reduziert. Die Sauerstoffelektrode wirkt damit als **Kathode** der galvanischen Zelle.

Deutung

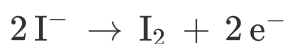
An der Wasserstoffelektrode laufen sowohl während der Elektrolyse als auch bei der Stromabgabe identische Reaktionen ab, wie sie zuvor beschrieben wurden.

An der Kohlelektrode der Zellen 3, 4 und 5 hingegen werden bei der Elektrolyse jeweils **Chlorid-, Bromid- oder Iodidionen** durch Elektronenentzug zu den entsprechenden **Halogenen** oxidiert.

Sonstige Lehrerinformationen (7/10)

PHYWE

Bei der Elektrolyse von z. B. der Kaliumiodid-Lösung werden Iodidionen an der Kohleelektrode oxidiert:



Das entstehende Iod lagert sich teilweise auf der Elektrode ab oder löst sich im Wasser. Auf diese Weise entsteht eine Iodelektrode.

Verbindet man diese mit einer Wasserstoffelektrode, entsteht eine galvanische Zelle. Während der Stromabgabe wird das Iod wieder reduziert:



Die dabei auftretende Spannung ergibt sich aus der Potenzialdifferenz zwischen der Halogenelektrode und der Wasserstoffelektrode.

Sonstige Lehrerinformationen (8/10)

PHYWE

Die Standardpotentiale der Halogen betragen:



Diese nehmen vom Chlor zum Iod hin ab. Diese Unterschiede zeigen sich in der gemessenen Spannung gegenüber der Wasserstoffelektrode.

Sonstige Lehrerinformation (9/10)

PHYWE

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

- **Kaliumchloridlösung** (1 mol/l): Füge 37,3 g Kaliumchlorid zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumbromidlösung** (1 mol/l): Füge 59,5 g Kaliumbromid zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Optionale Herstellung von Schwefelsäure (0,5 mol/l): Gebe in ein Becherglas 100 ml destilliertes Wasser. Pipettiere 14 ml 96%ige Schwefelsäure dazu und fülle auf 500 ml mit destilliertem Wasser auf.

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

Sonstige Lehrerinformation (10/10)

PHYWE

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

- **Kaliumiodidlösung** (1 mol/l): Füge 83 g Kaliumiodid zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitratlösung** (1 mol/l): Füge 50,5 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

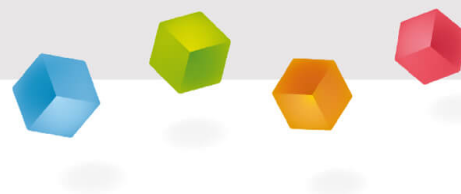
PHYWE



- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. Für H- und P- Sätze bitte das Sicherheitsdatenblatt der jeweiligen Chemikalie hinzuziehen.
- Während des Versuches müssen alle im Raum befindlichen Personen eine Schutzbrille tragen!
- Kaliumbromid-, Kaliumchlorid-Lösungen der Konzentration $c = 1,0 \text{ mol/l}$ sowie Schwefelsäure-Lösungen der Konzentration $c = 0,5 \text{ mol/l}$ wirken reizend.
- Kaliumiodid-Lösungen der Konzentration $c = 1,0 \text{ mol/l}$ sind gesundheitsschädlich beim Verschlucken, wobei eine Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich ist.
- **Vorsicht:** Während der Elektrolyse entstehen geringe Mengen der Halogene in molekularer Form. Diese sollten sich größtenteils im Wasser lösen, jedoch kann zur Sicherheit in einem Abzug oder gut belüfteten Ort gearbeitet werden!

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Die Entdeckung der galvanischen Elemente, also Batterien, war ein wichtiger Schritt für die moderne Technik. Sie ermöglichen die mobile Stromversorgung vieler Geräte, die heute aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken sind.

In diesem Versuch geht es darum, wie auch Nichtmetalle, ähnlich wie Metalle, unterschiedliche elektrische Potenziale ausbilden können. Ihr untersucht, wie sich daraus galvanische Zellen mit Nichtmetallen aufbauen lassen, und lernt so ein weiteres wichtiges Prinzip chemischer Energieumwandlung kennen.

Aufgaben

PHYWE



Wie ordnen sich Nichtmetalle in der Spannungsreihe ein?

1. Stelle eine vereinfachte Standard-Wasserstoffelektrode her.
2. Stelle Sauerstoff-, Chlor-, Brom- und Iodhalbzellen her.
3. Baue aus diesen Halbzellen galvanische Zellen auf.
4. Miss die Standardpotenziale der gebildeten galvanischen Zellen.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense Voltage - Sensor zur Messung von elektrischer Spannung ± 30 V (Bluetooth + USB)	12901-02	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	2
6	Messzellenblock mit 8 Bohrungen, d = 40 mm für Aufbau galvanischer Zellen	37682-00	1
7	Deckel für Messzellenblock, 8 Stück	37683-00	1
8	Graphitelektrode, d = 5 mm, l = 150, 6 Stück	44510-00	1
9	Platinelektrode, kurz	45207-00	1
10	Becherglas, Boro, hohe Form, 50 ml	46025-00	4
11	Tropfflasche, Kunststoff, 50 ml	33920-00	1
12	Batterie 4,5 V, 3R 12 DIN 40869	07496-01	1
13	Kaliumchlorid, 250 g	30098-25	1
14	Kaliumbromid, 100 g	30258-10	1
15	Kaliumiodid, 100 g	30104-10	1
16	Kaliumnitrat, 100 g	CHE-881204931	1
17	Wasser, demineralisiert, rein, 10000 ml	CHE-882041145	1
18	Schwefelsäure, 0,5 mol/l, 1 ltr	48462-70	1
19	Chromatographie-Papier, 100 Streifen	32972-00	1
20	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

Herstellen der benötigten Lösungen:

- **Kaliumchloridlösung** (1 mol/l): Füge 3,73 g Kaliumchlorid zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumbromidlösung** (1 mol/l): Füge 5,95 g Kaliumbromid zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Optionale Herstellung von Schwefelsäure (0,5 mol/l): Gebe in ein Becherglas 10 ml destilliertes Wasser. Pipettiere 1,4 ml 96%ige Schwefelsäure dazu und fülle auf 50 ml mit destilliertem Wasser auf.

Aufbau (3/5)

PHYWE

Herstellen der benötigten Lösungen:

- **Kaliumiodidlösung** (1 mol/l): Füge 8,3 g Kaliumiodid zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitratlösung** (1 mol/l): Füge 5,05 g Kaliumnitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Aufbau (4/5)

PHYWE

Feuchte nacheinander vier Salzbrücken (drei kurze, eine lange) mit Hilfe einer Pinzette in der Kaliumnitratlösung an und platziere sie als Brücke zwischen den sechs Messzellen im Messzellenblock (siehe Abbildung).



Aufbau (5/5)

PHYWE

Fülle die Messzellen 1 und 2 mit Schwefelsäure ($c = 0,5 \text{ mol/l}$), die Zelle 3 mit Kaliumchloridlösung, die Messzelle 4 mit Kaliumbromidlösung und die Messzelle 5 mit Kaliumiodidlösung (siehe Abbildung).

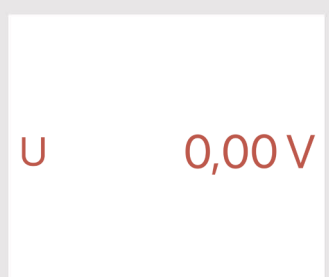
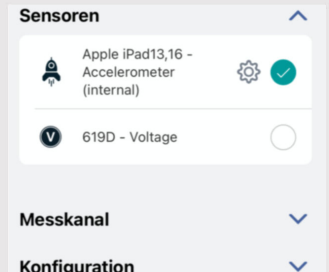
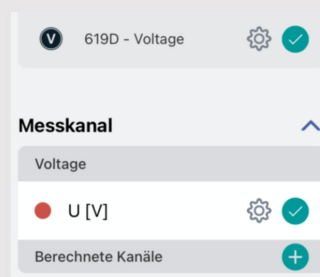
Setze auf jede Messzelle einen Messzellendeckel auf.



Durchführung (1/4)

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 (2/4)

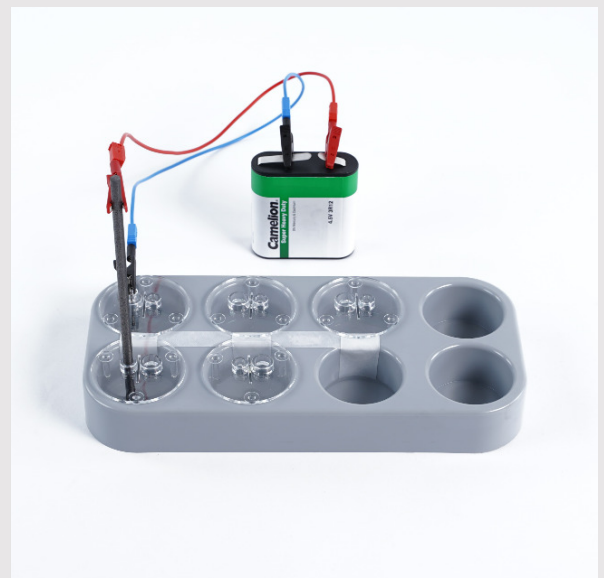
PHYWE

1. Stecke die Platinelektrode in Messzelle 1 und die Kohleelektrode in Messzelle 2.
2. Nimm zwei Kabel und befestige an beiden Enden jeweils in eine Krokodilklemme.

Im Folgenden die Polung beachten!

Die Platinelektrode in Zelle 1 ist der Minuspol (blau), die Kohleelektrode in Zelle 2 ist der Pluspol (rot). *Achte darauf, dass die Farben korrekt zugeordnet sind: blau (Minuspol) immer an blau/schwarz, rot (Pluspol) immer an rot.*

3. Verbinde ein Ende der Kabel mit den Elektroden und das andere Ende mit einer Gleichspannungsquelle (Batterie 4,5 V)



Durchführung (3/4)

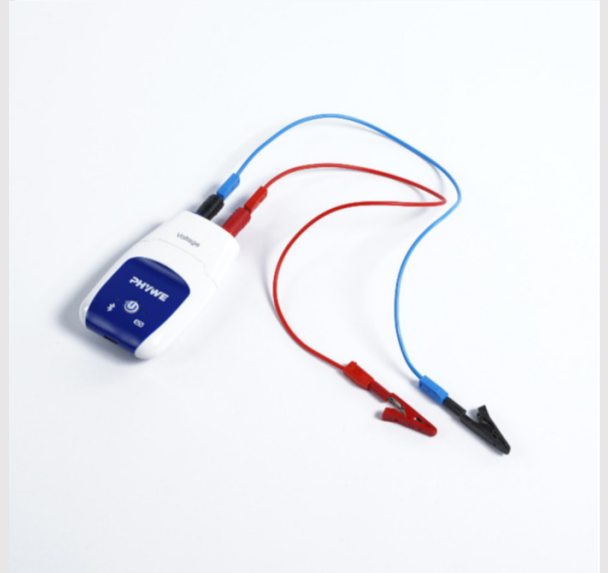
PHYWE

Elektrolysiere die Schwefelsäure zwischen den beiden Elektroden für etwas 3 bis 5 Minuten.

Löse nach dieser Zeit die Verbindungen an der Spannungsquelle und schließe schnell den Cobra SMARTsense Voltage an die galvanische Zelle an.

Die Platinelektrode dabei mit dem Minuspol (blau) und die Kohlelektrode mit dem Pluspol (rot) verbinden!

Lies die angezeigte Spannung ab. Notieren deine Beobachtungen: Bilden sich während der Elektrolyse Gasblasen?



Durchführung (4/4)

PHYWE

Schließe die Wasserstoffelektrode (Halbzelle 1) an den Minuspol, die Halbzelle 3 an den Pluspol der Gleichspannungsquelle an und elektrolysiere 3–5 Minuten.

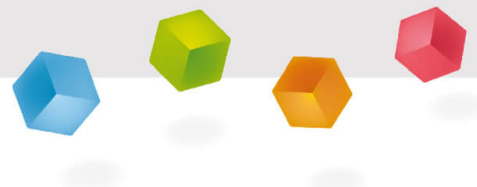
Anschließend trenne die Spannungsquelle und miss erneut die Spannung zwischen den Halbzellen 1 und 3.

Wiederhole dies mit Halbzelle 4 und 5: Jeweils erst elektrolysieren, dann Spannung gegenüber der Wasserstoffelektrode messen.

Notieren deine Beobachtungen: Bilden sich während der Elektrolyse Gasblasen? Wie verändern sich die Spannungen zwischen den verschiedenen Experimenten?



PHYWE



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Zwischen welchen Redoxsystemen ist eine elektrische Spannung messbar?

- ☐ Zwischen den Redoxsystemen der Halogene ist eine Spannung messbar, sie nimmt von Chlor zu Iod zu.
- ☐ Zwischen den Redoxsystemen der Halogene ist eine Spannung messbar, sie nimmt von Chlor zu Iod ab.
- ☐ Zwischen den Redoxsystemen der Halogene ist keine Spannung messbar.
- ☐ Die Spannung ist bei allen Halogenen gleich groß.

✓ Check

Aufgabe 2

PHYWE

Wähle die richtigen Aussagen aus.

- ☐ Auch Nichtmetalle entwickeln, genau wie die Metalle, unterschiedliche Lösungsdrucke und damit unterschiedliche Potenziale, sobald sie in entsprechenden Lösungsmitteln Redoxsysteme ausbilden können.
- ☐ Zwischen einer Wasserstoffhalbzelle und einer Sauerstoffhalbzelle besteht eine Potenzialdifferenz, die z.B. in den sogenannten Brennstoffzellen zur Stromerzeugung genutzt wird.
- ☐ Galvanische Elemente können auch aus Nichtmetallen hergestellt werden.

✓ Check

Aufgabe 3

PHYWE

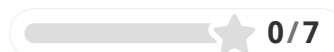
Welche Aussagen zur Redoxreaktion sind korrekt?

- ☐ Der Partner, der Elektronen abgibt, wird als Reduktionsbezeichnet.
- ☐ Bei der Redoxreaktion werden Elektronen von einem Reaktionspartner auf den anderen übertragen.
- ☐ Der Partner, der Elektronen aufnimmt, wird als Oxidationspartner bezeichnet.
- ☐ Der Reduktionspartner wird reduziert.

✓ Check

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 29: Redox-Systeme	0/1
Folie 30: Nichtmetalle Metalle	0/3
Folie 31: Redoxreaktion	0/3

Gesamtsumme

 Lösungen Wiederholen