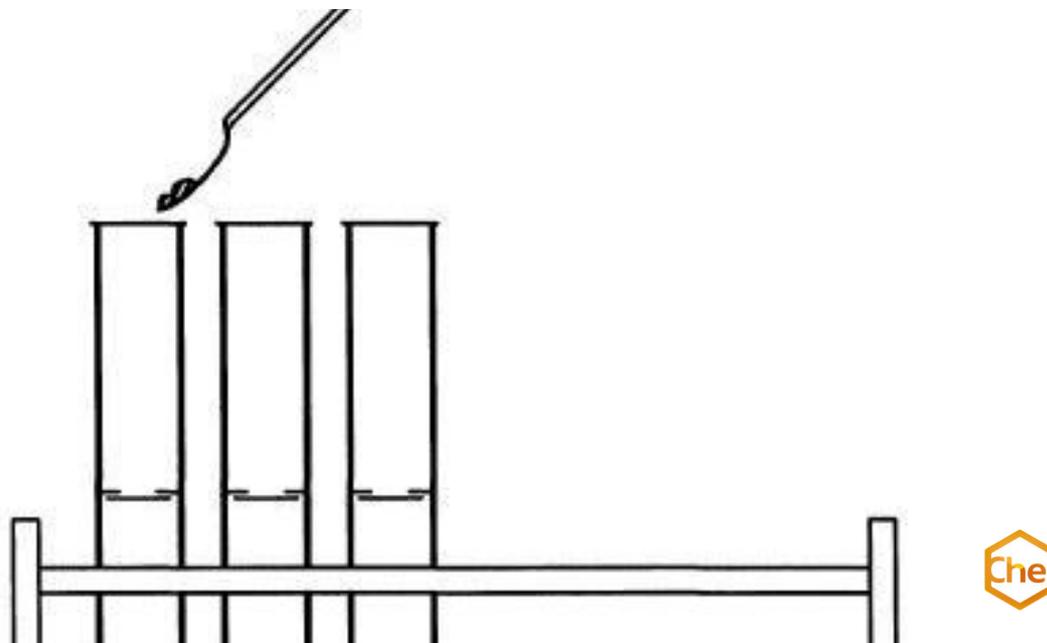


Der Wasserstoff in der Redoxreihe - Normal-Wasserstoffelektrode



Die Schüler und Studenten erstellen eine einfache Redoxreihe mit Wasserstoff als Referenzelement. Außerdem bauen sie eine einfache Normal-Wasserstoffelektrode auf und führen Spannungsmessungen von Redoxpotentialen durch.

Chemie → Physikalische Chemie → Elektrochemie → Elektrochemische Spannungsreihe



Schwierigkeitsgrad

schwer



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

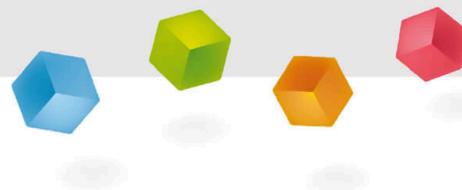
This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/6081547a79956e0003ceff35>

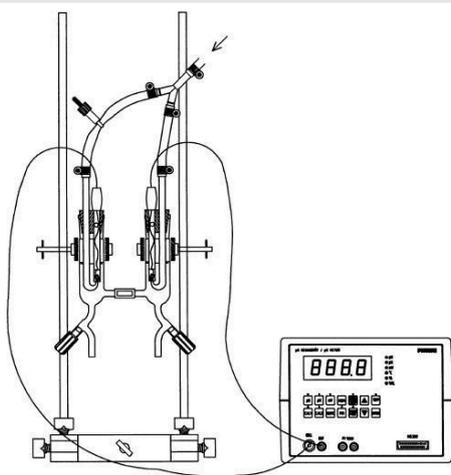
PHYWE

Allgemeine Informationen



Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

In diesem Versuch wird die elektrochemische Spannungsreihe bzw. Redoxreihe der Metalle hergeleitet. Dazu wird Salzsäure mit verschiedenen Metallen umgesetzt. Dabei wird beobachtet, dass einige Metalle mit der Salzsäure reagieren (Wasserstoffbildung) und einige Metalle nicht. Ausgehend hiervon wird eine (einfache) Redoxreihe mit Wasserstoff als Referenzelement erstellt.

Im einem zweiten Versuchsteil wird eine einfache Normal-Wasserstoffelektrode aufgebaut und entsprechende Spannungsmessungen von Redoxpotentialen durchgeführt.

Sonstige Informationen (1/3)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler und Studenten sollten bereits mit der Herstellung einer Normalwasserstoffelektrode vertraut sein. Außerdem sollten die die Redoxreihe in der Theorie kennen.

Prinzip



Die Redoxreihe ist eine der wichtigsten Hilfsmittel in der "Elektrochemie". Die Redoxreihe ordnet dabei Metalle nach ihrem Bestreben, Elektronen abzugeben. Die Redoxreihe beginnt in der Regel links mit den unedlen Metallen (z.B. Eisen, Zink) und geht hin zu edlen Metallen (z.B. Gold, Silber).

Sonstige Informationen (2/3)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler und Studenten beobachten, dass einige Metalle mit der Salzsäure reagieren (Wasserstoffbildung) und andere nicht.

Aufgaben



Die Schüler und Studenten erstellen eine einfache Redoxreihe mit Wasserstoff als Referenzelement. Außerdem bauen sie eine einfache Normal-Wasserstoffelektrode auf und führen Spannungsmessungen von Redoxpotentialen durch.

Sonstige Informationen (3/3)

PHYWE

Hinweis

Aus Kostengründen setzt man im Versuch nur verdünnte Silbernitratlösung ein. Das Elektrodenpotential ist nach der Nernstschen Gleichung entsprechend geringer.

Entsorgung

Lösungen, die Schwermetallionen enthalten, in einem Behälter für Schwermetallsalzlösungen sammeln. Silberhaltige Abfälle sind getrennt zu sammeln. Reste von Säuren und Laugen mit Wasser verdünnen, neutralisieren (pH 6-8) und wegspülen.

Daten

Tabelle 1: Molmassen

Substanz	Molare Masse (g/mol)
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	287,54
$AgNO_3$	169,87

Tabelle 2: Standardpotentiale

Elektrodenpaar	Standardpotential E^0
Zn/Zn^{2+}	-0,763
Ag/Ag^{2+}	+0,799

Sicherheitshinweise

PHYWE



- Während des Versuches müssen alle im Raum befindlichen Personen eine Schutzbrille tragen!
- Konzentrierte Säuren und Laugen sind stark ätzend. Sie zerstören Haut und Textilien. Beim Verdünnen: Erst das Wasser, dann die Säure (Schutzbrille, Laborkittel, Handschuhe).
- Beachten Sie für die H- und P-Sätze bitte die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter.
- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie

PHYWE

Die Redoxreihe ist eine der wichtigsten Hilfsmittel in der "Elektrochemie". Die Redoxreihe ordnet dabei Metalle nach ihrem Bestreben, Elektronen abzugeben. Die Redoxreihe beginnt in der Regel links mit den unedlen Metallen (z.B. Eisen, Zink) und geht hin zu edlen Metallen (z.B. Gold, Silber).

Die Redoxreihe hilft bei der Vorhersage einer Redoxreaktion. So verdrängt (bzw. reduziert) ein Metall die in der Redoxreihe rechts von ihm stehenden Metall-Ionen aus einer Verbindung (bzw. Salzlösung). Das Metall wirkt den Ionen als Reduktionsmittel. Umgekehrt oxidieren Metall-Ionen alle Metalle, die in der Redoxreihe links von dem Metall stehen.

Die Redoxreihe lässt sich auch bei Reaktionen mit Wasserstoff bzw. Wasserstoff-Ionen anwenden. Alle Metalle, die in der Redoxreihe links vom Wasserstoff stehen, verdrängen den Wasserstoff aus Verbindungen (z.B. aus verdünnten Säuren) und wirken gegenüber den Wasserstoff-Ionen als Reduktionsmittel.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm	02037-00	2
2	Doppelmuffe, Kreuzklemme	37697-00	2
3	Stativklemme, Spannweite 80 mm mit Stellschraube	37715-01	2
4	Dreibein, Ring-d = 140 mm, h = 240 mm	33302-00	1
5	Drahtnetz mit Keramik, 160 x 160 mm	33287-01	1
6	Reagenzglas, Duran®, d = 30 mm, l = 200 mm, 1 Stück	36304-01	3
7	Reagenzglasgestell mit 6 Bohrungen, d = 31 mm, Holz	40569-10	1
8	Gefäß für Halbzelle, NS 29	44452-00	2
9	Silikonschlauch, Innen-d = 7 mm, lfd. m	39296-00	1
10	Platinelektrode in Schutzrohr, d = 8 mm	45206-00	2
11	Glasröhrchen mit Haken, l = 160+15 mm	36701-17	2
12	Zinkelektrode, d = 6 mm, l = 140 mm	45288-03	1
13	Kontaktbuchse für Stabelektroden	45283-00	1
14	Krokodilklemme, isoliert, schwarz, 4 mm, 10 St.	07276-15	1
15	Gummistopfen 26/32, 3 x Bohrung 7 mm	39258-03	2
16	PHYWE Netzgerät, universal, RiSU 2019 DC: 0...18 V, 0...5 A / AC: 2/4/6/8/10/12/15 V, 5 A	13504-93	1
17	PHYWE Demo-Multimeter ADM 3: Strom, Spannung, Widerstand, Temperatur	13840-00	1
18	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-01	1
19	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-04	2
20	Becherglas, Boro, hohe Form, 50 ml	46025-00	1
21	Becherglas, Boro, hohe Form, 250 ml	46027-00	4
22	Messkolben, Boro, 1000 ml, NS 24/29	36552-00	2
23	Spritzflasche, 500 ml, Kunststoff	33931-00	1
24	Löffelspatel, Stahl, l = 150 mm	33398-00	1
25	Glasrührstab, Boro, l = 300 mm, d = 7 mm	40485-05	1
26	Gummischlauch, Innen-d = 6 mm, lfd. m	39282-00	2
27	Schlauchschelle für d = 8-16 mm, 1 Stück	40996-02	3
28	Wasserstoff, 2 l, Stahlflasche	41775-00	1
29	Druckminderventil für Wasserstoff	33484-00	1
30	Tischständer für 2 l-Stahlflaschen	41774-00	1
31	Maulschlüssel 32/30 für Stahlflaschen	40322-00	1
32	Schlauch-Verbinder PP, Y, für 8-9 mm Schlauch-Innendurchmesser	47518-03	1
33	Schlauchklemme, b = 15 mm	43631-15	1
34	Teclubrenner mit Nadelventil, für Erdgas, DIN-Ausführung	32171-05	1
35	Sicherheits-Gasschlauch, DVGW, lfd. Meter	39281-10	1
36	Schlauchschelle für d = 12-20 mm, 1 Stück	40995-00	2
37	Anzünder für Erd- und Flüssiggas	38874-00	1
38	Präzisionswaage, Sartorius ENTRIS® II, 620 g : 1 mg Modell BCE623i-1S	49311-99	1
39	Wägeschalen, quadratisch, 84 x 84 x 24 mm, 500 Stück	45019-50	1
40	Pasteurpipetten, Laborglas, l = 145 mm, 250 St.	36590-00	1
41	Gummihütchen, 10 Stück	39275-03	1
42	Laborschere, l = 180 mm	64798-00	1
43	Kaliumnitrat, 250 g	30106-25	1
44	Silver nitrate, cryst. 15 g	30222-00	1
45	Zinksulfat Heptahydrat, 250 g	30249-25	1
46	Platindraht, d = 0,3 mm, l = 100 mm	31739-03	1
47	Silberblech, 150 x 150 x 0,1 mm, 1 St. (ca. 25 g)	31839-04	1
48	Eisen, grobes Pulver, 500 g	30067-50	1
49	Kupfer, Pulver, 100 g	30119-10	1
50	Blei, gekörnt, 250 g	30040-25	1
51	Natriumhydroxid-Lösung, 1,0 mol/l, 1.000 ml (Natriumhydroxidlg. 1.0M)	48329-70	1 6/13
52	Salzsäure 1 mol/l 1 000 ml	48454-70	1

PHYWE



Aufbau und Durchführung

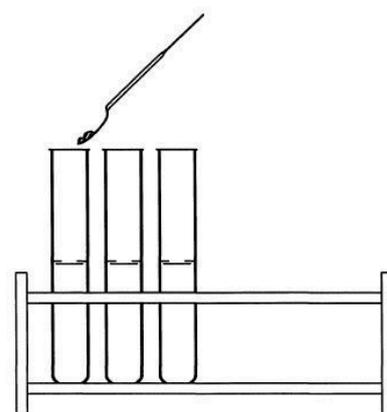
Aufbau und Durchführung (1/4)

PHYWE

Aufgabe 1

Drei Reagenzgläser werden etwa zur Hälfte mit verdünnter Salzsäure beschickt.

In das Reagenzglas 1 gibt man dann eine Spatelspitze Eisenpulver, in das Reagenzglas 2 etwa die gleiche Menge Kupferpulver und in das dritte Reagenzglas gekörntes Blei.



Die Reagenzgläser werden zur Hälfte mit verdünnter Salzsäure beschickt.

Aufbau und Durchführung (2/4)

PHYWE

Aufgabe 2 (1/2)

Für die Platinierung der Platinelektroden stellt man eine verdünnte Platinchloridlösung bereit. Diese kann auf einfache Weise durch Auflösen eines Stück Platindrahtes in Königswasser und anschließendem Abbrauchen der Salpetersäure im Abzug hergestellt werden. Die verdünnte wässrige Lösung ist gelb gefärbt. Ein 50-ml-Becherglas wird etwa zur Hälfte mit einer verdünnten Platinchloridlösung beschickt. In diese Lösung taucht man zwei Platinelektroden, an die eine Gleichspannung angelegt wird, sodass ein Strom von 20 bis 30 mA fließt. Nach etwa 5 bis 10 Minuten wird umgepolt. Wenn beide Platinelektroden gleichmäßig schwarz ("Platinmohr") gefärbt sind, unterbricht man die Elektrolyse und spült die Elektroden gründlich mit Wasser.

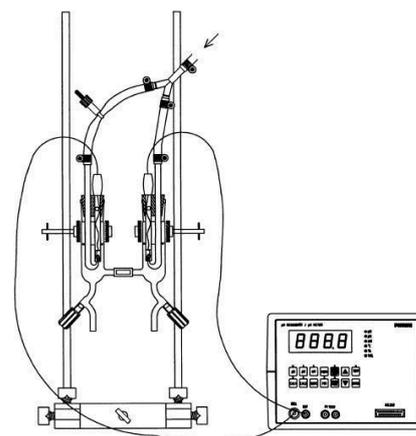
Die beiden Gefäße für Halbzeilen mit Hahn und seitlichem Ansatzrohr werden über ein Stück Schlauch ($d = 7$ mm), in dem sich ein Tonstift befindet, miteinander verbunden. Der Tonstift ist vorher gut mit einer Kaliumnitratlösung zu tränken. Dazu wird er in einer kalt gesättigten Kaliumnitratlösung gekocht. Nachdem die Lösung 2 bis 3 Minuten siedete, lässt man erkalten, wobei der Tonstift sich mit Kaliumnitratlösung vollsaugt. Bis zur Versuchsdurchführung wird der präparierte Tonstift zweckmäßig in dieser Lösung aufbewahrt.

Aufbau und Durchführung (3/4)

PHYWE

Aufgabe 2 (2/2)

Die Wasserstoffelektroden baut man aus Gummistopfen, den platinieren Platinelektroden und einem Glasröhrchen mit Haken, über das Wasserstoff an das Platinblech strömen kann. Nachdem die Glasröhrchen mit Haken an eine Wasserstoffquelle (Stahlflasche) angeschlossen wurden, lässt man einen leichten Wasserstoffstrom über die Platinbleche perlen. Dazu ist es notwendig, den durch das V-förmige Verbindungsstück geteilten Gasstrom so zu regeln, dass aus beiden Glasrohren annähernd gleichviel Gas ausströmt. Die Elektroden werden mit dem pH-Meter, das im Betriebsmodus "mV" arbeitet, verbunden und die Spannung abgelesen. Eins der Gefäße füllt man mit 1-molarer Salzsäure, das andere mit 1-molarer Natronlauge, die frisch aus Fertigampullen bereitete wurden.



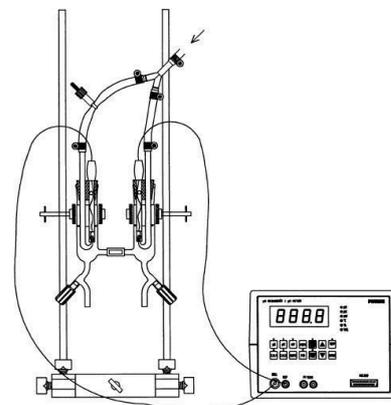
In beide Lösungen wird eine Wasserstoffelektrode eingetaucht.

Aufbau und Durchführung (4/4)

PHYWE

Aufgabe 3

Im Aufbau nach Abbildung 2 wird die in Versuch 2 benutzte Halbzeile mit Natronlauge über den Hahn entleert und gründlich mit Wasser gespült. Dann wird die Halbzeile mit einer 1-molaren Zinksulfat-Lösung aus 57,51 g Zinksulfat-heptahydrat in 200 ml Wasser gefüllt, die Zinkelektrode in einem durchbohrten Stopfen befestigt und in die Lösung getaucht. Das Y-Verteilerstück wird aus der Zuleitung der zweiten Platinelektrode entfernt und die Elektrode in der Salzsäure wieder mit Wasserstoff umspült. Das Potential zwischen den beiden Elektroden wird gemessen (Polung beachten!). Anschließend tauscht man die Zinksulfatlösung gegen eine Silbernitratlösung und die Zinkelektrode gegen ein Silberblech aus (Zinksulfatlösung über Hahn ablassen und Gefäß gut mit Wasser spülen).



Unter Beachtung der richtigen Polung wird dann die Potentialdifferenz zwischen der Wasserstoffelektrode und der Silberelektrode bestimmt.

PHYWE

Auswertung



Auswertung (1/7)

PHYWE

Beobachtung

Aufgabe 1

Während im ersten Reagenzglas sofort eine Gasentwicklung einsetzt, erfolgt diese im zweiten auch nach längerer Zeit nicht. Die Gasentwicklung im dritten Reagenzglas ist schwach.

Aufgabe 2

Die Spannung zwischen beiden Halbzellen beträgt ungefähr 0,8 bis 0,85 V. Allerdings treten hier bei mehreren Messungen starke Schwankungen auf.

Aufgabe 3

Die Potentialdifferenz zwischen der Zinkhalbzelle und der Normalwasserstoffelektrode beträgt etwa 0,7 V bis 0,76 V, wobei Zink am "Pluspol" des Meßgerätes angeschlossen ist. Die Werte schwanken bei mehreren Messungen. Zwischen Wasserstoff und Silber ergibt sich eine Spannung von ca. 0,8 V mit Wasserstoff als positivem Pol.

Auswertung (2/7)

PHYWE

Auswertung (1/3)

Aufgabe 1

Eisen und Blei reduzieren Wasserstoffionen zu Wasserstoff, wobei sie selbst oxidiert werden und als Ionen in Lösung gehen. Die beiden Metalle sind also unedler als Wasserstoff. Die schwache Gasentwicklung bei der Reaktion zwischen Blei und Salzsäure deutet daraufhin, dass die treibende Kraft für die Reaktion, der Potentialunterschied, zwischen Wasserstoff und Blei gering ist. Kupfer ist edler als Wasserstoff. Es wird durch Salzsäure nicht angegriffen (erkennbar an der ausbleibenden Gasentwicklung, sowie der ausbleibenden Färbung der Lösung durch Kupferionen). In einer Redoxreihe ist daher Wasserstoff zwischen Kupfer und Blei einzuordnen.

Auswertung (3/7)

PHYWE

Auswertung (2/3)

Aufgabe 2

Die Normal-Wasserstoffelektrode ist definiert durch ein platinisiertes Platinblech (oder -draht), das in eine Lösung mit der Wasserstoffionenaktivität 1 eintaucht und von Wasserstoff unter Standarddruck (1013 hPa) umspült wird. Die Platinierung der Platinelektrode erhöht die Oberfläche der Elektrode und verbessert so den Kontakt mit dem Wasserstoff. Das Potential einer beliebigen Wasserstoffelektrode ist:

$$E_H = \frac{RT}{F} \cdot \ln \frac{a_{H^+}}{\sqrt{p_{H_2}}}$$

Verringert man nun die Wasserstoffionenaktivität, so ergibt sich ein anderes Potential, d.h. in Natronlauge wird das Potential aufgrund der geringen Wasserstoffionenaktivität bzw. -konzentration $c(H^+) = 10^{-14}$ mol/l kleiner als das der Standardwasserstoffelektrode. Die berechnete Potentialdifferenz (= Spannung) beträgt nach obiger Gleichung bei 25°C: 0,836 V. Da die Potentiale einer Wasserstoffelektrode selbst nach Platinierung bedingt durch unterschiedlichste Effekte nur sehr aufwendig gut zu reproduzieren sind, schwanken die Messwerte ziemlich stark.

Auswertung (4/7)

PHYWE

Auswertung (3/3)

Aufgabe 3

Die Normal-Wasserstoffelektrode hat definitionsgemäß ein Standardpotential von 0 V. Das Potential der Zinkelektrode als Elektronenlieferant (Zink geht als Zinkionen in Lösung) ist negativer als das der Wasserstoffelektrode und beträgt etwa -0,76 V. Silber ist elektropositiver als Wasserstoff, d.h. Wasserstoff geht unter Abspaltung eines Elektrons als Proton in Lösung und bildet damit den Pluspol (Anode) dieses galvanischen Elementes.

Auswertung (5/7)

PHYWE

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Eisen und Blei reduzieren Wasserstoffionen zu Wasserstoff wobei sie selbst werden und als Ionen in Lösung gehen. Die beiden Metalle sind also als Wasserstoff. Die schwache Gasentwicklung bei der Reaktion zwischen Blei und Salzsäure deutet daraufhin, dass die treibende Kraft für die Reaktion, der Potentialunterschied, zwischen Wasserstoff und Blei ist. Kupfer ist edler als Wasserstoff. In einer ist daher Wasserstoff zwischen Kupfer und Blei einzuordnen.

 Überprüfen

Auswertung (6/7)

PHYWE

Welches Standardpotential hat die Normal-Wasserstoffelektrode definitionsgemäß?

- Die Normal-Wasserstoffelektrode hat definitionsgemäß ein Standardpotential von 230 V.
- Das Standardpotential der Normal-Wasserstoffelektrode ist nicht definiert, da es jedes mal eine andere Spannung aufweist.
- Keine der Antworten ist korrekt.
- Die Normal-Wasserstoffelektrode hat definitionsgemäß ein Standardpotential von 0 V.

 Überprüfen

Auswertung (7/7)

PHYWE

Welche Aussagen sind korrekt?

- Das Potential einer beliebigen Wasserstoffelektrode ist $E_H = \frac{RT}{F} \cdot \ln \frac{a_{H^+}}{\sqrt{p_{H_2}}}$
- Das Potential der Zinkelektrode als Elektronenlieferant ist negativer als das der Wasserstoffelektrode und beträgt etwa -0,76 V.
- Das Potential der Zinkelektrode als Elektronenlieferant ist positiver als das der Wasserstoffelektrode und beträgt etwa +0,76 V.

 Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 19: Zusammenfassung des Versuches	0/4
Folie 20: Standardpotential der Normal-Wasserstoffelektrode	0/1
Folie 21: Wahre Aussagen	0/2

Gesamtsumme   0/7 Lösungen Wiederholen