

## LAB in a DROP



### Experimente im Mikromaßstab – Elektrochemie Teil 2

STEPHAN MATUSSEK

In der beschriebenen Vorgehensweise zur Untersuchung chemischer Reaktionen wird der Reaktionsraum für elektrochemische Vorgänge aus dem Becherglas in einen Wassertropfen verlegt. Als Experimentieroberfläche dient ein strukturierter Objektträger aus der Medizintechnik, der mit einer Teflonschicht überzogen ist und zwölf Aussparungen enthält (T-OT). Die Tropfen nehmen eine halbkugelige Form in der Größe der Aussparung ein. Mit einem so erzeugten Elektrolyt-Tropfen und einer Drahtelektrode werden Halbzellen dargestellt. Der Tropfen-Objektträger dient dabei als Tropfenhalter für die Elektrolysen, die Halbzellen, die Normalelektrode oder die Brennstoffzelle.

Im ersten Teil der LAB in a DROP-Versuche (MATUSSEK, 2017) wurden die Grundlagen zur Elektrochemie beschrieben. Dazu zählen Versuche zur Elektrostatik, Ionenbindung, Ionenentstehung und die koordinative Bindung.

#### 1 Weitere Elektrolysen

##### Versuch 1.1: Elektrolyse von Zinkacetat als Beispiel für eine Elektrolyse eines organischen Salzes

Chemikalien:



Nickel-Elektroden (T), Zinkacetat (Xn)

Material: E-Labo (MATUSSEK, 2017, 410)

Durchführung:

Auf dem T-OT werden fünf Tropfen Zinkacetat (Xn) mit Nickel-Elektroden (T) bei 9 V elektrolysiert.

Ergebnis:

An der Kathode wächst ein Zinkbaum (Abb. 1).

Entsorgung:

Zinkacetat-Lösung kommt in den Behälter Anorganische Salzlösungen mit Schwermetallen (G4).

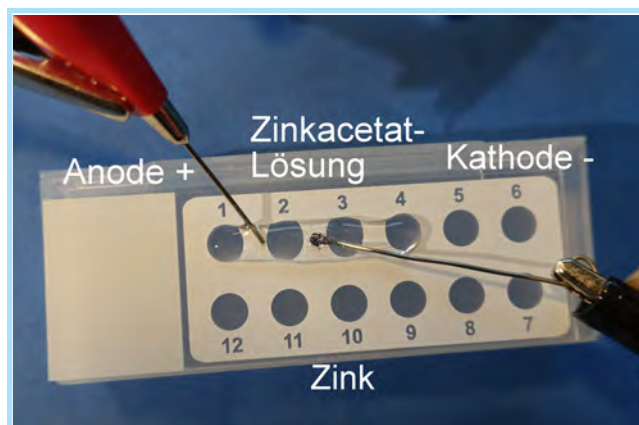


Abb. 1. Der Zinkbaum

## Versuch 1.2: Elektrolyse einer wässrigen Kaliumiodid-Lösung als Beispiel für eine Elektrolyse mit Sekundär-Reaktion

### Chemikalien:

Nickel-Elektroden, (Kohle-Elektroden), Kaliumiodid, Universalindikator

Material: E-Labo

### Durchführung:

Fünf Tropfen Kaliumiodid und ein Tropfen Universalindikator werden auf den T-OT gegeben und verbunden. Zwei Nickel-Elektroden (T) (alternativ Kohle-Elektroden z.B. Bleistiftminen), werden an eine 9 V Blockbatterie angeschlossen und in den Kaliumiodid-Tropfen getaucht.

### Ergebnis:

An der Anode bilden sich durch die Entladung der Iodid-Ionen braune Iod-Schlieren, während an der Kathode ein farbloses Gas frei wird. Der Universalindikator färbt sich blau. Die Hydroxidionen müssen aus einer Sekundärreaktion des Wassers stammen. Das entstehende farblose Gas ist Wasserstoff (Abb. 2).

### Entsorgung:

Kaliumiodid-Lösung kommt in den Behälter Anorganische Salzlösungen mit Schwermetallen (G4).

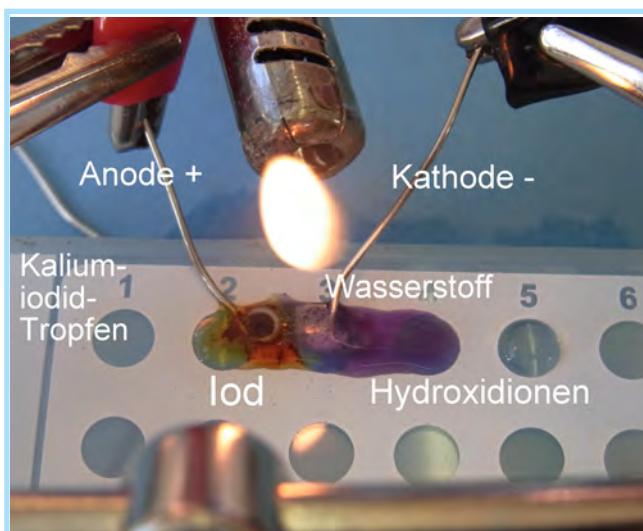


Abb. 2. Elektrolyse einer Kaliumiodidlösung

## Versuch 1.3: Elektrolyse von Wasser mit Platin- (oder Nickel- (T)) Elektroden, verdünnte Schwefelsäure

### Chemikalien:



verdünnte Schwefelsäure

Material: E-Labo

### Hinweis:

Die Elektrolyse von Wasser ist ausführlich im MNU Journal (MATUSSEK, 2016, 32–34) beschrieben.

→ Die Auswertung der Reaktionsgleichungen dieses Versuches ergeben, dass nur Wasser zersetzt wird. Daher ist es legitim, bei der Elektrolyse des Wassers etwas verd. Schwefelsäure (C) als Katalysator zuzusetzen.

### Entsorgung:

Verdünnte Schwefelsäure kann nach dem Verdünnen mit Wasser und anschließender Neutralisation mit einer Lauge in den Abguss gegeben werden.

## Versuch 1.4: Elektrolyse von verdünnter Schwefelsäure mit Kupfer-Elektroden, Herstellung von „Elektrolytkupfer“

### Chemikalien:



verdünnte Schwefelsäure



Wasserstoff

verdünnte Schwefelsäure, w = 2% (C), Kupfer-Elektroden, Ammoniaklösung

Material: E-Labo

### Durchführung:

Auf die Felder 1 bis 5 werden fünf Tropfen verdünnte Schwefelsäure (C) gegeben und miteinander verbunden. In diese Tropfen werden zwei Kupfer-Elektroden gehalten.

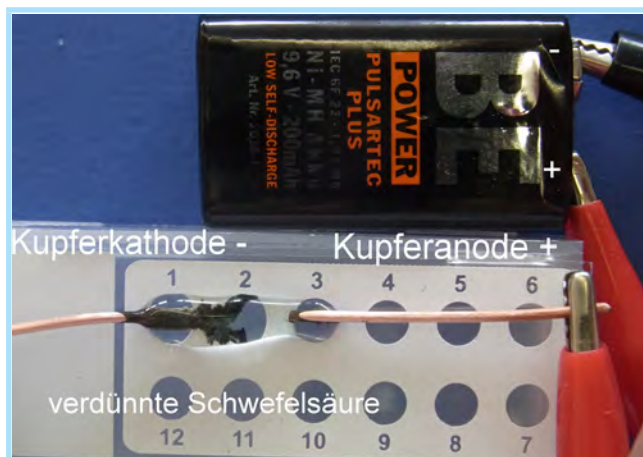


Abb. 3. Herstellung von Elektrolytkupfer

### Ergebnis:

An der Kathode entsteht wie in Versuch 1.3 ein farbloses Wasserstoff-Gas (F+). An der Anode tritt keine Gasentwicklung von Sauerstoff ein. Das Elektrodenmaterial dient als Elektronen-

lieferant. Blau gefärbte Schlieren (Tetraaquokupfer(II)-Ionen) ( $X_n, N$ ) bewegen sich auf die Kathode zu. Die Kupfer-Ionen werden mit einem Tropfen Ammoniak ( $X_i$ ) nachgewiesen. Kathodisch wird nach einer gewissen Zeit reines Kupfer abgeschieden (Abb. 3.).

### Entsorgung:

Verdünnte Schwefelsäure kann nach dem Verdünnen mit Wasser und anschließender Neutralisation mit einer Lauge in den Abguss gegeben werden.

### Versuch 1.5: Elektrolyse einer Kaliumhydrogencarbonat-Lösung (Aluminium-, Kupfer-Elektroden)

**Vorversuch:** Aluminium als Kathode, Kupfer als Anode

### Chemikalien:

Kaliumhydrogencarbonat, Aluminium-Elektrode, Kupfer-Elektrode

Material: E-Labo

### Durchführung:

Fünf Tropfen Kaliumhydrogencarbonat werden auf dem T-OT Feld 1 bis 5 getropft und verbunden. Die Aluminium-Kathode und Kupfer-Anode werden mit Prüfkabeln an eine 9 V Blockbatterie angeschlossen.

### Ergebnis:

An beiden Elektroden entstehen kontinuierlich farblose Gase.

### Entsorgung:

Geringe Mengen an Kaliumhydrogencarbonat Abfällen können mit viel Wasser verdünnt im Abfluss entsorgt werden.

**Hauptversuch:** Aluminium als Anode, Kupfer als Kathode

### Chemikalien:

Aluminium-Elektrode, Kupfer-Elektrode, Kaliumhydrogencarbonat

Material: E-Labo

### Durchführung:

Fünf Tropfen Kaliumhydrogencarbonat werden auf dem T-OT Feld 1 bis 5 miteinander verbunden. Anschließend wird der Aluminiumdraht, als Kathode, und ein Kupferdraht, als Anode, mit einer 9 V Batterie verbunden.

### Ergebnis:

Die anfängliche Gasentwicklung, ein Nachweis für eine Stromleitung, kommt innerhalb einer Minute zum Stillstand.

### Frage:

Was passiert, wenn man an die Elektrolytzelle Aluminium, Kupfer eine Wechselspannung anlegt?

### Versuch 1.6: Aluminium- und Kupfer-Elektrode, 9 V Wechselspannung

### Chemikalien:

Aluminium-Elektrode, Kupfer-Elektrode, Kaliumhydrogencarbonat

Material: E-Labo, Stromversorgungsgerät, Amperemeter

### Durchführung:

Aluminium- und Kupfer-Elektroden werden an einem Stromversorgungsgerät, 9V Wechselspannung, angeschlossen. In den Stromkreis wird ein Strommessgerät, (rot: COM-Buchse, schwarz V-Buchse, Bereich 200mA) angeschlossen. Fünf Tropfen Kaliumhydrogencarbonat werden auf dem T-OT Feld 1 bis 5 gegeben und verbunden.

### Ergebnis:

Beim Anlegen der Wechselspannung entstehen keine Blasen. Zum Vergleich wird die Aluminium-Elektrode gegen eine Kupfer-Elektrode ausgewechselt.

### Entsorgung:

Geringe Mengen an Abfällen aus Reagenzglasversuchen, die wasserlöslich sind, kann man mit viel Wasser verdünnt im Abfluss entsorgen.



Abb. 4. Aluminium- und Kupfer-Elektroden bei einer Wechselspannung

→ Nach der Elektrolyse mit Kupfer- und Platin-Elektroden soll nun die Elektrolyse von verdünnter Schwefelsäure mit Blei-Elektroden dargestellt werden:

### Versuch 1.7: Blei Akkumulator, Elektrolyse von verdünnter Schwefelsäure mit Blei-Elektroden

### Chemikalien:



Blei

### Hinweis:

Bleistäube und viele Bleiverbindungen gelten als umweltgefährlich, außerdem schädigen sie das Kind im Mutterleib oder beeinträchtigen die Fruchtbarkeit.



verdünnte Schwefelsäure

Blei-Elektroden, verdünnte Schwefelsäure,  $w = 2\%$  (C)

Material: E-Labo, 1,6V Leuchtdiode, Strommessgerät

### Durchführung:

Fünf Tropfen verdünnte Schwefelsäure (C) werden auf den T-OT gegeben und verbunden. Um den Hautkontakt mit Blei (T, N) auszuschließen werden die Blei-Elektroden mit einer Pinzette in die Krokodilklemme der Prüfkabel gesetzt und an eine 9V Blockbatterie angeschlossen. Mit Hilfe der Krokodilklemmen werden die Blei-Elektroden (T, N) in die verdünnte Schwefelsäure (C), Feld 1 und 5, getaucht. Mit diesem Aufbau elektrolysiert man etwa zwei bis drei Minuten lang.

### Ergebnis:

Die Kathode bleibt metallische blank (Abb. 5), an ihr entsteht ein farbloses Gas, Wasserstoff (F+). Die Anode überzieht sich mit einer braunen Schicht, Bleioxid (T, N) (Abb. 6). An ihr entsteht ein farbloses Gas, Sauerstoff. Die entstehenden Gasblasen vereinigen sich zu einem Knallgasgemisch (F+). Sie lassen sich mit dem Stabfeuerzeug entzünden (Abb. 7).

### Fortsetzung:

Die Spannungsquelle wird nach etwa drei Minuten abgetrennt und die Elektroden an ein Voltmeter (Messbereich 10V) geschaltet. Dabei wird die Polung der Elektrolyse beibehalten. Am Voltmeter stellt sich eine Spannung mit  $U = 1,97V$  ein. Der Wert liegt etwas unterhalb der theoretischen Spannung von  $U = 2,0V$ . Die Spannung bleibt mehrere Minuten konstant. Der Stromsammler oder Akkumulator im Wassertropfen kann eine Leuchtdiode 1,6V längere Zeit zum Leuchten bringen. Einzelne Elemente lassen sich in Reihe schalten.

### Ergebnis:

Der braune Belag an der Anode hellt sich zusehends auf (Bleisulfat (T, N)), die blanke Oberfläche an der Kathode geht in ein schmutziges grau (Bleisulfat T, N) über. In einem solchen Redox-System kann die elektrische Energie in chemische umgewandelt werden. So kann Energie gespeichert werden. Es kommt zur Ausbildung einer Potenzialdifferenz, welche die Rückgewinnung der aufgewendeten elektrischen Energie ermöglicht.

### Entsorgung:

Verdünnte Schwefelsäure kann nach dem Verdünnen mit Wasser und anschließender Neutralisation mit einer Lauge in den Abguss gegeben werden.



Abb. 5. Blei-Elektrode blank, ungeladen

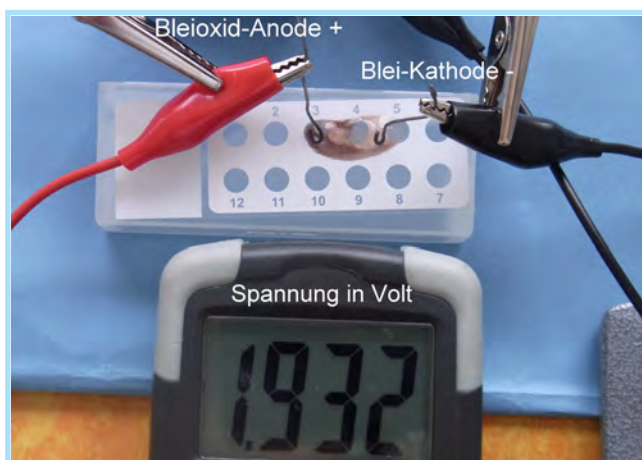


Abb. 6. Blei-Elektrode mit Bleioxid überzogen, geladen

## Versuch 1.8: Elektrolyse einer wässrigen Natriumsulfat-Lösung – Das elektrochemische Äquivalenzgesetz

### Vorversuch:

Wirkung der Edukte und Produkte auf den Indikator

### Chemikalien:



verdünnte Schwefelsäure



verdünnte Natronlauge

Universalindikator, Aqua dest., verdünnte Schwefelsäure (C), verdünnte Natronlauge (C)

Material: E-Labo

### Durchführung:

Auf den T-OT drei einzelne kleine Tropfen Universalindikator geben und drei einzelne Tropfen Aqua dest. hinzufügen.



### Ergebnis:

Die Farbe der Tropfen färbt sich grün (pH-Wert 7). Zum Tropfen 2 wird ein Tropfen verdünnte Schwefelsäure (C) gegeben; die Säure färbt den Indikator rot. Zu Tropfen 3 wird etwas verdünnte Natronlauge (C) geben; die alkalische Lösung färbt den Indikator blau. Diese Farben sollen mit dem Ergebnis aus dem folgenden Hauptversuch verglichen werden.

### Hauptversuch: Das elektrochemische Äquivalenzgesetz

#### Chemikalien:

Nickel-Elektroden (T), Natriumsulfat-Lösung, Universalindikator

Material: E-Labo

#### Durchführung:

Fünf Tropfen Natriumsulfat-Lösung und Universalindikator werden auf den T-OT gegeben. Nun werden die Nickel-Elektroden (T) mit Öse mit Hilfe zweier Prüfkabel an eine 9V Blockbatterie geklemmt. Die Elektroden werden in die Felder 1 und 5 der Natriumsulfat-Tropfen gehalten.

### Ergebnis:

Die Bereiche um die Elektroden färben sich rot und blau (Abb. 7). Am Ende wird versucht, die farbig gewordenen Tropfen mit dem Mikropatel zu vermischen. Dabei stellt sich wieder die Farbe Grün ein. An der Anode und Kathode entstehen äquimolare Mengen an Oxonium- und Hydroxid-Ionen: „Elektrochemisches Äquivalenzgesetz“.

#### Entsorgung:

Verdünnte Schwefelsäure kann nach dem Verdünnen mit Wasser und anschließender Neutralisation mit einer Lauge in den Abguss gegeben werden.

Natriumsulfat kann man mit viel Wasser verdünnt im Abfluss entsorgt werden.

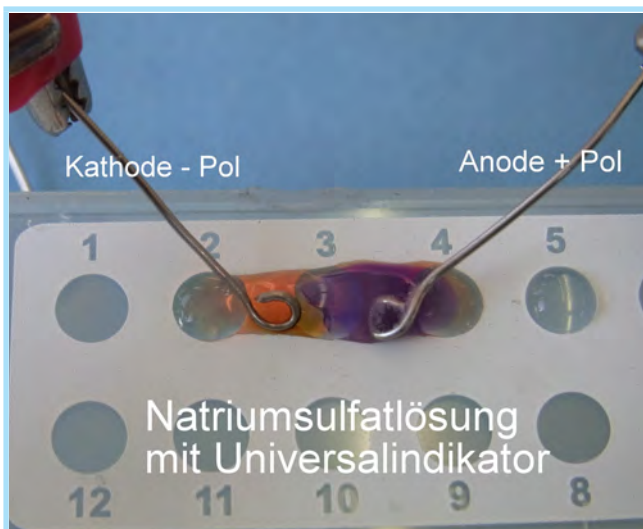


Abb. 7. Elektrolyse einer wässrigen Natriumsulfat-Lösung

### Versuch 1.9: Die Brennstoffzelle, Umkehrung der Elektrolyse von Wasser

#### Vorbemerkung:

Die Herstellung einer mit Wasserstoffgas gesättigten, umspülten Elektrode ist experimentell sehr aufwendig. Eine solche „Normalwasserstoff-Elektrode“ ist im Tropfenmaßstab in wenigen Minuten hergestellt. Die genaue Herstellung einer Normalwasserstoff-Elektrode wird in einer der folgenden MNU-Ausgaben unter dem Titel Elektrochemie Teil III näher beschrieben.

Die beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff werden während einer Elektrolyse mit zwei Platinelektroden aufgefangen. Die Spitze des Platindrahtes wurde zu einer 1 cm großen Schnecke gebogen in der sich die Gasbläschen verfangen können. Auf diese Weise hat man die Gase für eine Brennstoffzelle direkt an der Elektrode. (Abb. 8).

Die Herstellung der Elektroden für die Brennstoffzelle:

#### Chemikalien:



verdünnte Schwefelsäure



Wasserstoff

Verdünnte Schwefelsäure (C), Wasserstoff

Material: E-Labo

#### Durchführung:

Auf einen T-OT werden fünf Tropfen Aqua dest. gegeben und miteinander verbunden. Dem Aqua dest wurden als Katalysator verdünnte Schwefelsäure (C) zugegeben. Zwei etwa 5 cm lange Platindrähte (d = 0.5 mm) werden an der Spitze zu einer Schnecke gedreht. Mit Hilfe zweier Prüfkabel werden sie an eine 9V Blockbatterie angeschlossen und in den Tropfen getaucht.

### Ergebnis:

Schon nach etwa zehn Sekunden haben sich die Platindrähte mit Wasserstoff- und Sauerstoffgas gesättigt und können als mit Gas gesättigte Elektroden für die Brennstoffzelle verwendet werden.

#### Einsatz der Elektroden in der Brennstoffzelle:

Auf einem zweiten T-OT werden wiederum fünf Tropfen Aqua dest. mit Schwefelsäure (C) als Katalysator getropft und verbunden. Die mit den Gasen gesättigten Platin-Elektroden werden in die Tropfen eingetaucht. Nun wird ein Spannungsmessgerät (Bereich: 10V Gleichstrom) angeschlossen und die Spannung abgelesen (Abb.8).

In anschließenden Versuchen können einzelne Parameter wie Elektrodenmaterial, Gasmenge, Elektrolyt Konzentrationen, Elektrodenabstand, Dauer, Verhalten bei einem Kurzschluss

u. a. verändert werden. Im Schulversuch können die Platin-Elektroden durch preisgünstige Kohle-Elektroden oder versilberte Kohle-Elektroden ersetzt werden. Im Folgenden wurden die Platinelektroden durch zwei zuvor elektrolytisch versilberte Kohleelektroden ersetzt (Abb. 9).

### Entsorgung:

Schwefelsäure kann nach dem Verdünnen mit Wasser und durch Neutralisation mit einer Lauge in den Abguss gegeben werden.

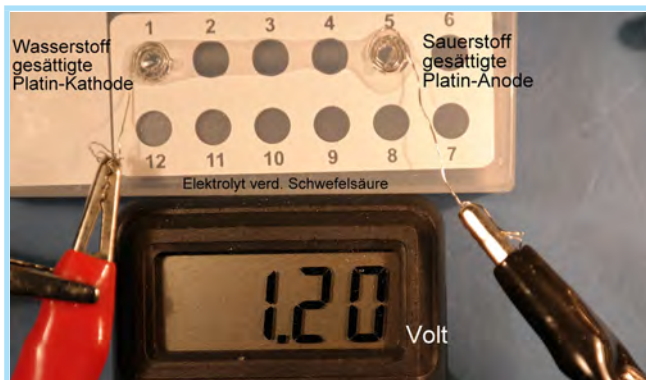


Abb. 8. Brennstoffzelle

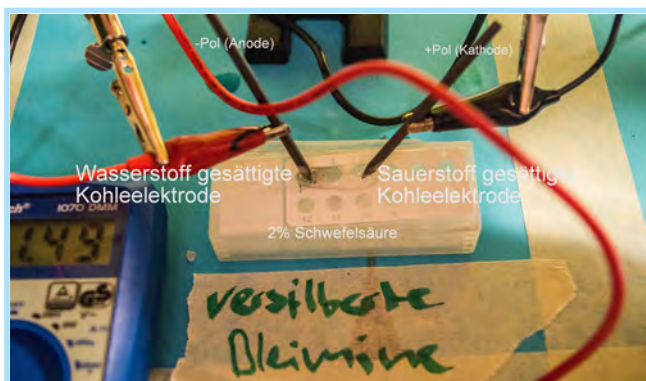


Abb. 9. Brennstoffzelle mit versilberten Kohle-Elektroden

## 2 Die elektrochemische Spannungsreihe

### Versuch 2.1: Reaktion von Zink und verdünnter Schwefelsäure

#### Chemikalien:



verdünnte Schwefelsäure

Zinkdraht, verdünnte Schwefelsäure (C),

Material: E-Labo

#### Durchführung:

Ein Zinkdraht wird in einen Tropfen verdünnte Schwefelsäure (C) getaucht. Es findet eine geringfügige Gasentwicklung am Zinkdraht (unedles Metall) statt.

#### Ergebnis:

Die Reaktion kommt schnell zum Stillstand. Die Entladung der Oxonium-Ionen kann nur an der Zinkoberfläche eintreten. Zuvor gehen  $Zn^{2+}$ -Ionen in Lösung, wobei sich die Oberfläche negativ auflädt.

#### Entsorgung:

Verdünnte Schwefelsäure kann nach dem Verdünnen mit Wasser und anschließender Neutralisation mit einer Lauge in den Abguss gegeben werden. Natriumsulfat kann man mit viel Wasser verdünnen und im Abfluss entsorgt werden.

### Versuch 2.2: Berührungselemente

Zink-, Kupfer- und Magnesium-Draht in Berührung mit Platin-Draht

#### Chemikalien:



Wasserstoff



verdünnte Schwefelsäure

Platin-Drahtelektrode, Zink-Drahtelektrode, Kupfer-Draht, Magnesiumband, verdünnte Schwefelsäure (w = 2%, C)

Material: E-Labo

#### Durchführung:

Berührungselement 1: Zink als Auflösungs-Elektrode, Platin als Ableitungs-Elektrode.

Ein Zinkdraht wird in einen Tropfen verdünnte Schwefelsäure (C) gehalten. Es wird abgewartet, bis die einsetzende Gasentwicklung zum Stillstand kommt. Nun taucht man einen Platindraht in den Tropfen und berührt kurz den Zinkdraht.

#### Ergebnis:

Es bilden sich deutlich sichtbare Gasblasen am Platindraht. Wird der Kontakt unterbrochen, hört die Gasentwicklung schlagartig auf. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt, bis der Platindraht mit zahlreichen sichtbaren Wasserstoff-Gasblasen (F+) gesättigt ist. In diesem Berührungselement ist Zink die Auflösungs-Elektrode und Platin die Ableitungs-Elektrode (Abb. 10). Im Berührungselement 2 nimmt man anstelle eines Platindrathes einen Kupferdraht (halbedel). Hierbei beobachtet man eine schwache Gasentwicklung am Kupferdraht.

Im Berührungselement 3 wird ein Magnesiumband (unedler als Zink) an den Zinkdraht gehalten. Hier erfolgt die Gasentwicklung an dem Zinkdraht.

#### Hinweis:

Der mit Wasserstoff (F+) gesättigte Platindraht kann für den Bau einer Normal-Wasserstoffelektrode (Vergleiche 5.1.9.) benutzt werden.

## Entsorgung:

Verdünnte Schwefelsäure kann nach dem Verdünnen mit Wasser und anschließender Neutralisation mit einer Lauge in den Abfluss gegeben werden.

Natriumsulfat kann man mit viel Wasser verdünnt im Abfluss entsorgt werden.

## Frage:

Lädt sich ein Metall in wässriger Lösung negativ auf? Wie kommt diese negative Aufladung zustande?



Abb. 10. Berührungselement Zink-Platin

## Versuch 2.3: Zink- und Kupfer-Elektroden

### Chemikalien:

Zink-Elektrode, Kupfer-Elektrode, Kochsalzlösung,

Material: E-Labo

### Durchführung:

Auf den T-OT werden in fünf Mulden je ein Tropfen Elektrolytlösung (Kochsalzlösung) gegeben. Die Tropfen werden mit Hilfe eines Mikrospatels in Berührung gebracht und auf diese Weise zu einem konjugierten Tropfen verbunden. Hierin taucht man die Zinkdraht- und Kupferdraht-Elektroden ein und prüft mit einem Spannungsmessgerät die Polung der Elektroden. Die Zink-Elektrode stellt den Minus-Pol, die Kupfer-Elektrode den Plus-Pol dar. Über das Strommessgerät schließt man die Elektroden kurz und untersucht die Richtung des Stromflusses.

### Ergebnis:

Das Strommessgerät zeigt einen Elektronenfluss von der Zink-Elektrode zur Kupfer-Elektrode an.

### Entsorgung:

Geringe Mengen Kochsalz können mit viel Wasser verdünnt im Abfluss entsorgt werden.

## Versuch 2.4: Kupfer- und Platin- Elektroden

### Chemikalien:

Kupfer-Elektrode, Platin-Elektrode, Kochsalzlösung

Material: E-Labo

Durchführung: Analog dem Versuch 5.2.3

## Ergebnis:

Alle Metalle laden sich in einer wässrigen Lösung negativ auf. Das unedlere Metall stellt dabei die Kathode dar, das edlere Metall die Anode.

Metalle besitzen eine Lösungstension. Die Atome des unedleren Metalls gehen als Ionen in Lösung. Die Ionen des edleren Metalls scheiden sich als Metallüberzug an der Elektrode ab.

→ Um Aussagen über die Lösungstension von Metallen zu treffen, müsste man die Ionen eines Metalls mit einem anderen, elementaren Metall reagieren lassen. Die Atome des unedleren Metalls gehen als Ionen in Lösung. Die Ionen des edleren Metalls scheiden sich als Metallüberzug an der Elektrode.

## 3 Verdrängungsreaktionen mit verschiedenen Metallen und Metallsalzen

### Chemikalien:



Kupfersulfat (Xn, N)



Zinkiodid (Xi)



Eisenchlorid (Xn)

Zinkdraht, Kupferdraht, Silberdraht, Eisennagel, Kupfersulfat (Xn, N), Zinkiodid (Xi), Eisenchlorid (Xn)

Material: E-Labo

### Durchführung:

Auf dem T-OT wird jeweils ein Tropfen der verschiedenen verdünnten Salzlösungen vergleichend nebeneinander aufgetragen und der entsprechende Metalldraht in die Lösung gegeben (Abb. 11).

### Versuche:

- Zinkdraht in Kupfersulfat (Xn,N)-Tropfen
- Kupferdraht in Zinkiodid (Xi) (Zinkchlorid) Tropfen
- Silberdraht in einen Kupfersulfat (Xn,N) Tropfen
- Kupferdraht in einen Silbernitrat (O,C,N) Tropfen
- Eisennagel in Kupfersulfat (Xn,N) Tropfen
- Kupferdraht in Eisenchlorid (Xn) Tropfen
- Eisennagel in Zinkchlorid (C,N) Tropfen
- Zinkdraht in Eisenchlorid (Xn) Tropfen

### Ergebnis:

Die untersuchten Metalle lassen sich in eine Reihe abnehmender Lösungstension einordnen. In der Reihenfolge der Verdrängungsreihe nimmt die Oxidierbarkeit der Metalle ab, umgekehrt muss demnach die Reduzierbarkeit zunehmen.

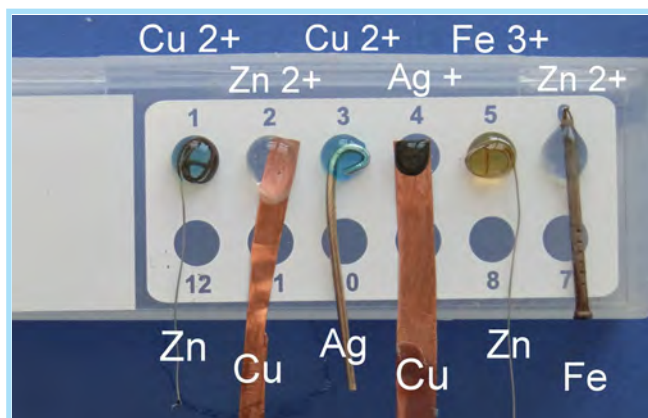


Abb. 11. Verdrängungsreaktionen

## Entsorgung:

Die Metall-Lösungen kommen in den Behälter Anorganische Salzlösungen mit Schwermetallen (G4).

## 4 Fazit

Die LAB in a DROP Versuche ergänzen die üblichen Schülerversuche substantiell. Die Edukte, Produkte und der Reaktionsverlauf sind nebeneinander gut beobachtbar. Die Versuche sind nachhaltig und in wenigen Minuten durchgeführt. Die Parameter eines Schulversuches lassen sich mit wenigen Handgriffen verändern. Im Gegensatz zu einer Messung an einer handelsüblichen Brennstoffzelle lassen sich ohne Umbauten die Elektroden austauschen, die Abstände variieren, die Konzentration der Elektrolyte verändern und Messungen bei verschiedenen Temperaturen durchführen. Die LAB in a DROP-Versuche zur Elektrochemie fordern die Schüler/innen zum Handeln und Forschen auf. Das trägt dazu bei, ein verstärktes Interesse an den elektrochemischen Fachinhalten zu wecken.

## Literatur

KICKUTH, R., STEFANI, R. (Hg.), OBENDRAUF, V. (2016). *Viktor Obendraufs schöne Experimente Band 1 und 2*, Verlag Rubkon, Galberg 2016.

MATUSSEK, S. (2013). LAB in a DROP – blue drop experience. *MNU*, 66(6), 352–356

MATUSSEK, S. (2015). LAB in a DROP – Experimente im Mikromaßstab – Teil 1. *MNU*, 68(4), 206–212

MATUSSEK, S. (2016). LAB in a DROP – Experimente im Mikromaßstab – Teil 2. *MNU*, 69(1), 30–39

MATUSSEK, S. (2015). LAB in a DROP – Elektrochemische Experimente. *Unterricht Chemie*, 146, 24–27

MATUSSEK, S. (2017). LAB in a DROP - Experimente im Mikromaßstab – Elektrochemie. *MNU*, 70(6), 409–417

STR STEPHAN MATUSSEK, [stephan.matussek@online.de](mailto:stephan.matussek@online.de), ist Lehrer an der Katholischen Schule Harburg, Bogenstraße 10, 21220 Seevetal. Seine Schule hat mit „LAB in a DROP“ u. a. den Hamburger Bildungspreis gewonnen.

Der Hamburger Schulsenator TIES RABE hat die Schirmherrschaft über die „LAB in a DROP“ Versuche übernommen. Der VCI fördert im Rahmen der Unterrichtsförderung die Grundanschaffung „LAB in a DROP“ an Schulen. ■