

Lab in a drop

Elektrochemische Experimente im Wassertropfen

KLASSENSTUFE: 9/10

SCHULFORM: alle Schulformen

THEMA: Grundlegende elektrochemische Experimente (Elektrolyse, Kupferrefinanzierung, galvanisierung, Reaktion von Säuren mit Metallen, Bau einer Batterie) im Reaktionsraum Wassertropfen

METHODE: Schülerexperimente mit Microscale-Technik in Gruppenarbeit

Für die Durchführung chemischer Experimente unter Verbrauch minimaler Mengen an Stoffen sowie geringem Abfallaufkommen stehen mittlerweile verschiedene Microscale-Apparaturen, oft in Kombination mit medizintechnischem Laborbedarf (Spritzentechnik), oder auch die klassischen Tüpfelplatten zur Verfügung [1-3]. Mit dem hier vorgestellten System „Lab in a drop“ wird der Raum eines Reaktionsgefäßes in das Volumen eines Wassertropfens verlagert. Dabei werden die besonderen physikalischen Eigenschaften des Wassertropfens wie die Oberflächenspannung, Lichtbrechung, die Lösemitteleigenschaften oder auch die Leitfähigkeit bewusst eingesetzt, um einen Reaktionsraum zu erzeugen, in dem sich zentrale Beobachtungen innerhalb von kürzester Zeit machen

lassen. Edukte, Reaktionsablauf und Produkte sind dabei meist parallel beobachtbar. In diesem Beitrag wird das Konzept von „Lab in a drop“ am Beispiel von grundlegenden elektrochemischen Experimenten vorgestellt.

Die Idee des Systems „Lab in a drop“

Für die Schülerversuche „Lab in a drop“ wurde ein Schülerexperimentierkasten zusammengestellt und über mehrere Jahre erprobt. Zur Grundausstattung zählen: Tropfenobjektträger (T-OT), Tropfen-Objektträger-Box (T-OT-Box), Mikrospatel, Käfiglupe und eine Unterlage aus teflonbeschichtetem Backpapier. Diese Grundausstattung (vgl. **Abb. 1**) erhält jede(r) Schüler(in) einer Gruppe, sodass es allen Schülerinnen und Schülern möglich ist, die Experimente eigenständig durchzuführen.

Anstelle eines Gasbrenners wird ein Mikrobrenner eingesetzt. So kann die Brennbarkeit von Stoffen und Stoffgemischen untersucht werden. Dieser Brenner erreicht eine Temperatur von etwa 1300 °C, wird mit Feuerzeuggas betrieben und reicht aus,

um beispielsweise die Schmelzelektrolyse von Zinkiodid durchzuführen. Für die elektrochemischen Versuche werden eine 9 V Blockbatterie und handelsübliche Prüfkabel benutzt. Bezugsquellen für die Materialien sind in **Kasten 1** aufgelistet.

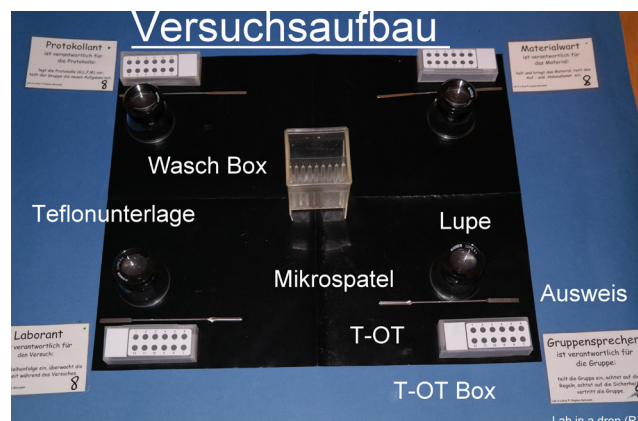
Im Unterricht hat sich bewährt, die Gruppenaufgaben zu verteilen (Gruppensprecher, Laborant, Protokollant und Materialwart), um die Verantwortlichkeit der Schülerinnen und Schüler klarzustellen. Die Chemikalien werden in Form von Tropfflaschen durch die Lehrkraft bereitgestellt. So können die Durchführungsschritte effektiv kontrolliert werden. Die sitzende Arbeitsweise, die Durchführung der Versuche in den Vierergruppen nacheinander und die Handhabung der Versuche führt zu einer hohen Konzentration bei den Schülerinnen und Schülern. Auch motorisch weniger geschickten Schülerinnen oder Schülern bereiten diese Versuche im Mikromaßstab keine Schwierigkeiten (vgl. **Abb.2**).

Die Methoden

Aus den besonderen Eigenschaften des Wassers, die aus den Kräften der



1 | Experimentierkoffer für den Unterricht



2 | Versuchsaufbau

Wasser-Moleküle untereinander resultieren, ergeben sich die wesentlichen Methoden. Dabei wird ein Feststoff, eine Flüssigkeit oder ein Gas mit dem Wassertropfen in Kontakt gebracht. Es sind dies die:

- **Fetro-Methode:** Feststoff und Tropfen
- **Flütro-Methode:** Flüssigkeit und Tropfen
- **Gatro-Methode:** Gas und Tropfen
- **Eltro-Methode:** mit entsprechenden Elektroden wird im Wassertropfen eine Spannung angelegt

Die Versuche

Bei den hier beschriebenen Versuchen (s. **Versuche 1–6**) werden bis zu sechs Tropfen einer Lösung auf den Tropfenobjektträger gegeben und Elektroden in die Lösung gehalten. Durch diese Anordnung lässt sich eine Trennung zwischen Anoden- und Kathodenraum erzeugen. Der Abstand der Elektroden ist bei diesen Versuchen variabel, sodass auch der Einfluss des Elektrodenabstandes untersucht werden kann. Anoden- und Kathodenraum können auch auf dem T-OT, ähnlich einer Glasfritte im U Rohr, getrennt werden, indem man einen Tropfen eines Klebstoffs auf Wasserbasis (z. B. Tesan,) mit zwei Tropfen eines Elektrolyten (Kaliumnitratlösung) mischt und diese Mischung zwischen Anoden- und Kathodenraum tropft.

Fazit

Die gewohnten Handgriffe bei Versuchen mit Reagenzgläsern, U-Rohren, dem Gasbrenner oder auch dem „Wasserersetzer“ nach Hofmann können und sollen durch die „Lab in a drop“-Versuche nicht ersetzt werden. Wohl aber sind die nachfolgend vorgestellten „Lab in a drop“-Versuche eine methodische und leicht zu erlernende Variante zu Experimenten im herkömmlichen Maßstab. Die hier vorgestellten Versuche benötigen deutlich weniger Zeit und

INFO

Bezugsquellen für die „Lab in a drop“ Grundausstattung

- Tropfenobjektträger (T-OT): medizinische Fachgeschäfte, z. B. Heinz Herenz Hamburg Medishop (Diagnostik-Objektträger; Art.-Nr. 1041016; 0,59 €/Stück)
- T-OT-Box: Neolab (Objektträger-Versandbehälter; Art.-Nr. 2-3080; 1,10 €/Stück)
- Teflonunterlage: handelsübliches Teflon Backpapier
- Mikrobrenner: z. B. bei Conrad; Art.-Nr. CE DJ062; 4,99 €/Stück

- Tropfflaschen: z. B. im Analytics shop

Beim Autor können bezogen werden:

- eine Liste von weiteren Versuchen
- das 120-seitige Skript Bewährter Anfangsunterricht Chemie mit 40 „Lab in a drop“ Experimenten
- ein Katalog mit erprobten Geräten
- für die Schule eingerichtete Experimentierkästen

(Preise: Stand 01.2015)

VERSUCH 1

LEHRER

Elektrische Leitfähigkeit einer Kochsalzlösung

Material
Tropfenobjektträger (T-OT), Mikrospatel, Leitfähigkeitsmessgerät oder entsprechende Apparatur aus zwei Multimetern, zwei Prüfkabeln, einer 9V-Blockbatterie und zwei Elektroden aus Nickeldraht

Chemikalien
Kochsalz, demineralisiertes Wasser

Durchführung
Auf dem T-OT wird nebeneinander auf 5 Feldern jeweils ein Tropfen Wasser gegeben. Die Tropfen werden mit dem Mikrospatel verbunden. Mit dem Leitfähigkeitsmessgerät und Nিকেelektroden wird die Leitfähigkeit von Wasser gemessen. Anstelle

eines Leitfähigkeitsmessgeräts kann zwischen der 9V Blockbatterie und den Elektroden ein Strommessgerät in Reihe geschaltet werden. Ein zweites Spannungsmessgerät wird parallel geschaltet.

Nun werden mehrere Kristalle Natriumchlorid in das mittlere Feld geschoben und die Leitfähigkeitswerte über einige Minuten beobachtet und notiert. Zusätzlich wird die Leitfähigkeit eines festen Kochsalzkristalls bestimmt.

Beobachtung/Ergebnis
Eine Kochsalz-Lösung leitet den elektrischen Strom, muss also elektrisch geladene, bewegliche Teilchen enthalten.


vor allem weniger Chemikalien als die herkömmlichen Experimente zur Elektrochemie. Damit werden die Versuche effizienter und nachhaltiger. Trotz der geringen Mengen können die Reaktionen oft sogar noch deutlicher beobachtet werden (Lupeneffekt des Wassertropfens). In der mehrjährigen Erprobung im Unterricht haben sich die Experimente als motivierend und lernförderlich für die Schülerinnen und Schüler herausgestellt.

Literatur

- [1] Obendrauf, V.: Experimente mit Gasen im Minimaßstab. ChiuZ 30(1996) Heft 3, S. 118-125
- [2] Brand, B.-H.; Grofe, Th.: Ammoniak-Synthese und Ammoniak-Springbrunnen. Gefährdungspotenzial und Versuchsaufbauten. PdNChiS 62(2013) Heft 4, S. 10-12
- [3] Venke, S.; Proske, W.: Halbmikrotitration. Quantitative Analyse von Haushaltsprodukten. UC 11(2010) Heft 120, S. 16-20
- [4] Matussek, S.: Lab in a drop – Blue drop experience, MNU 66/6(2013), S. 344-352

Wanderung von Permanganat-Ionen

Geräte und Chemikalien

Tropfenobjektträger (T-OT), T-OT Box, 9V-Blockbatterie, zwei Prüfkabel, Nickeldrahtelektroden, Pinzette, Mikrospatel, Kaliumpermanganat () , demineralisiertes Wasser

Durchführung

Auf den T-OT wird jeweils ein Tropfen demineralisiertes Wasser in die Felder 1, 2, 4 und 5 getropft. Auf die Mitte, in Feld 3, wird ein kleiner, nur unter der Lupe sichtbarer, Kristall Kaliumpermanganat gegeben und mit einem Tropfen Wasser versetzt.

Die Nিকেlelektroden werden über Prüfkabel mit der 9V-Blockbatterie verbunden. Anschließend werden die Elektroden in die Felder 1 und 5 getaucht.

Alle Tropfen werden nun durch weitere Zugabe von demineralisiertem Wasser so vergrößert dass sie Kontakt miteinander haben.



3 | Elektrolyse von Kaliumpermanganat


Beobachtung/Ergebnis

Der Kaliumpermanganatkristall löst sich. Innerhalb weniger Minuten wandert die violette Permanganatlösung deutlich sichtbar zur Anode (Pluspol). An der Kathode entsteht Wasserstoffgas. Es lässt sich damit zeigen, dass die Permanganat-Ionen negativ geladen sind (vgl. **Abb. 3**).

Elektrolyse

A) Elektrolyse einer Zinkiodidlösung

Geräte und Chemikalien

Tropfenobjektträger (T-OT), T-OT Box, 9V-Blockbatterie, zwei Prüfkabel, Nickeldrahtelektroden, Pinzette, Mikrospatel, Zinkiodid ()

Durchführung


Fünf Tropfen Zinkiodidlösung werden nebeneinander auf den T-OT gegeben und mit dem Mikrospatel untereinander verbunden. Nun werden zwei Nিকেlelektroden, die über Prüfkabel an eine 9V-Blockbatterie angeschlossen sind, und in die Tropfen 1 und 5 gehalten (vgl. **Abb. 4**).

Beobachtung/Ergebnis

An der Kathode bildet sich ein dunkelgrauer Belag, später graue Flitter („Baum“ aus Zink). An der Anode bilden sich rotbraune, fadenförmige Schlieren (Iod).

B) Raffination von Kupfer

Geräte und Chemikalien

Tropfenobjektträger (T-OT), T-OT Box, 9V-Blockbatterie, zwei Prüfkabel, Kupferdrahtelektroden, Kupfer, verdünnte Schwefelsäure, ()

Durchführung

Über 5 T-OT-Felder werden Tropfen der verdünnten Schwefelsäure gesetzt und die Lösung an Kupferelektroden elektrolysiert (vgl. **Abb. 5**).

Beobachtung/Ergebnis

An der Anode werden Kupfer-Atome zu Kupfer(II)-Ionen oxidiert; kathodisch wird reines Metall wieder abgeschieden.



4 | Elektrolyse von Zinkiodid








5 | Herstellung von Elektrolytkupfer

Hinweise: Um den Effekt der Raffination noch stärker zu verdeutlichen, kann an der Anode ein verunreinigtes Stück Kupfer (z. B. aus einer Kupfergewinnung aus Malachit) eingesetzt werden.

Nimmt man anstelle von Elektroden aus Kupfer solche aus Nickel- oder Platindraht, so kann man Gasblasen aus Wasserstoff (Kathode) und Sauerstoff (Anode) erzeugen. Nähert man die Elektroden, entsteht ein Knallgasgemisch, welches man mit einem deutlichen Knall zünden kann.

Versilbern eines Kupferdrahtes (Zementationsreaktion)

Geräte und Chemikalien

Tropfenobjektträger (T-OT), T-OT Box, Mikrospatel, Kupferdraht, Silbernitrat (GHS 03, , , , ggf. Ammoniaklösung (10%ig, , )

Durchführung

Ein Tropfen demineralisiertes Wasser wird auf den T-OT gesetzt und ein Kristall Silbernitrat darin gelöst. Ein etwa sechs Zentimeter langer, blank geschliffener Kupferdraht wird in die entstandene Silbernitratlösung gelegt und nach und nach durchgeschoben. Es gilt, eine möglichst große Fläche mit dem sich abscheidenden Silber zu überziehen (vgl. **Abb. 6**).

Mit einem Tropfen Ammoniaklösung lassen sich die aus dem Metall in Lösung gegangenen Kupfer-Ionen nachweisen.









6 | Kupfer und Silbernitratlösung

Beobachtung/Ergebnis

Es scheidet sich Silber auf dem Kupfer ab; Kupfer(II)-ionen gehen in Lösung. Diese Art von Verdrängungsreaktion lässt sich mit anderen Metall-Metallsalz-Kombinationen durchführen, sodass schließlich eine Redoxreihe abgeleitet werden kann.

Reaktion von verdünnter Salzsäure mit Metallen

Geräte und Chemikalien

Tropfenobjektträger (T-OT), T-OT Box, Mikrospatel, Heizplatte, Schutzschirm, verdünnte Salzsäure () , Pulver oder kleine Stücke der folgenden Metalle: Magnesium () , Eisen () , Kupfer (, ) , Silber, Zink ()

Durchführung




Auf dem T-OT werden winzige Mengen der Metalle als Pulver oder kleine Stücke in Tropfen aus verdünnter Salzsäure hineingeschoben.

Beobachtung/Ergebnis

Anhand der Gasentwicklung kann die Reaktivität beschrieben und verglichen werden, um dann eine Redoxreihe aufzustellen. Anschließend können die Salze durch Verdampfen der Flüssigkeit auf einer Heizplatte (kleine Stufe) hinter einem Schutzschirm erhalten werden. Die entstandenen Chloride lassen sich mit Silbernitrat nachweisen.

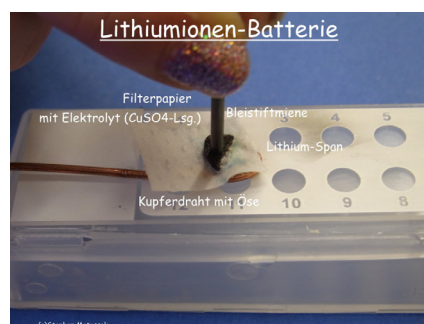
Bau einer Lithiumbatterie

Geräte und Chemikalien

Tropfenobjektträger T-OT, T-OT Box, zwei Prüfkabel, eine Kupferdraht (ca. 10 cm lang), eine Kohlenstoffelektrode (z. B. eine Bleistiftmine), Filterpapier, Spannungsmessgerät, ein Lithiumspan (, ) , Kupfersulfat-Lösung (0,5 mol/l; )

Durchführung

Der Kupferdraht wird am Ende zu einer Öse gebogen. In diese Öse wird als hängender Tropfen ein Tropfen Kupfersulfat-Lösung gegeben. Als poröse Trennschicht dient ein mit verdünnter Kupfersulfat-Lösung getränktes Stück Filterpapier (etwa in der Größe einer Briefmarke), das auf die Öse gelegt wird. Auf das Filterpapier legt man einen wenige Millimeter großen Lithiumspan. Eine Bleistiftmine



7 | Herstellung einer Lithiumionen-batterie

und der Kupferdraht werden mit einem Spannungsmessgerät verbunden und die Bleistiftmine auf das Lithiumstück gedrückt (vgl. **Abb. 7**).

Beobachtung/Ergebnis

Es ist eine Spannung von etwa 3V messbar.