

Die Apfeluhr. Eine fächerübergreifende Übungsstunde im Chemieanfängerunterricht

MARTIN SCHWAB

Armin-Knab-Gymnasium
97318 Kitzingen

Im Rahmen einer Übungsdoppelstunde sollen die Schüler in Gruppenarbeit das Geheimnis der Apfeluhr lüften. Dabei lernen sie das Prinzip des wissenschaftlichen Arbeitens (Phänomen, Erklärungsversuch durch Hypothese, Verifizierung oder Falsifizierung durch ein Experiment) an einem faszinierenden Phänomen kennen.

Aus einem gekauftem LCD-Uhrenmodul wird mit geringem Kosten- und Arbeitsaufwand eine Apfeluhr selbst gebaut, die in der Schülerübung als Grundlage für die Untersuchung dient.

Einmal zusammengebaut, kann die Versuchsserie ohne großen Vorbereitungs Aufwand durchgeführt werden. Der Materialverbrauch ist gering, und es gibt keine Entsorgungsprobleme.

Erforderliches Vorwissen

Elektrische Energie als Energieform bei chemischen Reaktionen

Unterschied von Spannung und Stromstärke (z. B. bei Analyse des Wassers mittels Elektrolyse erklären)

Leitfähigkeit als typische Eigenschaft von Substanzen (in einer vorhergehenden Übung testen)

Magnesium als brennbares Metall

Unedle Metalle reagieren mit verdünnter Salzsäure unter Gasentwicklung.

Geräte je Gruppe

Modifizierte Apfeluhr (mit Krokodilklemmen): An einem Miniaturuhrenmodul (Conrad-Electronic, Bestell-Nr. 112115, DM 4,95) werden

die Anschlußdrähte kurz vor der Batterie gekappt und daran Krokodilklemmen festgelötet. Die Drähte werden mit „+“ und „-“ gekennzeichnet.

Bunsenbrenner, Tiegelzange, Schutzbrillen
Digitalmultimeter aus der Physiksammlung (Achtung! billige Geräte, die 15 - 20 DM kosten, haben häufig keine Amperemeterfunktion!)

Zwei Batterien 1,5 V

Glühlampe 1,5 V mit Sockel, Krokodilklemmen

Nur einmal für alle Gruppen: Originalapfeluhr mit Kupfer- und Zinkelektroden (Demorexemplar, Conrad-Electronic, Bestell-Nr. 616478-33, DM 12,90)

Chemikalien

Verschiedene Metalle als Elektroden, zum Beispiel Magnesiumband, Silber (das Silberblech soll auf die gleiche Länge und Breite zugeschnitten sein wie das Magnesiumband), Kupfer, Zink immer zwei Stücke (vorher mit Schleifpapier blank reiben)

Verschiedene Früchte (Apfel, Zitrone ...), ferner Kartoffel, Limonade, Cola, destilliertes Wasser, Salatöl)

Hinweis: Lebensmittel nicht verschwenden, Äpfel und Kartoffeln zerschnitten einsetzen! verdünnte Salzsäure

Durchführung der Untersuchung

Es wird in Kleingruppen von 2 oder 3 Personen gearbeitet. Nach Demonstration einer Apfeluhr mit Silber- und Magnesiumelektroden wird die Aufgabenstellung gemeinsam formuliert:

Baue die Apfeluhr nach und untersuche, unter welchen Bedingungen sie funktioniert.

Die Vorgehensweise wird in der Gruppe festgelegt und mit dem Lehrer abgesprochen. Der Lehrer sollte dabei nur kleine Hilfestellungen geben. Danach werden die Versuche ausgeführt. Jeder Versuch wird protokolliert. Dieses Arbeitsprinzip wird immer beibehalten. Zuerst stehen nur Silber- und Magnesiumelek-

troden zur Verfügung. Diese Elektroden befinden sich gemischt in einem Karton auf dem Vorbereitungstisch.

Wenn die Uhr funktioniert (zwei unterschiedliche Elektroden, Polung beachten!), und die Rolle des Apfels geklärt ist (muß Strom leiten können, Salatöl ist nicht geeignet), wird auf eine neue Fragestellung übergeleitet:

Aus welchem Material bestehen die Elektroden?

Achtung! In diesem Abschnitt wird mit Schutzbrille gearbeitet! Testen der Brennbarkeit und Prüfen der Reaktion mit verdünnter Salzsäure ergeben deutliche Unterschiede: edles Silber als Pluspol – unedles Magnesium als Minuspol.

Die Demonstration der Originalapfeluhr mit Kupfer- und Zinkelektroden (nicht in Betrieb) leitet zu nächsten Frage über:

Können auch andere Metalle eingesetzt werden?

Mit Zink- und Kupferelektroden läßt sich die Uhr nicht betreiben, allerdings kann eine Spannungsdifferenz festgestellt werden (etwa 0,9 V). Sie ist damit geringer als bei Magnesium und Silber (1,8 V). Die Spannungsdifferenz zwischen Silber und Kupfer sowie zwischen Zink und Magnesium kann noch ermittelt werden.

Zusammenfassung

Schaltet man das edle Metall als Pluspol und das unedle Metall als Minuspol, so besteht eine Spannungsdifferenz, aufgrund derer ein Strom fließt. Es muß eine chemische Reaktion ablaufen, bei der Energie in Form von elektrischer Energie frei wird. Kombiniert man Metalle, die in ihren diesbezüglichen Eigenschaften weiter auseinander liegen (edel – unedel), so wird die Spannungsdifferenz größer. Der Apfel dient nur als Elektrolyt. Es handelt sich hier um eine Art Batterie.

Die Demonstration eines Walkmans mit 6 V Betriebsspannung, der mit vier 1,5-V-Batterien betrieben wird, leitet auf das Problem der Reihenschaltung über:

Wie kann die Uhr mit Kupfer- und Zinkelek-

troden in Reihenschaltung betrieben werden?

Mit Hilfe von zwei Batterien und einem Voltmeter kann die Polung ermittelt werden, um die Batterien in Reihe zu schalten. Bei der Anwendung auf die Apfeluhr muß beachtet werden, daß nicht alle Elektroden in einem Apfel stecken dürfen.

Als letzte Frage kann die Stromstärke angesprochen werden:

Kann mit unserer selbstgebauten Batterie auch ein 1,5-V-Glühlämpchen zum Leuchten gebracht werden?

Der Versuch hat ein negatives Ergebnis, die Messung mit einem Amperemeter zeigt einen zu geringen Stromfluß an.

Eine reizvolle Aufgabe ist es, ein Lämpchen, das zum Beispiel in Modelleisenbahnen verwendet wird, oder eine Leuchtdiode mit niedrigem Stromverbrauch durch Parallelschaltung von Elektroden zum Leuchten zu bringen. Hier ist es sinnvoll, Kontakte zu löten, eine Technik, die Schüler/-innen erfahrungsgemäß in den meisten Fällen erst lernen müssen.

Anmerkung: Auf die Serien- und Parallelschaltung sollte nur eingegangen werden, wenn in dieser Doppelstunde noch genügend Zeit zur Verfügung steht.

Bedeutung dieser Versuchsreihe

Die Apfeluhr wird sowohl in Schulbüchern (z. B. /2/) als auch in der Experimentalliteratur (Kartoffeluhr, Zitronenbatterie, z. B. /3...5/) angeführt.

In unserer Arbeit werden einige neue Aspekte vorgestellt:

Ein Schülerarbeitsplatz kann für etwa 10 DM Materialkosten mit einem LCD-Display und verschiedenen Elektroden ausgestattet werden. Durch die Wahl der Elektroden (Magnesium und Silber) ist es möglich, eine leichter durchschauende Versuchsanordnung dem Schüler zu präsentieren als zum Beispiel durch käufliche Uhren mit Kupfer- und Zinkelektroden (Reihenschaltung nötig).

Entsorgungsprobleme sind nicht vorhanden. Diese Übungsstunde wird im Anfangsunter-

richt der 9. Klasse durchgeführt (erstes Jahr Chemie im math.-nat. Zweig). Die Klärung der Elektrodenvorgänge muß ausgeklammert werden (Ionenbegriff fehlt).

Kritische Reflexion

Natürlich kann man sich fragen, ob es überhaupt sinnvoll ist, an so früher Stelle des Chemieunterrichts ein solches Thema so zu behandeln.

Folgende Überlegungen sprechen scheinbar dagegen:

1. Die Frage, warum Strom fließt, wird nicht beantwortet. Sollte man also nicht warten, bis alles erklärt werden kann?

2. Der Physikunterricht steuert noch keine Grundlagen bei. Die Elektrizitätslehre wird erst in der 10. Klasse behandelt. Die Schüler könnten daher überfordert sein.

Dennoch befürworte ich den Einsatz dieser Versuchsfolge aus folgenden Gründen:

1. Beim ersten Einsatz der Apfeluhr im Chemieanfangsunterricht der 9. Klasse wurde die Uhr von mir nur demonstriert. Sie wurde von mir fertig aufgebaut (mit Kupfer-Zink-Elektroden in Reihe geschaltet).

Dieser Versuch wurde so begeistert aufgenommen, daß sich ein reges Unterrichtsgespräch ergab. Für mich war das der Anlaß, diese Unterrichtseinheit zu entwickeln und auszuprobieren.

2. Dem zweiten Einwand (Elektrizitätslehre erst in der 10. Klasse) begegne ich mit folgendem Zitat von CELESTIN FREINET /6, S. 21 f./:

„Steigt auf die Fahrräder

Seien wir ehrlich: wenn man es den Pädagogen überlassen würde, den Kindern das Fahrradfahren beizubringen, gäbe es nicht viele Radfahrer. Bevor man auf ein Fahrrad steigt, muß man es doch kennen, das ist doch grundlegend, man muß die Teile, aus denen es zusammengesetzt ist, einzeln, von oben bis unten, betrachten Danach – aber nur danach! – würde dem Kind erlaubt, auf das Fahrrad zu steigen. Oh, keine Angst vor Übereilung, ganz ruhig. Man würde es doch nicht ganz unbedacht auf einer schwierigen Straße loslassen,

wo es möglicherweise die Passanten gefährdet. Die Pädagogen hätten selbstverständlich gute Übungsfahrräder entwickelt, die auf einem Stativ befestigt sind, ins Leere drehen, und auf denen die Kinder ohne Risiko lernen können, sich auf dem Sattel zu halten und in die Pedale zu treten.

Aber sicher, erst wenn der Schüler fehlerfrei auf das Fahrrad steigen könnte, dürfte er sich frei dessen Mechanik aussetzen.

Glücklicherweise machen die Kinder solchen allzu klugen und allzu methodischen Vorhaben der Pädagogen von vornherein einen Strich durch die Rechnung.

In einer Scheune entdecken sie einen alten Bock ohne Reifen und Bremse, und heimlich lernen sie im Nu aufzusteigen, so wie im übrigen alle Kinder lernen: ohne irgendwelche Kenntnis von Regeln oder Grundsätzen Übung macht den Rest.

Später dann, wenn sie besser fahren wollen, wenn sie einen Reifen reparieren, ... dann werden sie – durch Freunde, Bücher oder Lehrer – lernen, was ihr ihnen vergeblich einzutrichtern versucht habt.

Am Anfang jeder Eroberung steht nicht das abstrakte Wissen – das kommt normalerweise in dem Maße, wie es im Leben gebraucht wird – sondern die Erfahrung, die Übung und die Arbeit.

... steigt auf die Fahrräder!“

Im handelnden Umgang werden selbstverständlich Techniken gelernt (z. B. Reihenschaltung), der Lehrer muß nur den Begriff einführen. Strom, Spannung sind schon längst alltägliche Begriffe und Phänomene, die man natürlich nicht bis zur 10. Klasse Physikunterricht zurückhalten kann. Will man hinter das Geheimnis der Apfeluhr kommen, dann lernt man auch bereitwillig Neues.

3. Auf vieles kann später zurückgegriffen werden (z. B. unedle/edle Metalle, Reaktion von Metallen mit Säuren ...).

Mit dem Hinweis, daß das unedlere Metall aufgebraucht wird und die Uhr nicht ewig mit dieser „Öko-Batterie“ betrieben werden kann, wird dazu angeregt, das Wort „Öko“ kritisch zu hinterfragen und naturwissenschaftliches Wissen auch im Alltag zu verwenden.

Das Verständnis, wie eine Batterie im Prinzip aufgebaut ist, wird schon frühzeitig gefördert (sonst erst Thema der 11. Klasse in Chemie) und so ein Stück Alltag verständlicher.

4. Die Experimente sind offen gehalten. Im Rahmen der Sicherheitsbestimmungen kann der Schüler ausprobieren, der Lehrer ist Ansprechpartner und Helfer, nicht nur Wissensvermittler. Selbständiges Arbeiten wird, soweit möglich, geübt.

Wenn man möchte, kann die Versuchsabfolge aber auch in einem stärker lehrerzentrierten Unterricht eingesetzt werden.

Literatur

- 1 Conrad-Electronic, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240 Hirschau
- 2 Kiechle, H.; Gallenberger, K.: BSV Chemie 11. – Bayerischer Schulbuchverlag.- München, 1995
- 3 Ensmann, R.; Hacker, T.H.; Wentworth, R.A.D.: Vegetable Voltage and Fruit „Juice“: An Electrochemical Demonstration. – In: J. Chem. Educ. 65(1988)727
- 4 Glöckner, W. et. al: Handbuch der Experimentellen Chemie, Sek. II, Band 6. – Köln, 1994, S. 383 ff.
- 5 Letcher, T.M.; Sonemann, A.W.: A Lemon-Powerd Clock. – In: J. Chem. Educ. 69(1992)157-158
- 6 Freinet, C.: Pädagogische Texte. – Hamburg, 1980