

Die Dinge zum Sprechen bringen

Lutz Stäudel

Zwei Schüler sitzen an einem Tisch und betrachten, wie sich in einer Petrischale wie aus dem Nichts eine weiße Struktur in der sonst durchsichtigen Flüssigkeit herausbildet.

- S1: Es hat sich so ein silberner Streifen entwickelt. Es vergrößert sich auch noch. Auf der anderen Seite fängt es langsam aber sicher auch an.
- S2: Es hat eine Federform angenommen auf der einen Seite. Es ist so silbern.
- S1: Gräulich.
- S2: Ja, so grau-silbrig, auf der anderen Seite fängt es auch an, und das Kochsalz ist immer noch da.
- S1: Vielleicht vermehrt sich das durch das ganze Glas, durch die ganze Oberfläche des Wassers.
- S2: Das sieht aus wie Schimmel.

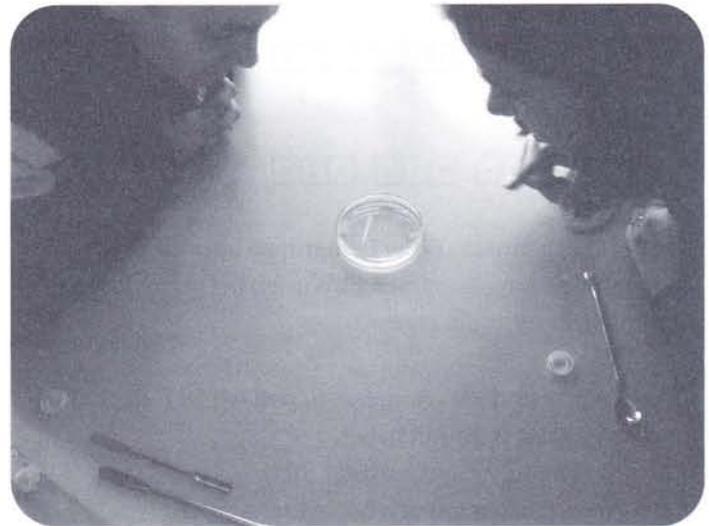
Und etwas später:

- S1: Das eine löst sich auf und das andere auch, und die treffen sich dann in der Mitte des Glases und dadurch wahrscheinlich, weil dann in der Mitte die chemische Reaktion stattfindet, dass es sich dann verbindet (entsteht diese weiße Wolke).

Die Methode »Lautes Denken« ist nicht neu, aber in der schulischen Praxis so gut wie unbekannt. Wir haben sie im

Modellversuch Naturwissenschaften zuerst als Analyse-Instrument eingesetzt. Von den Ergebnissen soll gleich berichtet werden. Einige Kolleginnen und Kollegen haben diese Methode in der Zwischenzeit mehrfach in der Arbeit in Zweiergruppen erprobt und berichten von guten Erfolgen.

Dieser Ansatz stützt sich auf zwei Grundgedanken: Zum einen kritisiert die »Baumert-Expertise« bei der Bewertung der TIMSS-Befunde recht deutlich die relative Sprachlosigkeit des naturwissenschaftlichen (und des mathematischen) Unterrichts. Zum anderen



ist das Sprechen Voraussetzung für die Herausbildung von Begriffen, die sowohl in der alltäglichen Erfahrung wie in der wissenschaftlichen Systematik verankert sind.¹ Und weil Sprechen immer auch einen Gegenstand hat, haben wir für unsere Untersuchungen Versuche ausgewählt, die mit Hilfe der Teilchen-Vorstellung interpretiert werden können.

Wider das Missverständnis von der Exaktheit

Möglicherweise rührt es vom Begriff »exakte Naturwissenschaften« her, dass Chemie- und Physikunterricht besonders sprachlos sind. Der wirkende Mechanismus ist denkbar einfach und lässt sich bei vielen Hospitationen entdecken: Schülerinnen und Schüler, soweit sie ihre Gedanken auf eine Lehrerfrage hin kundtun, werden umgehend von der Lehrkraft verbessert, ja bisweilen sogar zurechtgewiesen, wenn die von ihnen verwendeten Begriffe nicht der fachlichen Nomenklatur entsprechen. Manch ein Schüler und besonders manch eine Schülerin möchten eine solche verbale Abstrafung dann doch lieber vermeiden und sind lieber still. Der Erfolg ist, dass die dann nur angelernten Begriffe wie »Ion«, »Nichtmetall« oder »Red-Ox-Reaktion« schnell wieder in Vergessenheit gera-

¹ Vgl. A. Gerdes, L. Stäudel: Modelle für die stoffliche Welt. Chemie: drei Befunde – drei Analysen – drei Ansätze. In: Friedrich Jahresheft XVIII – Üben und Wiederholen, Seelze 2000, S. 124 – 127

ten, weil sie keine Zeit hatten, sich im Bewusstsein mit den vorfindlichen Begriffen zu verknüpfen.

Trotz entwickelter Fachdidaktik und ausgefeilter Unterrichtsmethodik hat sich die elementare Einsicht, dass die Verknüpfung und Ausschärfung von Begriffen Zeit braucht, und zwar viel Zeit, nicht im Unterrichtsalltag durchsetzen können. Dabei hat bereits der Begründer der modernen Chemie-Ausbildung, Justus von Liebig (1803-1873), nicht nur darauf hingewiesen, sondern die Ausbildung seiner Studenten geradezu nach diesem Motto gestaltet. »In den Vorlesungen lehren wir das Alphabet, in den Laboratorien den Gebrauch dieser Zeichen; der Schüler erwirbt sich darin Fertigkeit im Lesen der Sprache der Erscheinungen, er lernt die Regeln der Combinationen, so wie Gewandtheit und die Gelegenheit, sie in Anwendung zu bringen.«² und: »Jeder Versuch ist ein in Erscheinung gebrachter Gedanke.«³ Und sein Zeitgenosse Arendt ergänzte: »Eine chemische Beobachtung kann nie eine unmittelbare sein ... selbst wenn man mit dem einfachsten Experiment beginnt, wird die Vorstellung nur durch eine gleichzeitige Verstandesoperation ... gewonnen.« ... »Die chemischen Prozesse (...) bleiben unserem Blicke völlig verschlossen, und selbst der nüchternste und aufmerksamste Beobachter wird daraus nicht eine einzige Vorstellung gewinnen können, welche einer chemischen Betrachtung der Naturvorgänge irgendwie als Basis dienen könnte.«⁴ Beide waren der Meinung, dass es vermittels einer Theorie geleiteten prakti-



schens Übens erst eine – gemeinsame – begriffliche Basis zu schaffen gelte: für die Verständigung über die stoffliche Welt, die Eigenschaften und Reaktionen der Stoffe.

Sprechen heißt Gedanken klären

Welche wichtige Rolle das Sprechen dabei spielt, lehrt uns ein Objekt, das - eher unerwartet - im Treppenhaus des Kasseler Finanzamtes zu sehen ist. Dort leuchtet eine Neon-schrift »Sprechen heißt Gedanken klären«⁵. Man sollte diesen Satz, der vermutlich von Lichtenberg stammt, ein wenig auf sich wirken lassen. Und sich vor Augen führen, welche Bedeutung er für den naturwissenschaftlichen Unterricht haben könnte. Konfrontiert mit neuen Phänomenen versuchen Jugendliche (wie auch Erwachsenen beliebigen Alters) zuerst

einmal, diese mit früheren Erfahrungen zu deuten und mit vorhandenen (Alltags)Begriffen zu ordnen, zu deuten, zu beschreiben. Wie hartnäckig dieser Versuch sein kann, soll ein zweiter Ausschnitt aus dem Zwiegespräch einer Zweiergruppe belegen - diesmal begleitet von den unterstützend gemeinten Fragen einer Lehrkraft.

- L: Das Problem ist dabei, wenn sich so ein Salz auflöst, das ist ja irgendwie verschwunden, wo ist das denn? Wenn ich ein bisschen Kochsalz in Wasser gebe, was passiert dann?
- B: Gar nichts.
- A: Es bleibt einfach stehen.
- L: Es löst sich aber auf?
- B: Ja.
- L: ... Und wo ist das Salz hingegangen? Also, das Salz löst sich auf, es ist kein Salz mehr da, oder doch?!
- B: Doch.
- L: Aber wo?
- B: Da ist kein Salz mehr.
- L: Wenn du in Wasser Salz reinmachst, dann schmeckt das ja auch salzig.
- B: Ja.
- L: Aber man kann es trotzdem nicht sehen.
- A: Aber man kann es doch schmecken, dass da Salz drin ist.
- L: Also, man hat jetzt z.B. ein Glas Wasser und da ist Salz drin, aber man kann es nicht sehen. Wie liegt es denn da vor?
- A: Vielleicht sieht man das da nicht, also man muss da vielleicht genau hingucken, ob da Salz drin ist, oder nicht? Wenn ich jetzt einfach so gucke, vielleicht merke ich dann gar nicht, ob da Salz drin ist oder nicht. Vielleicht achten ja manche gar nicht darauf?!
- L: (nimmt ein Schnappdeckelglas) Aber, wenn ich jetzt in das Gläschen hier etwas Salz in das Wasser gebe und ein paar mal umschüttele, dann kannst du nicht mehr sehen, ob da Salz drin ist. Das ist weg. ...
- L: Das kannst du ja mal zu Hause ausprobieren. Dann nimmst du ein Glas Wasser, tust etwas Salz hinein und in ein anderes Glas tust du nur Wasser und vergleichst dann die beiden Gläser.

2
Justus von Liebig:
Chemische
Briefe. Leip-
zig/Heidel-
berg 1865
(5. Aufl.), S. 9

3
Justus von Liebig:
Der Zustand
der Chemie in
Preussen. In:
Annalen der
Chemie und
Pharmacie 34.
Jg, 1840, S.
114

4
R. Arendt: Organi-
sation, Tech-
nik und Appa-
rat des
Unterrichts in
der Chemie an
niederen und
höheren Lehr-
anstalten. Lei-
pzig 1868, S.
14 f.

5
Neonobjekt des
Florentiner
Künstlers
Mazzini

- B: Das ist bestimmt gleich.
 L: Sie vermutet es aber anders, man muss es erst ausprobieren, um es genau zu wissen. Lassen wir das mal. Also die Frage ist, hier hat sich jetzt was aufgelöst und da hat sich was aufgelöst und was ist dann passiert?

Der Gesprächsleiter malt auf einem Stück Papier eine Petrischale auf und deutet festes Kochsalz in der Mitte an.

- L: Wenn ich in das Wasser nur Kochsalz gebe, was passiert?
 B: Gar nichts, das löst sich vielleicht auf und verbreitet sich dann irgendwie.

Der Gesprächsleiter fordert die Schülerinnen zum Aufmalen auf.

- A: Vielleicht bleibt es nur in diesem Teil. Zeigt dabei auf eine Hälfte der Schale.
 L: Und wenn du jetzt 2 Stunden wartest, was dann?
 A: Vielleicht noch ein bisschen nach außen, aber nicht das ganze.
 L: Also es würde sich jetzt verteilen, und wenn du jetzt nach einer bestimmten Zeit den Finger hier und da rein steckst und schmeckst...
 A: ...dann ist da Salz.
 L: Nach einer bestimmten Zeit hat es sich wahrscheinlich ganz und gar verteilt.

Wenn ihr jetzt jemandem erklärt, das breitet sich so aus, dann sagt der, ihr könnt mir viel erzählen, ich sehe ja nichts und wo man nichts sieht, ist auch nichts.

- B: Das sieht man nicht, aber wenn man das erzählt, weiß man schon, dass das noch da ist.
 L: ... aber die Frage ist doch, wenn man sie nicht mehr sieht, wie sehen sie dann aus? Stellt euch mal vor, ihr wäret ganz klein und würdet da reingehen, könntet ihr die dann sehen, oder wären die dann weg?
 A: Die sind noch da.
 B: Die sind nicht weg.
 L: Aber wie stellst du dir denn das vor, wenn man gar nichts sieht? ... Wenn ihr zu Hause etwas kocht, macht ihr auch das Salz rein und das Salz ist immer noch in der Suppe drin, sonst würde es nicht so salzig schmecken.
 A: Ja.
 L: Aber man sieht es nicht.
 A: Aber wenn man z.B. Suppe kocht, dann sieht man das Salz nicht mehr, aber man schmeckt es. Vielleicht ist es ja genauso hier?! Also das hat sich richtig aufgelöst und wenn wir probieren, dann schmeckt es ja salzig. Obwohl da kein Salz mehr drin ist. Also solche Stücke sind nicht mehr da. Aber dieser Geschmack ist da.
 L: Und woher weiß deine Zunge, dass da Salz drin ist?
 A und B: ... schmeckt es.

Der Gesprächsleiter malt auf ein zweites Blatt Papier eine Petrischale mit Kochsalz am Rand und fordert die Schülerinnen auf einzumalen, wie sich das Salz verteilt.

B malt um das Kochsalz herum Kreise.

- A: Ich glaub, das geht nur bis hierhin. Zeigt auf die Mitte der Schale.
 B: Das verteilt sich auch überall. Zuerst an der Seite, wenn das in der Mitte ist, dann geht das vielleicht schneller.
 A: Ich glaube nicht, dass das so weit geht.
 L: Wenn das Kochsalz wäre und du nach einer Stunde da hinten deinen Finger reintauchst, dann würde das nicht nach Salz schmecken?

A und B: Doch.

...

- L: Also ich glaube, wenn das da hinten auch nach Salz schmeckt, dann verteilt sich das immer weiter.
 L: Ja, genauso wird das wohl sein.

Denken wie Aristoteles

Dieser auf den ersten Blick merkwürdige Dialog zeigt zweierlei: Erstens, dass es sicher der Impulse von außen bedarf, um dem Denken und den Begriffen ein Tor zur Welt der Chemie und zu ihrer Betrachtungsweise zu öffnen, weil – zweitens – Widersprüche alleine, im Sinne von kognitiver Dissonanz, nicht ausreichen, um einen gedanklichen Sprung bei den Schülern zu bewirken, zu dem die Menschheit mehr als 2000 Jahre gebraucht hat. Dieses von den beiden Akteuren des Dialogs vorgeführte Denken entspricht in weiten Teilen den Ansichten und Weltinterpretationen der griechischen Philosophen wie Aristoteles und seiner Zeitgenossen.⁶ Sollten 14- oder 15-jährige, denen eine Kontinuums-Vorstellung der Welt für den praktischen Umgang mit ihrer Umwelt ausreicht – »Salz in der Suppe lässt sie salzig schmecken« –, hier den Paradigmenwechsel spontan vollziehen? Sicher nicht, aber die bloße Information über diese dem Alltag zunächst so fremde Sichtweise alleine reicht eben nicht aus, wie der folgende Ausschnitt zeigt.

6 Bei den griechischen Philosophen vertraten zwar die Epikuräer die Teilchentese, jedoch setzte sich die Kontinuums-sicht der Aristoteliker durch: Dort werden die Dinge, ähnlich wie im obigen Gespräch, durch ihre Eigenschaften »erzeugt«, so das Element Wasser aus den Eigenschaften »nass« und »kalt« oder die Luft aus »heiß« und »trocken«.

L: Stellt euch mal vor, ihr wäret so klein, dass ihr bei dem Ganzen zusehen könntet. Wie würdet ihr euch das vorstellen?

S1: Dann könnte ich bestimmt sehen, wie sich das alles auflöst ...

nach einer kurzen Unterbrechung
...so kleine Teilchen.

S2: (verbessert S1) Kleinste Teilchen.

S1: Es gab noch Namen dafür.

S2: Irgendwas mit M glaub ich.

L: (kritisch fragend) Moleküle?

S1 und S2: (erleichtert) Genau!

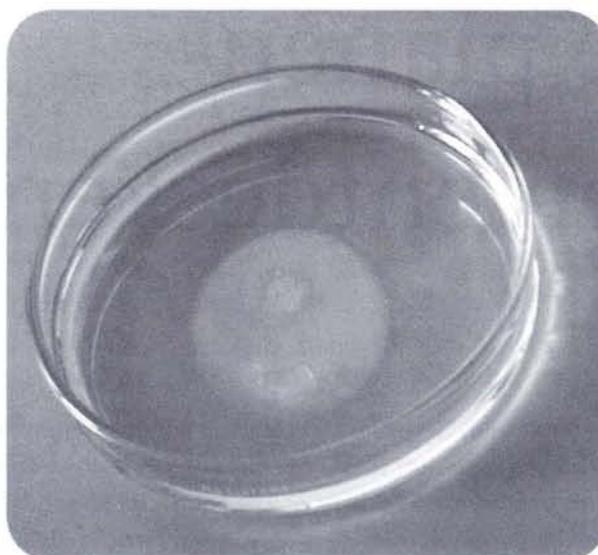
L: Atome? Könnten es auch Atome sein.

S2: (ohne auf die Nachfrage einzugehen) Vielleicht sind sie so winzig, dass man sie mit dem bloßen Auge nicht erkennt.

Weil es eben nicht ausreicht, eine fertige Theorie über den (Schul-)Tisch zu schieben, weil sich die Gedanken erst klären müssen, weil es der aktiven Aneignung bedarf, weil sich dies nur in einer Wechselwirkung zwischen praktischem Tun, Denken und Sprechen vollziehen kann, darum halten wir das »Laute Denken« nicht nur für ein interessantes analytisches Instrument, sondern auch für eine Methode, die viel öfter im Unterricht eingesetzt werden könnte und sollte.

Vorschläge für die Praxis

Experimente in Petrischalen wurden vor über 10 Jahren von M. Minssen, Wobbe de Vos und Till Popp⁷ vorgeschlagen mit dem Ziel, den gestaltlosen Reagenzien des Labors wieder eine Form zu geben, Phänomene wirken zu lassen und auch um das ästhetische Empfinden der Lernenden stärker anzusprechen. Wie die vorgestellten Beispiele zeigen, wird aus dem spontanen Reagieren zweier Partner, etwa zwischen gelöstem Kochsalz und einer Silbernitrat-Lösung, ein zeitlich und räumlich entzerrter Prozess, der viel anregender ist, als das momentane Ausfallen von Silberchlorid im geschüttelten Reagenzglas. Zwar kann praktisch jede Reaktion, die einen optischen Effekt zeigt, in ähnlicher Weise dargestellt werden. Für den Anfangsunterricht haben sich aber – auch unter Sicherheitsgesichtspunkten – folgende »Reaktionen« bewährt:



» Die Auflösung von einigen Körnchen festem Kaliumpermanganat in (destilliertem) Wasser

» Das Auflösen von festem Kochsalz oder Zucker in (destilliertem) Wasser

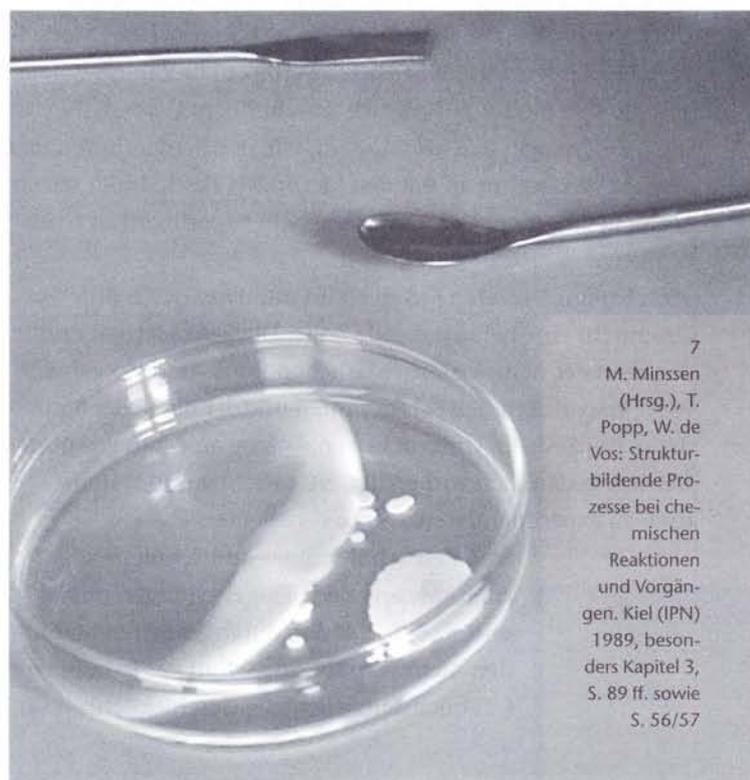
» Die Reaktion von festem Kochsalz und festem Silbernitrat in destilliertem Wasser, indem man einige Körnchen der Reaktanten an gegenüberliegenden Seiten der Petrischale ins Wasser fallen lässt.

» Und schließlich – für Fortgeschrittene – das Auflösen von

Silbernitrat in Leitungswasser, wobei sich, je nach Chloridgehalt, ein feiner Schleier von AgCl bildet.

Es ist zu hoffen, dass die Erfahrungen aus dem Modellversuch und mit solchen relativ zeitaufwendigen Methoden die Konstrukteure von Lehrplänen eines Tags doch überzeugen werden, dass weniger Detailwissen oft mehr ist, und dass jemand erst dann die komplizierten Feinheiten einer Wissenschaft wird verstehen können, wenn er oder sie ihr Alphabet gelernt hat.

Fotos und Transkription: Sonja Richardt, Kassel



7
M. Minssen (Hrsg.), T. Popp, W. de Vos: Struktur-bildende Prozesse bei chemischen Reaktionen und Vorgängen. Kiel (IPN) 1989, besonders Kapitel 3, S. 89 ff. sowie S. 56/57

Versuche planen- Methoden entdecken

Martin Stamme

Lernen setzt die aktive Beschäftigung mit dem Gegenstand voraus. Für die Naturwissenschaften bedeutet dies nicht nur die Auseinandersetzung mit bestimmten Sachverhalten. Vielmehr müssen sich die Schülerinnen und Schüler ebenso aktiv mit den zugrundeliegenden naturwissenschaftlichen Methoden und Verfahrensweisen befassen, um experimentelle Ansätze und deren Ergebnisse gedanklich zu durchdringen und schließlich zu verstehen.

Die Ergebnisse eines Versuches, wie zum Beispiel das Nachwiegen von Verbrennungsprodukten zur Bestätigung des Erhalts von Massen, können nur dann begriffen werden, wenn die Methode gedanklich erfasst wurde, die zu diesen Ergebnissen geführt hat. Grundlegende naturwissenschaftliche Methoden zu begreifen und gedanklich zu durchdringen, ist daher als Ziel naturwissenschaftlicher Bildung von gleicher Bedeutung wie die Aneignung typischer fachspezifischer Inhalte.

Im Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«, das die Grundlage für die bundesweiten Modellversuche bildet, wird diese Gleichwertigkeit besonders herausgestellt. Das Modul 2 »Naturwissenschaftliches Arbeiten« rückt die Frage in den Mittelpunkt, wie sich Schülerinnen und Schüler von Beginn an mit den Methoden auseinander setzen können, die einem Versuch oder einem Experiment zu Grunde liegen.

»Das Experimentieren (...) spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine herausragende Rolle. Die Besonderheit und den Sinn der naturwissenschaftlichen Denk- und Vorgehensweise erschließen sich Schülerinnen und Schüler jedoch nur dann, wenn sie im Unterricht von Anfang an daran gewöhnt werden, gedanklich vorbereitet, zielgerichtet und systematisch zu experimentieren und zu beobachten.«¹

Sind den Schülerinnen und Schülern die zugrundeliegenden Fragestellungen unklar und sind sie mit den durchgeführten Methoden nicht vertraut, so »schult das Experiment (...) höchstens manuelle Geschicklichkeit im

Umgang mit diversen, sehr speziellen Apparaten und die Fähigkeit, Arbeitsanweisungen sequenziell abzuarbeiten.«²

Die beiden im Folgenden vorgestellten Beispiele aus dem Eingangsunterricht Chemie einer Realschulklasse 8 sollen zeigen, in welcher Weise Schülerinnen und Schüler angeregt werden können, sich unmittelbar zu Beginn des Chemieunterrichts in grundlegende naturwissenschaftliche Verfahrensweisen hineinzudenken.

Sowohl die Beschäftigung mit den Aggregatzuständen wie die Charakterisierung von Stoffeigenschaften im Zusammenhang mit der Trennung eines Stoffgemischs sind typische Beispiele aus dem Eingangsunterricht Chemie.

Wasser: fest – flüssig – gasförmig

Nach einem ersten Kennenlernen typischer Laborgeräte erhielten die Schülerinnen und Schüler den Arbeitsauftrag, eine Versuchsanordnung zur Darstellung der Phasenübergänge des Wassers zu entwerfen (Abbildung 1).

Die Lernenden hatten also nicht nur die Aufgabe, selbst eine Versuchsanordnung zu entwerfen. Ihre Beschreibung und Darstellung sollte darüber hinaus so verständlich und präzise sein, dass sie von anderen Gruppen produktiv umgesetzt werden konnte.

Zustandsformen (Aggregatzustände) des Wassers

Wasser kommt fest (.....) flüssig (.....) und gasförmig (.....) vor.

Entwerft in der Gruppe Versuche, durch die man die Übergänge der Zustandsformen sichtbar machen kann.

Zeigt bei den Versuchen, dass die Übergänge zwischen den Zustandsformen auch in der umgekehrten Richtung stattfinden können (z. B. flüssig → gasförmig / gasförmig → flüssig).

➤ *Die Versuchsbeschreibungen sollen mit Skizzen (Geräteaufbau) versehen werden und müssen so beschrieben sein, dass sie auch ein Schüler aus einer anderen Klasse ohne weitere Erklärungen durchführen kann*

Abbildung 1: Arbeitsauftrag zum Entwurf einer Versuchsanordnung zur Darstellung von Phasenübergängen.

Zunächst mussten die Schülerinnen und Schüler klären, was bei den jeweiligen Phasenübergängen im Einzelnen vor sich geht. Aus dieser ersten Form der geistigen Auseinandersetzung mussten sie dann eine Versuchsanordnung entwerfen, die aus ihrem Verständnis heraus praktikabel erschien. Ein besonderes Problem war dabei die Überführung des gasförmigen (verdampften) Wassers zurück in den flüssigen Zustand. Hier zeigte sich, wer »Erfindergeist« hat und wer auf Alltagserfahrungen zurückgriff.

Hernach mussten die Schülerinnen und Schüler ihre (gedanklich entwickelte) Versuchsanordnung verschriftlichen und die geplanten Handlungsvollzüge erläutern. Für die meisten stellte dies eine erhebliche Herausforderung dar, da sie hierzu kaum auf schulische Vorerfahrungen zurückgreifen konnten. Aber warum sollen sie nicht selbst auf Formulierungen kommen, die als Arbeitsanweisungen ausreichen?

Schließlich mussten sie eine Skizze anfertigen, was für sie ebenfalls etwas völlig Neues darstellte. Zur Unterstützung konnten sie dabei ein Übersichtsblatt mit Laborgeräten benutzen.

Was bei einer solchen Aufgabenstellung herauskommt, zeigen beispielhaft die beiden wiedergegebenen Entwürfe, die übrigens von Schülerinnen mittlerer Leistungsfähigkeit erarbeitet worden sind.

Im ersten Beispiel wird erkennbar, wie bei der Bewältigung der Aufgabe unmittelbar auf Alltagserfahrungen zurückgegriffen wird. Hier zeigt sich, dass das bloße Vorstellen von Laborgeräten keineswegs ausreicht, um mit ihrer Hilfe einen Versuchsaufbau zu planen. (Abbildung 2). In ihrer Darstellung beginnt die Schülerin den Kreislauf der Phasenübergänge, indem sie einen Kochtopf benutzt, in welchem sie einen Eisbrocken erst schmelzen lassen will und dann verkocht. Das verdampfende Wasser will sie im Deckel wieder auffangen (Kondenswasser) und in ein Becherglas überführen. Anschließend soll das flüssige Wasser im Eisschrank wieder zu festem Eis gefroren werden. Bei der Durchführung, die der Entwurfsphase folgte, erwies sich diese pragmatische Vorgehensweise übrigens als äußerst günstig: die Gruppe, die diesen Vorschlag praktisch umsetzte, erhielt das meiste Wasser »zurück«.

Eine andere Schülerin nutzte die angebotenen Laborgeräte und wollte zunächst kleinere Eisbrocken im Reagenzglas schmelzen lassen. Das verdampfende Wasser soll dann mit Hilfe eines Kaltluftföhns wieder zu flüssigem Wasser kondensieren und die herunterfallenden Wassertropfen im Reagenzglas aufgefangen werden. Wieder im Reagenzglas soll das Wasser dann im Eisschrank zu festem Wasser gefroren werden.

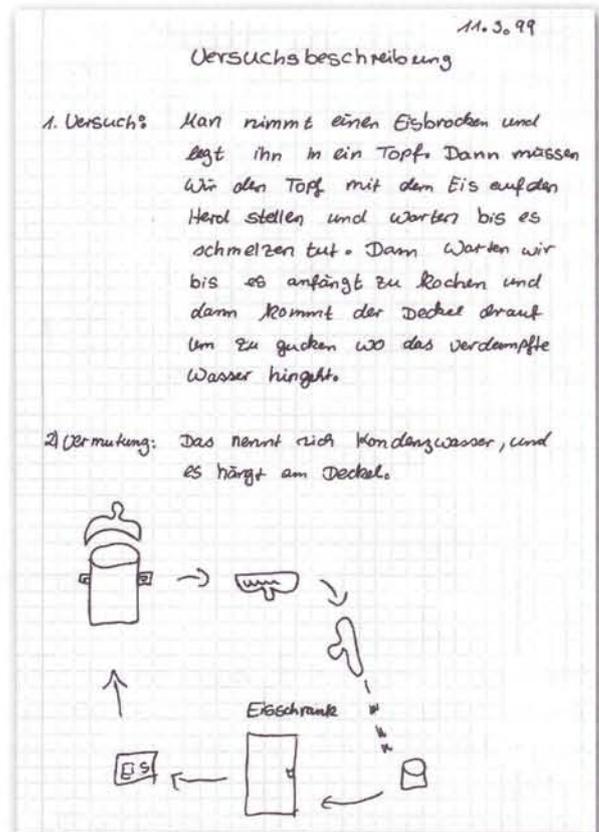
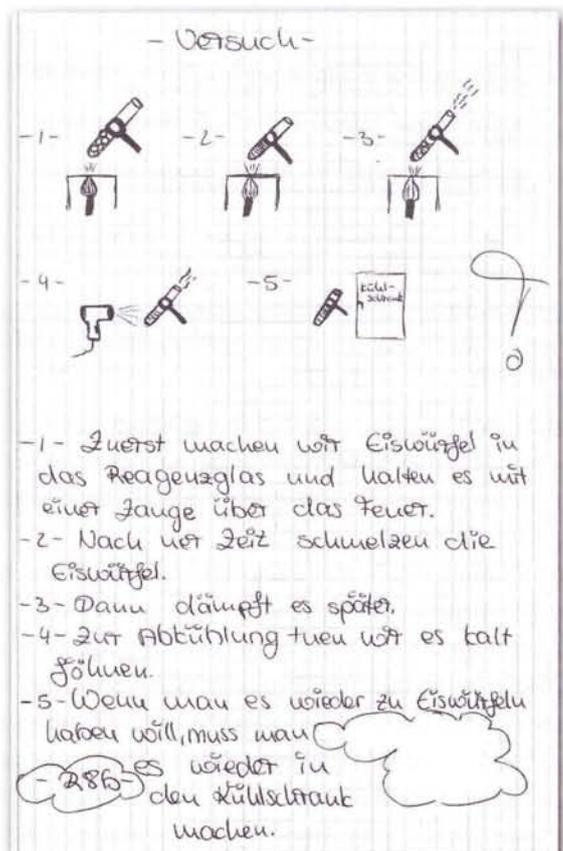


Abbildung 2: Entwurf einer Schülerin zur Darstellung der Phasenübergänge des Wassers.

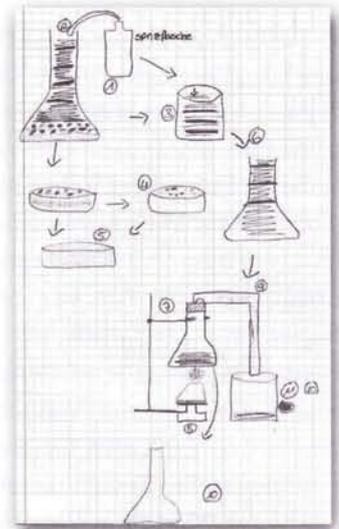


Hinter diesem etwas eigenartig erscheinenden Vorschlag verbergen sich durchaus kluge Vorstellungen. Die Schülerin übertrug ihre Kenntnisse vom Wettergeschehen auf die Arbeitsaufgabe: wenn sich Wolken durch Abkühlen von Wasserdampf bilden, dann könnte Wasserdampf beim Anblasen mit kalter Luft auch wieder kondensieren. Auch wenn sich der skizzierte Entwurf praktisch nicht durchführen lässt, so zeugt er doch von einer nicht unerheblichen gedanklichen Leistung und einem Transfer vom natürlichen Wasserkreislauf auf eine Laborsituation.

Übersichtsbeschreibung: 17.3.99

1) Versuch: Wir wollen versuchen den Kies den Seesand, das Kochsalz und das Wasser zu trennen.

Wir nehmen ein becherglas und eine Spritzbohle (die Spritzbohle tauchen wir oben rein und ziehen das Wasser heraus) Dann benutzen wir eine Schale und sortieren langsam den Kies heraus. So haben wir nur noch den Seesand. Wir schütten das Wasser von dem Becherglas in ein Erlenmeyer Gefäß und in eine Stativklammer. Die Stativklammer stecken wir in eine Stativvorrichtung. Stellen ein Gasbrenner darunter und links das doppelgehörig Glas rein. Dann bedecken wir das Gasbrenner ein und warten bis das Wasser verdunstet ist. Es ist nur noch das Salz übrig ist. Das restwasser fangen wir im Becherglas wieder auf. Und so haben wir alles getrennt.



Stoffeigenschaften und Stofftrennung

Angeregt durch die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen mit dem ersten Auftrag, Versuche selbstständig zu entwerfen, erhielten die Schülerinnen und Schüler zu einem späteren Zeitpunkt einen weiteren Auftrag. Dieses Mal sollten sie ein Verfahren zur Trennung eines Gemischs von Sand und Kies in Salzwasser entwickeln.

Trennung eines Gemisches

Ihr erhaltet ein Gemisch aus Kies, Seesand und Salzwasser (Kochsalzlösung)

Entwerft in der Gruppe Versuche, durch die man das Gemisch in die einzelnen Substanzen (Kies / Seesand / Kochsalz / Wasser) trennen kann.

Berücksichtigt bei der Trennung des Kochsalzes vom Wasser, dass euch das Wasser nicht verloren geht.

Bedenkt, dass ihr nur Geräte verwenden könnt, die vorhanden sind (auf dem Blatt "Laborgeräte" nachschauen oder im Zweifelsfall nachfragen).

➤ Die Versuchsbeschreibungen sollen mit Skizzen (Geräteaufbau) versehen werden und müssen so beschrieben sein, dass sie auch ein Schüler aus einer anderen Klasse ohne weitere Erklärungen durchführen kann.

Abbildung 4: Arbeitsauftrag zum Entwurf einer Versuchsanordnung zur Trennung eines Stoffgemischs.

Wieder ging es darum, praktikable Verfahren zu entwerfen und dabei nach Möglichkeit Erfahrungen einzubeziehen, die bei den Versuchen zu den Phasenübergängen des Wassers gesammelt wurden.

Als neue Qualität kam hier dazu, dass die Schülerinnen und Schüler Überlegungen anstellen mussten, wie das Salz vom Wasser getrennt werden kann. Eine Anforderung, die von fast allen Schülerinnen und Schülern problemlos bewältigt wurde.

Die gleiche Schülerin, die bei den Phasenübergängen des Wassers - von Alltagserfahrungen geleitet - in ihrer Versuchsanordnung den Kochtopf verwendete, setzt jetzt ausschließlich Laborgeräte ein. Sie entwirft in der Umsetzung des Auftrags ein recht kompliziertes Verfahren, das obenstehend abgebildet ist.

Sie orientiert sich immer noch pragmatisch an ihrem alltäglichen Vorwissen. Und das ist zweifelsohne völlig in Ordnung. Sie löst sich dann aber mit ihrem Vorschlag von Gebrauchsgegenständen des Alltags und nähert sich den Laborgeräten. Es wird deutlich, dass sie bereits die zunächst unbekannteren Gegenstände und Verfahren (hier das Destillieren) in ihr gedankliches Repertoire integriert und damit an Handlungskompetenz für den Chemieunterricht gewonnen hat.

Reflexionen

Aus der Rückschau auf die hier vorgestellten Beispiele aus dem Chemieanfangsunterricht können einige allgemeine Erfahrungen gewonnen werden, sowohl für das Unterrichten wie für das Lernen. Diese Erfahrungen beziehen sich auf das hier gewählte Aufgabenformat, das wie folgt gekennzeichnet ist:

- » Die Aufgaben sind offen, bezüglich der möglichen Ergebnisse...
- » ... bei gleichzeitig klarer Zielformulierung
- » Durch den anschließenden Praxistest wird – ganz »natürlich« – eine verständliche Formulierung und Darstellung eingefordert.

Stichpunktartig lassen sich die Erfahrungen mit diesem Aufgabenformat wie folgt zusammenfassen:

- » Durch offene Aufgabenstellung werden die Lernenden aufgefordert, sich gedanklich aktiv mit naturwissenschaftlichen Methoden zu beschäftigen - und arbeiten nicht nur eine Versuchsanordnung ab, wie dies oft bei vorgegebenen Versuchsanleitungen der Fall ist.
- » Schülerinnen und Schüler setzen Fantasie und Kreativität ein, ohne dass diese gewissermaßen zügellos bleiben. Da

die von ihnen entworfenen Versuche praktisch durchführbar sein müssen, lassen sich Kreativität und Fantasie an der Realität messen.

- » Lehrerinnen und Lehrer erhalten einen guten Einblick in die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler. Die Aufarbeitungen sind ein Spiegel von Kenntnissen und des kognitiven Entwicklungsstandes sowie eines spezifischen Methodenbewusstseins der einzelnen Schülerinnen und Schüler.
- » Die verschriftlichten Ergebnisse zeigen auch, inwieweit sich Alltagserfahrungen und spezifisch naturwissenschaftliches Denken bei der Konkurrenz um Deutungen und Vorschläge individuell und in der betreffenden Altersgruppe durchsetzen. Stärker noch, als es in Unterrichtsgesprächen möglich ist, werden so individuelle bzw. alterstypische Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zurückgemeldet und ermöglichen es, z.B. den Eingangunterricht Chemie ausgehend von diesen Vorstellungen zu gestalten.
- » Insbesondere erhält die Lehrkraft Auskunft darüber, welche gedanklichen Modelle – implizit oder explizit – den Vorschlägen auf Schülerseite zu Grunde liegen. Hier bieten sich Ansatzpunkte für korrigierende Maßnahmen bzw. unterrichtliche Auffrischung oder Vertiefung.
- » Ansatzweise wird deutlich, ob und in welchem Umfang es zu Transferleistungen aus dem vorhergehenden Unterricht bzw. aus anderen Fächern kommt.
- » Nicht zuletzt greift ein solches unterrichtsmethodisches Vorgehen auch Ideen konstruktivistischer Lernprinzipien auf,³ da die Schülerinnen und Schüler angeregt werden, ihr Verständnis von einem Sachverhalt darzulegen. Im Prozess der Darlegung differenzieren sie ihr Verständnis – ihr »kognitives Konstrukt« – des Sachverhalts weiter aus, in dem sie es in Form einer nachvollziehbaren Versuchsanordnung präsentieren müssen. Weil im Prozess der Durchführung der Versuchsanordnung durch Mitschüler dieses materialisierte Konstrukt einer kritischen Prüfung unterzogen wird, gilt es zudem, sich in die Gedanken der Mitschüler hineinzuversetzen, ihre Kritik zu verstehen und schließlich kritisch mit den eigenen Vorschlägen zu vergleichen.

Literatur

- BLK für Bildungsplanung und Forschungsförderung. Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«, Bonn 1997
- Reinders Duit, Wolfgang Gräber (Hrsg.) Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften. Kiel, 1993
- Richard George: Experimentelle Zugänge zur Realität. Reihe Soznat Band 11, Marburg 1990
- Michael Kratz: Kreativ handeln. In: NiU-Chemie 8, Nr. 42, 1997 S. 24-26
- Horst Siebert: Lernen als Konstruktion von Lebenswelt. Frankfurt / Main, 1994

Lernen an Stationen im Anfangsunterricht Chemie*)

Brunhilde Theune

Lernen an Stationen ist in den gesellschaftswissenschaftlichen Fächern seit langem eine gängige Unterrichtsmethode, um Schülerinnen und Schüler eine aktive Auseinandersetzung mit Unterrichtsinhalten zu eröffnen. Voraussetzung hierfür ist, dass sich ein Thema in überschaubare und nicht zwingend aufeinander folgende Teilthemen gliedern lässt, sodass die einzelnen Stationen in beliebiger Reihenfolge bzw. im Rotationsverfahren durchlaufen werden können. In den naturwissenschaftlichen Fächern spielte Stationenlernen bislang eine untergeordnete Rolle, zum einen weil die Unterrichtsinhalte oft aufeinander aufbauen. Zum anderen weil viele Versuche für die Schülerhand zu gefährlich sind. An vielen Stellen lässt sich Stationenlernen jedoch gut praktizieren, und wer es einmal erprobt hat, wird dessen Wert schätzen lernen.



3. Das Ertasten von Stoffen
4. Die Löslichkeit von Stoffen
5. Magnetische Eigenschaften von Stoffen
6. Leitfähigkeit von Stoffen

Zu den einzelnen Themenschwerpunkten werden geeignete Stoffe zusammengestellt, an denen sich die unterschiedlichen Eigenschaften ermitteln lassen. Dabei spielt auch die ästhetische Seite von Stoffen eine Rolle. So wird für die Gruppe von Stoffen, die die Schülerinnen und Schüler »erriechen« sollen, u.a. Anis-Aroma beigelegt; bei der Ermittlung von Löslichkeiten erhalten die Schüler neben anderen Salzen auch Kupfersulfat, und bei der Station »Aussehen von Stoffen« erhalten die Gruppen u.a. einen Schwefelstein.

Zur Arbeit an den Stationen verwenden die Schüler das Auftragsblatt »Lernzirkel Stoffeigenschaften«. Wie bei anderen Arbeitsblättern auch ist bei der Erstellung geeigneter Auftragsblätter für Lernstationen zu beachten, dass die Anweisungen kurz und verständlich sind, um Unsicherheiten an den Stationen zu vermeiden. Wird zum ersten Mal an Stationen gearbeitet, brauchen die Schüler ausführliche Hinweise, wie lange die Stationsarbeit insgesamt dauern wird, wie sie an den Stationen vorzugehen haben und wie der Wechsel zwischen den Stationen erfolgt.

Der Wechsel von Station zu Station ist gerade am Anfang nicht unproblematisch. Sollen sich die Gruppen daran orientieren, inwieweit die nächste Station frei ist? Werden Zeiten festgelegt, wie lange an einer Station gearbeitet wird und ein Wechsel durch Signal (z.B. eine Glocke) bekannt gegeben? Zu dieser Frage sind jeweils angemessene Formen zu finden. Wird Stationenlernen wiederholt durchgeführt und sind die Schüler mit dieser Arbeitsform vertraut, dann werden die Wechsel immer unproblematischer.

Ein Beispiel aus dem Chemieunterricht, das zwei Kolleginnen der Josef-von-Eichendorff-Schule in Kassel ausgearbeitet haben, soll illustrieren, wie wir Stationenlernen im Rahmen des Modellversuchs eingesetzt haben. Als Thema, das sich in mehrere Unterthemen gliedern lässt, haben wir für den Eingangsunterricht im Fach Chemie den Komplex »Eigenschaften von Stoffen« ausgewählt.

Zum gleichen Thema erschien ein Beitrag im Themenheft der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie: B. Theune, M. Stamme: Riechen, Schauen, Tasten ... Lernzirkel Stoffeigenschaften. In: NiU – Chemie, H. 58-59/2000, S. 10-14

Vorbereitung der Lernstationen

Im Vorfeld wird der Themenkomplex in Unterthemen, bzw. thematische Aspekte zerlegt. Wir kamen dabei zu folgenden Stationen für den Zirkel »Eigenschaften von Stoffen«:

1. Das Erriechen von Stoffen
2. Das Aussehen von Stoffen

*) Zum gleichen Thema erschien ein Beitrag im Themenheft der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie: B. Theune, M. Stamme: Riechen, Schauen, Tasten ... Lernzirkel Stoffeigenschaften. In: NiU – Chemie, H. 58-59/2000, S. 10-14

Die Arbeitsgruppen

Wenn feste Arbeitsgruppen bestehen, die auch in anderen Fächern zusammenarbeiten, dann fällt die Frage der Gruppeneinteilung weg, es sei denn, es wird für das Stationenlernen bewusst eine neue Gruppenzusammensetzung gewünscht. Bei der hier dargestellten Unterrichtssequenz wurde mit den feststehenden Gruppen aus dem laufenden Chemieunterricht gearbeitet.

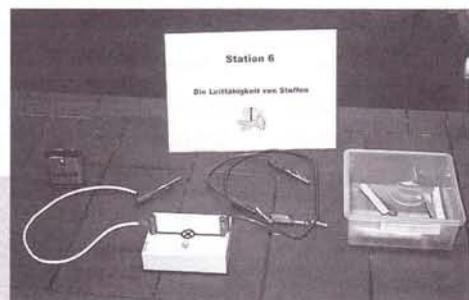
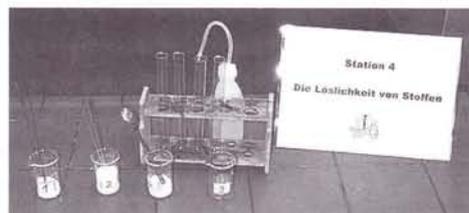
Auch wenn die Schülerinnen und Schüler sonst häufig in Gruppen arbeiten, war das Stationenlernen für sie neu. Daher wurde zu Beginn des Unterrichts die Methode »Stationenlernen« ausführlich besprochen, anschließend wurden die einzelnen Stationen erläutert.

Anhaltspunkte für die Arbeit an den Stationen bildet das Auftragsblatt, das die Lernenden für den Ablauf der Stunde erhalten:

Die Stationen:

An der 1. Station ermitteln die Schülerinnen und Schüler den Geruch unterschiedlicher Stoffe. Ob Anis-Aroma oder sehr schwache Ammoniaklösung, sicher ist, dass die Lernenden einen nachhaltigen Eindruck davon behalten werden, dass auf den ersten Blick gleich erscheinende Lösungen ganz unterschiedlich riechen können.

Die Substanzen an der 2. Station vermitteln den Schülerinnen und Schülern einen Eindruck davon, dass Salze und Kristalle ganz unterschiedlich aussehen können. Geachtet werden soll auf unterschiedliche Farbigkeit und ob ein Salz/Kristall klar oder undurchsichtig ist.



An der 3. Station kommt es darauf an, die Beschaffenheit unterschiedlicher Gegenstände zu ertasten. Wachs fühlt sich anders an als Marmor – und Styropor anders als Plastik. Wenn der optische Eindruck fehlt, hilft allein der Tastsinn: viele Dinge lassen sich wesentlich schwerer erkennen als wir vorher annehmen.

An der Station 4 ermitteln die Schülerinnen und Schüler, ob ein Stoff sich in Wasser löst oder nicht. Dabei können sie feststellen, dass mehr oder weniger gleich aussehende Stoffe sich einmal leicht in Wasser lösen (Kochsalz), zum anderen aber praktisch gar nicht (Gips).

Welche Gegenstände sind magnetisch? Diese Frage soll an Station 5 untersucht werden. Die leichte Lösung dieser Aufgabe reizt zu kreativem Spielen: So »leibt« etwa ein hineingeschobener Nagel dem Gummischlauch magnetische Eigenschaften.

Die 6. Station klärt die Frage, ob ein Stoff leitfähig ist oder nicht. Selbst wenn die Leitfähigkeit schon vorher im Physikunterricht behandelt worden ist, muss zunächst geklärt werden, wie man einen Stromkreis schließt und dabei das Kontrollämpchen zum Leuchten bringt. Stationen wie diese zeigen den Schülerinnen und Schülern auch Verknüpfungen zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern auf.



Auftragsblatt zum Lernzirkel Stoffeigenschaften

Station 1: Das Erriechen von Stoffen

Versuche, die unbekanntes Stoffe an ihrem Geruch zu erkennen. Fächle dabei die Dämpfe mit der Hand zu. Verschließe die Reagenzgläser nach Beendigung der Versuchsreihe wieder mit den Stopfen.

Folgende Stoffe wurden erkannt:

1.	3.
2.	4.

Station 2: Das Aussehen von Stoffen

Handelt es sich hier um gleiche oder unterschiedliche Stoffe?

Wenn es sich um unterschiedliche Stoffe handelt, woran hast du es erkannt?

Station 3: Das Ertasten von Stoffen

Versuche durch Ertasten die unterschiedliche Stoffe zu erkennen.

So fühlen sie sich an:	Es handelt sich um:

Station 4: Die Löslichkeit von Stoffen

Gib jeweils zwei Spatelspitzen von dem unbekanntes Stoff in ein Reagenzglas, fülle es dann bis zu einem Drittel mit Wasser und schüttle es vorsichtig. Spüle nach Beendigung der Versuchsreihe die Reagenzgläser sorgfältig aus und stelle sie wieder in das Reagenzglasgestell.

lösliche Stoffe	unlösliche Stoffe

Station 5: Die magnetische Eigenschaft von Stoffen

Prüfe welche Gegenstände vom Magneten angezogen werden.

magnetisch	nicht magnetisch

Station 6: Die Leitfähigkeit von Stoffen

Stecke den zu untersuchenden Stoff zwischen die Krokodilsklemmen und prüfe, ob der Stromkreis geschlossen ist.

leitfähige Stoffe	nicht leitfähige Stoffe

Auftragsblatt zum Lernzirkel Stoffeigenschaften

Reaktionen

Wie empfinden die Schülerinnen und Schüler Stationenlernen? Festzustellen ist, dass Stationenlernen alle Lernenden aktiviert – auch solche, die sich im Allgemeinen zurückhalten, sei es, weil sie sich nicht trauen, für sie als gefährlich angesehene Versuche durchzuführen, oder sei es, weil sie glauben, dass sie »die Chemie« ohnehin nicht verstehen. Da allein schon aus Sicherheitsgründen nur ungefährliche Versuche durchgeführt werden können, begünstigt Stationenlernen insbesondere schwächere Schülerinnen und Schüler.

Einen Versuch selbst durchzuführen ist ein Schlüssel zum Verständnis der Frage, die hinter dem Versuch steht. Selbsttätigkeit fördert die gedankliche Verarbeitung des Stoffes. So kann erwartet werden, dass eine größere Anzahl der Schülerinnen und Schüler begreift, was mit dem Stationenlernen erreicht werden soll.

In den Rückmeldungen der Lernenden heißt es immer wieder, dass man »an jeder Station etwas hat lernen können« und dass eine einzelne Stunde eigentlich viel zu kurz sei.

Natürlich sollten bestimmte Zusammenhänge in Folge noch aufgearbeitet werden. Auch die Benutzung der Fachsprache kommt nicht von selbst. So wird z.B. eine Gips-Suspension anfangs oft als »Lösung« bezeichnet oder ein Gegenstand unabhängig von seiner Größe bzw. seinem Volumen als »schwer« bezeichnet. Gerade die spontanen Äußerungen aber können der Lehrkraft einen weiteren Einblick in die Gedanken und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler geben.

Bemerkenswert ist, dass die Schülerinnen und Schüler interessante Verbesserungsvorschläge für den Lernzirkel gemacht haben. So schlug ein Schüler vor, eine zusätzliche Station als Ausweichstation einzurichten, die bearbeitet werden kann, wenn die Schüler mit einer Pflichtstation fertig sind und noch auf das Freiwerden der folgenden Station warten müssen.

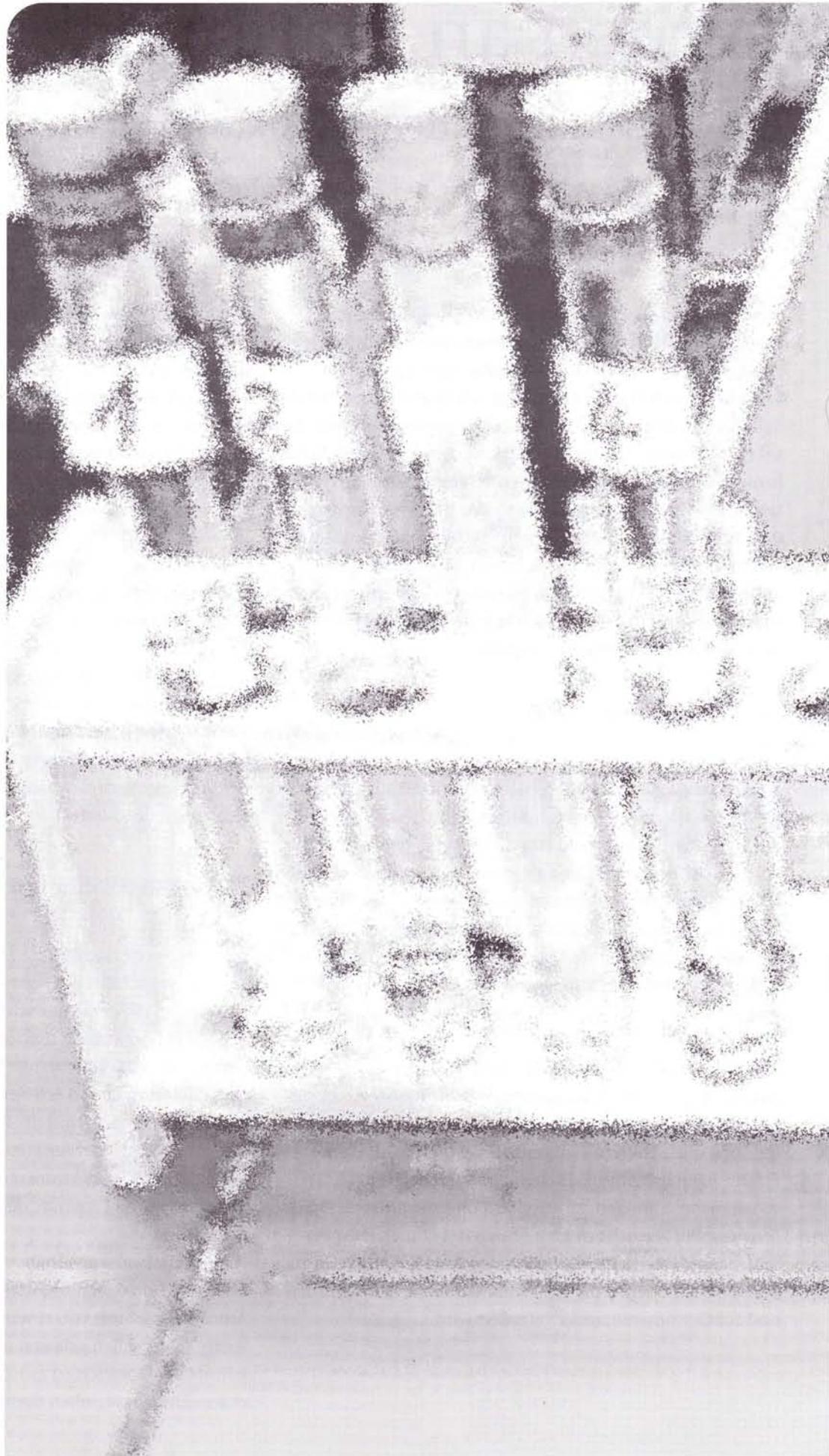


Stationenlernen aus Lehrersicht

Entscheidend ist, dass der Aufwand, der mit dem Einrichten von Lernstationen verbunden ist, angemessen bleibt. In unserem Kollegium profitieren wir besonders davon, dass die einmal entwickelten Stationen für den ganzen Jahrgang zur Verfügung stehen. Damit relativiert sich auch der höhere Zeitaufwand bei der ersten Planung und Materialzusammenstellung.

Vom Unterrichtserfolg her lässt sich aber ohne Abstriche feststellen, dass die Schüler in jenen Stunden, in denen sie an Stationen lernen,

- aktiv in den Unterrichtsprozess miteinbezogen sind, insbesondere auch Schülerinnen und Schüler, die sich ansonsten eher wenig beteiligen
- je nach Auswahl der Einzelversuche – Querverbindungen zu anderen naturwissenschaftlichen Fächern erleben
- von sich aus oder entsprechend angeregt miteinander über Unterrichtsinhalte kommunizieren und die Gelegenheit haben, ihr Verständnis von Unterrichtsinhalten im Sinne konstruktivistischer Lernprinzipien kognitiv-aktiv weiter auszugestalten.



Lernen an Stationen

Ein Vorschlag für den Physikunterricht

Workshopbericht

Um ihr Methodenrepertoire für den Physikunterricht zu erweitern, nahmen im Februar dieses Jahres Lehrkräfte von mehreren Schulen des Modellversuchs an einem Workshop zum Thema Elektrizität im Physikunterricht der Sekundarstufe I an der Universität-Gesamthochschule Kassel teil. Es waren alle im Modellversuch vertretenen Schulformen präsent. Der nachstehende Text stellt eine gekürzte und leicht veränderte Fassung des Workshopberichts dar. Wichtiger aber als eine schriftliche Dokumentation erschien allen Beteiligten die intensive Auseinandersetzung mit der Sache, mit den im Unterricht einzusetzenden Methoden und mit der Rolle, die jede einzelne Lehrkraft in diesem Vermittlungsprozess spielt.

Der Ausgangspunkt

Der »klassische« Physikunterricht beginnt häufig mit einem Lehrerexperiment und führt über ein fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch zu einer Teillösung, die zumeist in ergebnissichernden Sätzen an der Tafel festgehalten wird. Die Schülerinnen und Schüler erhalten während dieser Phase nur selten die Chance, andere Lösungsmöglichkeiten zu verfolgen und können deshalb ihre eigenen Problemlöse- und Strukturierungsfähigkeiten nur in begrenztem Umfang erproben und trainieren.

Ausgehend von dieser auch in der BLK-Expertise formulierten Kritik war es das Anliegen des Physikworkshops, beispielhaft eine Unterrichtssequenz zu entwickeln, in der den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit geboten wird, eigene Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen und Gerätschaften einzubringen, zu erweitern und zu vertiefen. Darüber hinaus sollte versucht werden, durch das Einbeziehen verschiedener Unterrichtsmethoden den Anteil von Phasen zu vergrößern, in denen die Kommunikation der Schülerinnen und Schüler untereinander gefördert wird.

Inhaltlich erfolgte eine Eingrenzung des Themas auf den Aspekt »Magnetische Wirkungen des elektrischen Stroms«, sodass sich vielfältige technische Anwendungen für die Erarbeitung einer äußerst wichtigen Nutzung der Elektrizität anbieten. Insgesamt wurden für diese Unterrichtssequenz 3–5 Unterrichtsstunden angesetzt.

Mit der Akzentuierung der Aspekte

- Förderung einer gedanklichen Durchdringung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Verfahren und
- Förderung einer sachbezogenen Kommunikation zwischen den Schülerinnen und Schülern als Schulung naturwissenschaftlichen Argumentierens

stellt die entworfene Unterrichtssequenz exemplarisch dar, unter welcher Schwerpunktsetzung im Rahmen des BLK-Modellversuchsprogramms »SINUS« (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in Hessen) an den Modellversuchsschulen gearbeitet wird.

Ein lebensweltlicher Einstieg

Bei der Suche nach einem Einstieg, bei dem die Schülerinnen und Schüler auf eigene Erfahrungen zurückgreifen können, an die der Unterricht dann anknüpfen kann, gelangen wir bei der »magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms« in der Sekundarstufe I schnell an Grenzen. Während wir Schülerinnen und Schüler der Oberstufe mit entsprechenden Vorkenntnissen mit der Frage konfrontieren könnten, wie z.B. ein Lautsprecher funktioniert, nämlich durch Umwandlung modulierter elektromagnetischer Schwingungen in Schall, so wären Lernende der Mittelstufe hiermit zweifellos überfordert.

Möglicherweise aber haben einige Schülerinnen und Schüler schon dabei zugesehen, wenn auf dem Schrottplatz Autos oder Schrott von einem Magneten angehoben und wenig später fallen gelassen werden. Mit diesem Beispiel könnte der Unterschied zwischen einem Dauermagneten und einem Elektromagneten thematisiert werden. Schwierig einzu-

schätzen ist jedoch, wie motivierend diese Fragestellung ist.

Ein Eingangsversuch kann ein geeigneter Weg sein, das Phänomen darzustellen und eine entsprechende Fragestellung davon abzuleiten:

- » Eine Hand voll Nägel wird in der Nähe eines Elektromagneten ausgestreut und der Magnet eingeschaltet.
- » Alternativ kann ein Ausschnitt aus dem Löwenzahn-Film »Peter zieht das Eisen an« vorgeführt werden: Peter Lustig ist ein großes Glas Heftzwecken umgefallen. Diese alle einzeln wieder aufzusammeln ist zu mühselig. Peter leiht sich im Institut für Materialkunde einen großen, schweren Magneten aus. Angesprochen wird der Unterschied Dauermagnet – Elektromagnet.

Wie aber funktioniert so ein »elektrischer Magnet«? Welches sind seine Bauprinzipien?

Ist die Fragestellung entwickelt, werden die Schülerinnen und Schüler aktiviert, sich intensiv mit dem Phänomen Elektromagnetismus auseinander zu setzen. Eine Möglichkeit ist, sie selbstständig vergleichbare Versuchsanordnungen entwickeln zu lassen.

Einen Magneten bauen, der an- und abgeschaltet werden kann

Es stehen euch verschiedene Materialien zur Verfügung:

Bleistift	Büroklammern
Dauermagnet	Kupferdraht
Nagel	mehrere Batterien
Klingeldraht	

Baut eine Vorrichtung, mit der es möglich ist, Büroklammern aufzuheben und wieder fallen zu lassen.

Wenn die Schülerinnen und Schüler den Zusammenhang zwischen Eisenkern, Umwicklung und magnetischer Wirkung erfasst haben, ermöglicht ein weiterer Arbeitsauftrag den Schritt von einer qualitativen Betrachtung hin zu einer quantitativen Beziehung zwischen den einzelnen Komponenten beim Bau eines Elektromagneten. Die dabei vollzogenen Arbeitsschritte sollen dokumentiert und visualisiert werden.

Wer stellt den stärksten Elektromagneten her?

Material: 4,5 V Batterien, Klingeldraht, mehrere unterschiedlich große Eisennägel, Büroklammern zum Aufsammeln

Baut einen Elektromagneten, der möglichst viele Büroklammern anzieht.

- » Dokumentiert eure Vorgehensweise und stellt eine Vermutung auf, wovon die Stärke des Elektromagneten abhängen könnte.
- » Bereitet eine Darstellung eurer Ergebnisse vor, z.B. mittels Wandzeitung, Folie, Karteikarten etc.

Innovative Unterrichtselemente: Stationenlernen, Expertenmethode und Wortwechsel

Im Anschluss an die Gruppenarbeitsphase, während der die Schülerinnen und Schüler experimentelle Anordnungen zum Elektromagneten entworfen und erprobt haben, ist zur Festigung und Erweiterung des neu erworbenen Wissens eine Kombination aus Stationenlernen und Expertenmethode vorgesehen. Den Abschluss der Unterrichtssequenz bildet ein Wortwechsel, bei welchem die Lernenden sich neben einer Festigung des Gelernten insbesondere darin üben, ein Gespräch im Plenum zu führen.

Im Verlauf des Stationenlernens setzen sich die Schülerinnen und Schüler durch praktische Anwendungsbeispiele damit auseinander, wie die Wirkung des elektromagnetischen Effektes bei gängigen (Haushalts-)Geräten genutzt wird. Vermutlich wird den wenigsten bekannt sein, wie diese Geräte funktionieren. So schult die Stationenarbeit nicht nur physikalische Kenntnisse, indem das Grundphänomen des Elektromagnetismus anhand unterschiedlicher Beispiele wiederholend dargestellt wird, sondern trägt auch dazu bei, technische Geräte in ihrer Funktion zu verstehen. Durch diesen Transfer werden physikalische Phänomene plastischer und gleichzeitig naturwissenschaftliche Begriffe kognitiv verankert.

Das eigentliche Stationenlernen findet in zwei Phasen in jeweils unterschiedlicher Gruppenzusammensetzung statt. Die erste Phase dient der Expertenbildung, die zweite steht unter dem Aspekt des Expertengesprächs, jeweils in unterschiedlicher Gruppenzusammensetzung. Damit werden für die Lernenden auf unterschiedliche Weise Situationen

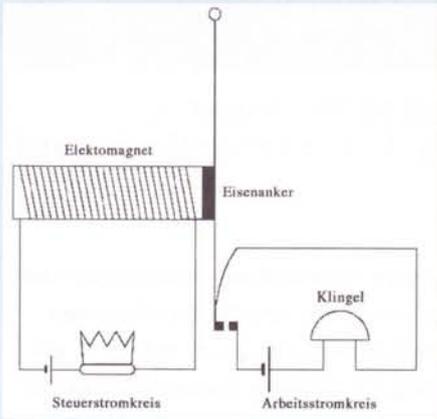
geschaffen, in denen sie sich darüber austauschen müssen, was sie an den Stationen vorfinden. Durch die gewählte Methode sind alle Schülerinnen und Schüler in diesen Prozess des Austauschs einbezogen.

Der abschließende Wortwechsel dient in erster Linie der Übung: Sinnvolle Fragen zu formulieren heißt, sich mit einem Sachzusammenhang intensiv beschäftigen zu müssen. Fragen zu beantworten bedeutet Gedanken über physikalische Prozesse zu formen und zu verbalisieren. Beides zusammen vertieft fachliche Kenntnisse und schult das Darstellungsvermögen der Lernenden.

Die Expertenmethode im Rahmen des Stationenlernens

In der ersten Phase erhalten die Lernenden Gelegenheit, sich an einer Lernstation in ein Thema (Relais, Summer, Gong, Sicherungsautomat) vertiefend einzuarbeiten, um dann in der zweiten Phase in Expertengruppen, in denen sich Schülerinnen und Schüler der verschiedenen Lernstationen zusammenfinden, zu referieren.

Lernstation: Das Relais



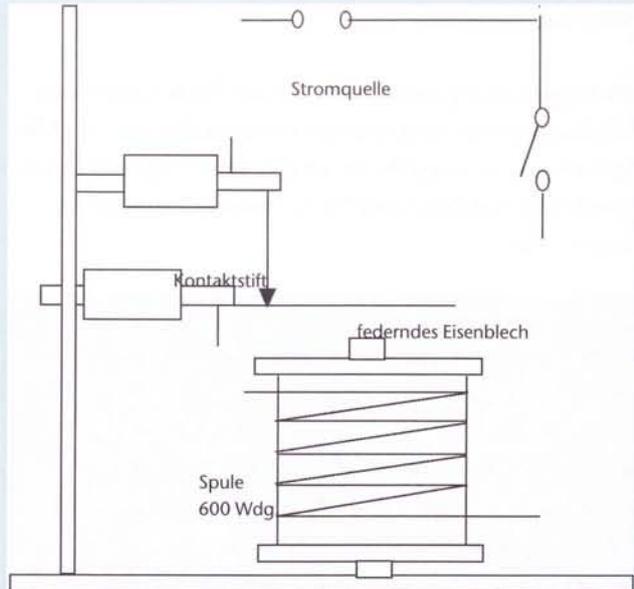
Vor Dir befindet sich eine Alarmanlage, die mit Hilfe eines Relais aufgebaut ist. Teste den Versuchsaufbau und finde Beispiele für den Einsatz einer derartigen Alarmanlage. Notiere die Funktionsweise dieser Relaischaltung.

Viel Spaß beim Experimentieren

Lösung

1. Ist der Schalter im Steuerstromkreis geschlossen (Krone stellt Kontakt her), fließt ein Strom durch die Spule, diese wird zu einem Elektromagneten. Der Eisenanker wird angezogen, der Arbeitsstromkreis mit der Klingel dadurch geöffnet. Wird der Schalter im Steuerstromkreis geöffnet (z.B. die Krone gestohlen), schließt sich der Kontakt im Arbeitsstromkreis, die Klingel läutet.

Lernstation: Der Summer



Arbeitsanweisung:

1. Wie muss die Schaltung vervollständigt werden, damit der Summer summen kann?
2. Baue die vervollständigte Schaltung auf und überprüfe sie!
3. Achte darauf, dass sich das Eisenblech hin und her bewegt
4. Beschreibe, warum das Eisenblech sich hin und her bewegt!

Ablauf:

Zunächst bearbeiten die Experimentiergruppen die Aufgaben einer einzigen Lernstation. Jeder Schüler/jede Schülerin dieser Gruppe bereitet sich nun auf einen Kurzvortrag zu seiner Lernstation vor. Anschließend werden Expertengruppen gebildet, in denen Vertreter aus jeder Lernstation zusammenkommen. Im Rotationsverfahren kommt nun jede Expertengruppe zu jeder Lernstationen, an denen dann der jeweilige Experte seinen Kurzvortrag halten kann.

Beispiel:

Lernstation (mit Gruppen zu 4 Schülern)

A B C D

Expertengruppen:

Gruppe 1 (mit Vertretern der Lernstationen A, B, C, D)

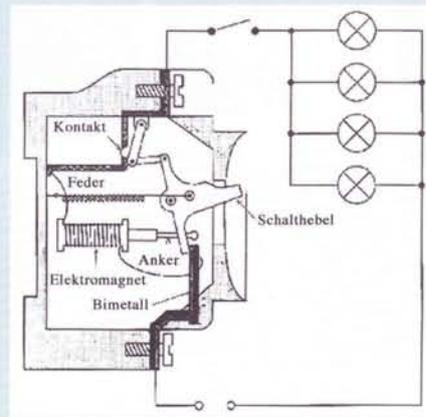
Gruppe 2 (mit Vertretern der Lernstationen A, B, C, D) usw.

Anschließend erhalten die Schüler die Gelegenheit Fragen an die Experten zu richten und/oder einen Diskussionsbeitrag zu leisten. Am Ende hat jeder Schüler eine Experimentierstation

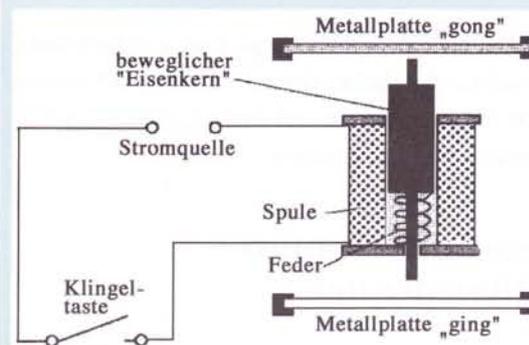
Lernstation: Der Sicherungsautomat

Für die einzelnen Stromkreise in der Wohnung werden heute häufig so genannte Sicherungsautomaten verwendet. Im Gegensatz zu Schmelzsicherungen haben diese Sicherungen einen großen Vorteil: Sie brauchen nicht ausgewechselt zu werden. Um den von einer Sicherung unterbrochenen Stromkreis wieder zu schließen, betätigt man einfach einen kleinen Hebel. Beim Sicherungsautomaten macht man sich sowohl die thermische Wirkung als auch die magnetische Wirkung des Stromes zu nutze. Die Skizze zeigt in vereinfachter Weise das Funktionsprinzip. Bei plötzlichen, großen Strömen (z. B. bei einem Kurzschluss) zieht der Elektromagnet den Anker an und unterbricht auf diese Weise sofort den Stromkreis.

Wenn der Strom allmählich größer wird, weil z. B. immer mehr Geräte eingeschaltet werden, erwärmt der Strom den Bimetallstreifen immer stärker. Sein freies Ende verbiegt sich schließlich so weit, dass der Stromkreis unterbrochen wird.



1. Zeichne den Verlauf des Stromkreises im Sicherungsautomaten in der Skizze auf dem Ergebnisblatt ein.
2. Durch welchen Mechanismus »spricht« der Sicherungsautomat bei einem Kurzschluss an?
3. Wie erreicht man, dass der Sicherungsautomat auch bei Überlastung reagiert?
4. Warum muss bei Kurzschluss oder Überlastung der Stromkreis zuverlässig durch die Sicherung unterbrochen werden?
5. Bei vielen elektronischen Geräten, aber auch z. B. bei Vielfachmessgeräten sind Sicherungen eingebaut. Was will man mit dieser Maßnahme erreichen?

Lernstation: Der elektrische Gong

Baue mit den Experimentiergeräten nach der Versuchsskizze einen elektrischen Gong.



durchlaufen und sich als Experte betätigt. Dies soll der Übung dienen, sich sowohl in fachlicher Hinsicht kompetent auszudrücken als auch frei vorzutragen und einen kommunikativen Austausch mit seinen Mitschülern zu finden.

Wortwechsel im Anschluss an das Stationenlernen

Am Ende der Phase Lernstationen/Expertenmethode erhalten die Schülerinnen und Schüler den Auftrag, sich fünf Fragen und die dazugehörigen Antworten zu diesem Themenkomplex (magnetische Wirkungen des elektrischen Stroms) zu überlegen und für die nächste Stunde zu notieren.

Ablauf:

Die Lernenden sitzen im Kreis, um gegenseitigen Blickkontakt halten zu können. Eine Schülerin / ein Schüler richtet eine seiner selbst formulierten Fragen an die Klasse und lässt sie von einem/r Mitschüler/in beantworten. Hat er/sie die Frage richtig beantwortet, darf er/sie seinerseits/ihrerseits eine Frage stellen und sie von einem weiteren Mitschüler/einer weiteren Mitschülerin beantworten lassen usw.

Der Lehrer/die Lehrerin moderiert das Gespräch und achtet dabei auf die richtige Beantwortung der Fragen. Die Klasse soll dabei lernen, ein themenzentriertes Gespräch untereinander zu führen.