

Elektrischer Stromkreis

1. Beschreiben Sie zwei Vorstellungen von Grundschulkindern, die nicht mit der physikalischen Sichtweise übereinstimmen! Diskutieren Sie geeignete Möglichkeiten, wie Kindern die physikalisch angemessenen Vorstellungen einsichtig gemacht werden können!

Nicht der physikalischen Sicht entsprechende Vorstellungen können entstehen, wenn die Kinder versuchen, ihnen begegnende Phänomene auf eigene Faust zu erklären versuchen, oder Erwachsene befragen, die entweder selbst keine korrekte Erklärung kennen oder diese nicht vermitteln können. Das Vorhandensein solcher Vorstellungen ist einerseits positiv zu sehen, da ein Interesse am Thema zu bestehen scheint, es kann andererseits aber auch Lernprozesse behindern. Da elektrische Geräte im Alltag jedes Kindes sehr häufig vorkommen, haben viele (wenn auch vage) Vorstellungen zur Funktionsweise dieser.

Zwei häufige Präkonzepte von Kindern im Grundschulalter sind die Verbrauchervorstellung und die Zweizuführungsvorstellung. Beide sind, wie im Folgenden dargestellt wird, nicht klar voneinander trennbar.

Bei der Verbrauchervorstellung denken die Kinder, dass der Strom in z.B. das Glühlämpchen hinein muss und dort (ganz oder teilweise) verbraucht wird, auf der anderen Seite der Lampe also weniger oder gar kein Strom wieder herauskommt. Dieses Erklärungsschema wird durch den alltäglichen Sprachgebrauch und vermeintlich analoge Alltagserfahrungen gestützt: Man sagt beispielsweise „Mach das Licht aus, wenn du raus gehst, sonst wird unnötig Strom *verbraucht*!“. Dass Substanzen verbraucht werden kennen die Kinder aus den verschiedensten Situationen, beispielsweise muss das Auto immer wieder mit Benzin befüllt werden, weil dieses „aufgebraucht“ wurde, der Filzschreiber funktioniert (in sehr deutlicher Analogie zur Batterie) irgendwann nicht mehr, weil die Farbe aufgebraucht wurde, und so weiter. Da im Alltag elektrische Geräte stets nur ein Kabel haben, erscheint es sehr plausibel, dass der Strom im Gerät verbraucht wird. Die Kinder sind überzeugt, dass es ausreicht, ein Lämpchen und eine Batterie mit nur einem einzigen Kabel zu verbinden, damit das Lämpchen leuchtet. Demonstriert man ihnen, dass die von ihnen geplante Schaltung nicht funktioniert, erklären sie dies gewöhnlich mit defekten Kabeln, defekter (oder leerer) Batterie oder einer kaputten Glühlampe.

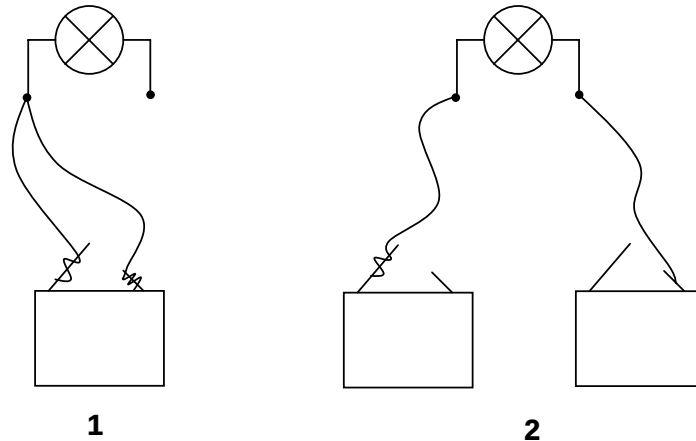
Bei Demonstration der funktionierenden Schaltung (je ein Kabel mit einem Pol der Batterie und einem Anschluss der Glühlampe verbunden) tritt dann in der Grundschule die Zweizuführungsvorstellung auf. Laut Kindern, die dieser Theorie anhängen, kam durch das eine Kabel zu wenig Strom zum Lämpchen, durch beide Kabel kommt jetzt aber genug, sodass das Lämpchen leuchten kann. Auch hier bieten sich zahlreiche Situationen im Alltag, in denen durch eine zweite Zufuhr erreicht werden kann, wozu eine nicht ausreichte: Beispielsweise dreht sich so manches Wasserrad nicht, wenn man nur ein einem Becher Wasser darauf schüttet – schüttet aber der Freund gleichzeitig aus einem zweiten Becher, geht es plötzlich. Die Zweizuführungsvorstellung lässt sich noch weiter untergliedern: Manche Kinder glauben, dass in beiden Kabeln gleich viel der gleichen Substanz fließt, mache dass es unterschiedlich viel der gleichen Substanz ist, und andere, dass es zwei verschiedene Substanzen sind.

Erhalten Kinder im offenen Unterricht die Möglichkeit, ungelenkt mit Batterie, Kabeln und Lämpchen zu experimentieren und untereinander zu diskutieren, werden die unphysikalischen Ideen bei denjenigen gefestigt, die sie bereits hatten, und von den Schülern entwickelt, die noch keine hatten. Selbst wenn ein Schüler zunächst eine Stromkreisvorstellung hatte, lässt er sich meist sehr schnell davon abbringen, da die beiden anderen Vorstellungen für Kinder äußerst plausibel und viel verständlicher sind. Im Unterricht ist also ein sehr vorsichtiges, enger gelenktes Vorgehen erforderlich, da es sonst leicht passieren kann, dass lediglich die Fehlvorstellungen gefestigt werden. Andererseits sollte den Schülern auch nicht einfach eine für sie unplausible Stromkreisvorstellung aufgezwungen werden, da die Schüler den Vorteil dieser dann nicht einsehen und an ihren Vorstellungen haften bleiben. Zudem würde ein solches Vorgehen einem Ziel von Sachunterricht, nämlich dem Heranführen an wissenschaftliche Arbeitsweisen und kritische Auseinandersetzungen mit einer Sache und somit einer Propädeutik im Hinblick auf den Physikunterricht in der Sekundarstufe, widersprechen.

Werden die Schülervorstellungen im Unterricht explizit erwähnt, besteht die Gefahr, dass Kinder, die zunächst noch keine eigene Theorie entwickelt hatten, diese so plausibel finden, dass sie sie (zunächst) übernehmen. Vor allem dann, aber auch wenn eine Vorstellung vom Stromkreis ohne direkte Thematisierung der Fehlvorstellungen erarbeitet soll, ist es wichtig, überzeugende Phänomene und Argumente für die Plausibilität der physikalischen Sichtweise zu finden.

Um die Vorstellung, dass der Lampe durch die beiden Kabel gleich viel der selben Substanz zugeführt wird, zu widerlegen, eignet sich ein Versuch, bei dem an einem an eine Batterie angeschlossenen Motor beobachtet wird, dass die Drehrichtung sich ändert, wenn man die Kabel an den anderen Polen der Batterie anschließt.

Zwei weitere Argumente gegen die Zweizuführungstheorie liefern die hier skizzierten Experimente:



Bei Versuch 1 wird deutlich, dass zwei Kabel allein nicht ausreichen, um die Lampe zum Leuchten zu bringen. Versuch 2 zeigt, dass auch bei Verbinden der beiden Anschlüsse der Lampe mit unterschiedlichen Polen gleichwertiger Batterien das Lämpchen nicht leuchtet. So kann gezeigt werden, dass es auch nicht sein kann, dass zwei unterschiedliche Substanzen oder unterschiedlich viel der selben Substanz durch die Kabel in die Lampe fließen.

Ein Beleg gegen die Verbrauchervorstellung lässt sich mit Kompassnadeln und dem einfachen Stromkreis realisieren: Hält man die Kompassnadel rechts und links der Lampe an die Kabel, dreht sie sich um den gleichen Winkel, woraus geschlossen werden kann, dass auf beiden Seiten gleich viel Strom fließt. Und sie dreht sich in die gleiche Richtung, woran man sehen kann, dass der Strom im Kreis fließen muss. Für den Unterricht sollte also die Lehrkraft mit den Vorstellungen der Schüler vertraut sein und diese, sofern sie nicht der physikalischen Sicht entsprechen, durch Experimente widerlegen.

2. Diskutieren Sie, ob es sinnvoll ist, im Sachunterricht die Begriffe Stromstärke und Spannung einzuführen!

Die Einführung des Begriffs der Stromstärke im Sachunterricht erscheint sinnvoll. Als die „Menge an Elektrizität“, die im Stromkreis fließt, lässt sie sich für die Kinder einfach veranschaulichen. Sie erscheint ihnen plausibel als für den Stromkreis charakteristische Größe, da sie es auch aus anderen Bereichen gewohnt sind, Mengen anzugeben. Untersuchungen haben gezeigt, dass Kinder die Erklärung, eine Lampe leuchte heller oder ein Motor drehe sich schneller, weil mehr Strom fließe, problemlos akzeptieren und anwenden können. Will man eine Stromkreisvorstellung aufbauen, so liegt es nahe „das, was da im Kreis fließt“ irgendwie zu benennen – um nicht im

Physikunterricht der Sekundarstufe wieder neue Begriffe einführen zu müssen, ist es sinnvoll, bereits hier den gebräuchlichen Begriff zu wählen.

Auch für bei Reihen- und Parallelschaltungen *gleicher* Lampen ist eine Beschreibung über den Begriff der Stromstärke für die Schüler einleuchtend: Die in Reihe geschalteten Lämpchen leuchten gleich hell (aber dunkler als eine einzelne), weil vor und hinter jeder der beiden Lampen gleich viel Strom fließt. Bei der Parallelschaltung kann verdeutlicht werden, dass eine Batterie nicht immer die gleiche Stromstärke liefert: Die beiden parallel geschalteten Lämpchen leuchten genauso hell wie eine einzelne.

Die Einführung des Begriffs Spannung halte ich nicht für sinnvoll. Das Konzept „Spannung“ ist im Vergleich zur dem der Stromstärke äußerst abstrakt und schwer verständlich – auch einige ältere Schüler und sogar Studenten (leider ebenfalls viele Grundschullehrer) haben keine der physikalischen Sichtweise entsprechende Vorstellung.

Eine anschauliche Erklärung, wie sie für das Verständnis jüngerer Schüler notwendig wäre, fällt äußerst schwer: Kann man bei älteren Schülern durchaus versuchen, die Spannung anhand einer Analogie wie beispielsweise dem Höhenunterschied in einem Wasserkreislauf zu erklären, ist dies in der Grundschule kaum möglich: Eine wichtige Voraussetzung für das Verwenden einer Analogie ist die Vertrautheit der Schüler mit dem analog verwendeten Sachverhalt – welche in diesem Alter kaum gegeben ist. Auch für das Fahrradkettenmodell fehlt die entsprechende Vorerfahrung: Die Spannung entspricht hier der Antriebskraft, der Begriff Kraft ist den Kindern jedoch nicht geläufig (zumindest nicht im physikalischen Sinne). Bei jeder Analogienutzung wäre eine Reflexion dieser im Unterricht notwendig, was wiederum abstrakt und zeitaufwändig wäre. Auch eine Veranschaulichung der Spannung durch einen (Schüler-)versuch erscheint mir kaum möglich.

Natürlich könnte man den Begriff einführen und Spannung einfach definieren als z.B. „das, was macht, dass Strom fließt“. Hierdurch würden die Kinder jedoch lediglich eine Vokabel erlernen, die inhaltsleer bleibt und nicht zum Verständnis des Stromkreises beiträgt.

Problematisch am Weglassen des Spannungsbegriffs ist, dass die auf Batterien zu findenden Aufschriften wie „1,5V“, die einigen Kindern sicher aus dem Alltag bekannt sind und die vermutlich beim Experimentieren entdeckt werden, nicht erklärt werden können.

Da es den Kindern bereits schwer genug fällt, überhaupt eine der physikalischen Sicht entsprechende Vorstellung vom Stromkreis zu entwickeln, sollte davon abgesehen werden, den Begriff der Spannung auch noch einzuführen, da dieser zu erneuter Verwirrung führen kann. Beispielsweise könnte der „Spannungsabfall“ an einer Lampe das gerade erst aufgegebene Konzept des „Verbrauchs“ wieder aufleben lassen.

3. Beschreiben Sie zwei für Schülerinnen und Schüler der Grundschule geeignete Schülerexperimente zum Stromkreis! Diskutieren Sie die didaktische Relevanz dieser Experimente!

Schülerexperimente in der Grundschule müssen besonderen Kriterien entsprechen: Die Experimente müssen gefahrlos durchgeführt werden können, die beobachtbaren Phänomene leicht erkennbar und die Erklärung der Experimente für Grundschüler verständlich sein. Außerdem sollten die Materialien leicht beschaffbar sein, Freihandexperimente mit Haushaltsgegenständen sind hier optimal, denn eine physikalische Sammlung existiert in den meisten Grundschulen nicht. Natürlich müssen die Experimente vor allem die Lerninhalte veranschaulichen, die im Unterricht angestrebt werden.

Zwei Versuche, die diese Kriterien erfüllen, werden im Folgenden vorgestellt.

1. Versuch: Gute und schlechte Leiter

Material:

Batterie mit passenden Anschlüssen für die Kabel, Glühlämpchen (mit Fassung), Kabel,

für Versuchsteil a) verschiedene Gegenstände (Stoffe) wie Kochlöffel, Bleistiftmine, Lametta, Lineal, Eisenstab (darauf achten, dass er nicht isoliert ist), Papier, Blätter, Kastanien

für b) größeres Glasgefäß, warmes Wasser, Kochsalz

Vorbereitung:

Ein Pol der Batterie wird mit dem Lämpchen verbunden, am anderen ein Kabel angeschlossen. Auch am anderen Anschluss der Glühlampe wird ein Kabel befestigt. Zur Überprüfung des Aufbaus werden die beiden Kabel aneinander gehalten – leuchtet das Lämpchen, ist alles in Ordnung, ansonsten müssen die Anschlüsse überprüft werden.

Durchführung:

a) Die beiden losen Kabelenden werden nacheinander an die verschiedenen Materialien gehalten und die Schüler beobachten, ob die Lampe leuchtet oder nicht. Dabei dürfen sie die Gegenstände, die sie untersuchen, frei auswählen. In einer vorbereiteten Tabelle werden die Beobachtungen protokolliert:

Gegenstand	Leuchtet die Glühbirne?
Kochlöffel	nein
Lineal	nein
Bleistiftmine	

b) Das Wasser wird ins Gefäß gefüllt, die beiden Kabelenden hineingetaucht, so dass sie sich nicht berühren. Es wird beobachtet, ob das Lämpchen leuchtet. Dann werden die Kabel herausgenommen, etwas Salz ins Wasser gegeben und verrührt. Wieder werden die Kabel ins Wasser getaucht und die Lampe beobachtet.

Auswertung:

Die getesteten Stoffe können zunächst zwei Kategorien zugeordnet werden: Den sehr guten und den sehr schlechten Leitern. Um diese Zweiklasseneinteilung zu relativieren, wird herausgearbeitet, dass das Wasser den Strom zunächst schlecht leitet, mit ein bisschen Salz aber zu einem guten Leiter wird.

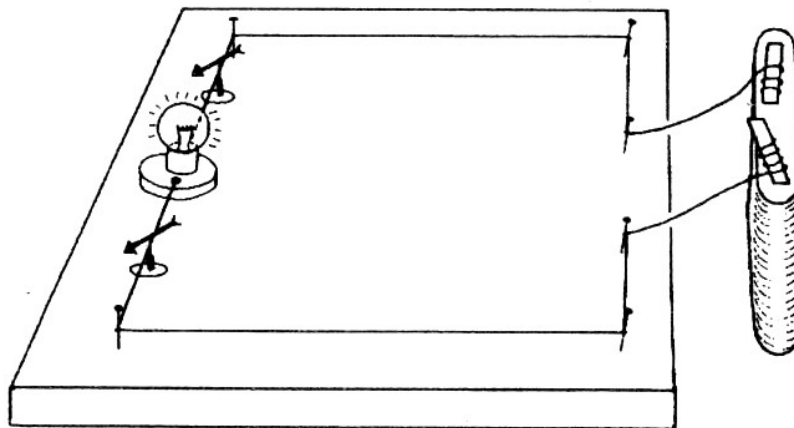
2. Versuch: Stromstärkeanzeiger

Material:

2 Batterien mit unterschiedlicher Spannung, Glühlämpchen (mit Fassung, auf passende Daten achten, gut wären z.B. 6V/5A wie bei den Lampen für Reuterlampen, minimal nötig ist etwa 1A), Kabel, Kompass, (evtl. Nägel, Holzbrettchen und Hammer)

Durchführung:

Das Lämpchen wird mit zwei Kabeln an die Batterie angeschlossen. Dabei sollten die Kabel so befestigt werden, dass es möglich ist, den Kompass rechts und links neben der Lampe an den Kabeln hinzustellen bzw. entlangzufahren. Ein möglicher Aufbau wird in der Skizze dargestellt.



Wenn das Lämpchen leuchtet, wird der Kompass an verschiedene Stellen des Stromkreises gehalten: Links von der Lampe, rechts davon, nah an der Batterie, in der Mitte zwischen Batterie und Lampe, etc. Es wird jeweils beobachtet, in welche Richtung und wie weit die Nadel ausschlägt (ist kein Ausschlag oder nur ein sehr geringer sichtbar, kann man das Kabel an der gewünschten Stelle ein oder zweimal um den Kompass wickeln).

Dann werden die Anschlüsse der Batterie vertauscht und der Versuch wiederholt. Mit einer zweiten Batterie (andere Spannung) wird der Versuch abermals wiederholt.

Auswertung:

Aus diesem Versuch lassen sich mehrere Schlüsse ziehen: Einerseits wird festgestellt, dass der Strom eine bestimmte Wirkung auf die magnetische Kompassnadel hat. Dies wird lediglich als Phänomen festgestellt und nicht weiter erläutert. Außerdem wird veranschaulicht, dass der Strom überall im Stromkreis gleich groß ist (gleich weiter Ausschlag) und dass sich bei Umpolung auch die Richtung des Stroms ändert. Dass der Ausschlag etwas über die Stärke des Stroms aussagt, kann durch die Beobachtungen mit der zweiten Batterie (anderer Ausschlag und Helligkeit des Lämpchens) gestützt werden.

Zur **didaktischen Relevanz** der Versuche lässt sich sagen, dass an beiden wichtige physikalische Sachverhalte erkannt werden können.

Beim ersten Versuch „*Gute und schlechte Leiter*“ erforschen die Kinder die Stoffeigenschaft Leitfähigkeit. Dass Stoffe neben den offensichtlichen (Form, Farbe, usw.) verschiedene Eigenschaften haben, ist eine wichtige Erkenntnis, die aber vielleicht schon beim Thema „Schwimmen und Sinken“ gewonnen wurde, hier aber zumindest vertieft und erweitert wird. Die Schüler erkennen, dass sich Stoffe darin unterscheiden, ob bzw. wie gut sie elektrischen Strom leiten. Vor allem im zweiten Versuchsteil wird deutlich, dass es nicht nur die Unterscheidung Leiter – Nichtleiter gibt, sondern auch etwas dazwischen. Im Hinblick auf die propädeutische Funktion von Sachunterricht wird hier also bereits die elektrische Leitfähigkeit kennen gelernt und somit der elektrische Widerstand angebahnt. Auch für die Lebenswelt und den Alltag der Kinder ist das Thema Leitfähigkeit bedeutsam, beispielsweise kann geklärt werden, warum Kabel isoliert und innen aus Metall sind, wieso man nicht in der Badewanne föhnen sollte (Bezug zur Sicherheitserziehung!) und vieles mehr. Indem den Schülern freigestellt wird, welche Gegenstände sie überprüfen wollen, erhalten sie die Gelegenheit, ihre direkte Umwelt unter einen neuen Gesichtspunkt zu erkunden, was ihnen sicherlich auch Spaß bereitet.

Die Relevanz des zweiten Versuchs „*Stromstärkeanzeiger*“ wurde bereits unter Frage 1 angesprochen. Er eignet sich, um die Verbrauchervorstellung der Schüler zu widerlegen. Zudem wird das Phänomen der magnetischen Wirkung des Stroms gezeigt, der Versuchsaufbau entspricht dem Ørsted-Versuch und kann somit als Anbahnung des Physikunterrichts in der Sekundarstufe gesehen werden. Auch für den in der Grundschule üblichen Bau eines Elektromagneten ist es sinnvoll, wenn die Kinder bereits Erfahrung mit der magnetischen Wirkung des Stroms haben.

Beide Versuche können von den Schülern selbst durchgeführt werden. Dadurch wird ihre Methodenkompetenz geschult: Sie üben das Befolgen von (schriftlichen) Handlungsanweisungen, das genaue Beobachten und Protokollieren der Beobachtungen und mit Hilfestellung des Lehrers das Auswerten der Ergebnisse. Bei der Auswertung werden die Beobachtungen mündlich beschrieben, Theorien aufgestellt und auf ihre Plausibilität geprüft, es werden also auch kommunikative Fähigkeiten benötigt. Gerade der erste Versuch eignet sich gut zur Partnerarbeit, indem z.B. ein Schüler den Gegenstand hält und der andere die Kabel anbringt – so werden zusätzlich soziale Kompetenzen gefördert.

Literatur:

- STORK, E.; WIESNER, H.: *Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht*. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 9 (1981) S.218-230
- WIESNER, H.: *Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschülern in der Elektrizitätslehre*. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 22 (1995) S.50-58
- KIRCHER, E.; GIRWIDZ, R.; HÄUßLER, P.: *Physikdidaktik* (2007). S. 120-124.