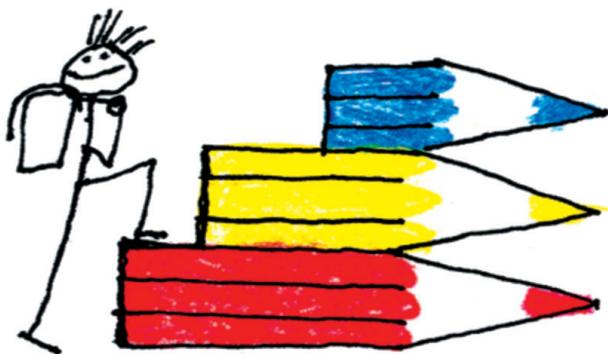


S Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht

Eva Heran-Dörr

SINUS



an Grundschulen

Steigerung der Effizienz des
mathematisch-naturwissenschaftlichen
Unterrichts

NaWi
Naturwissenschaften

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Ein Beispiel	3
3	Schülervorstellungen – Ein heterogenes Konstrukt didaktisch greifbar machen	5
3.1	Schülervorstellungen – Was ist das überhaupt?	6
3.2	Schülervorstellungen und das verständnisvolle Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte im Sachunterricht	8
3.3	Schülervorstellungen und Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts	9
3.4	Schülervorstellungen und die Entwicklung von Lehr-Lernangeboten	10
4	Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen am Beispiel der Elektrizitätslehre	11
4.1	Warum überhaupt „Elektrizitätslehre“ im Sachunterricht?	11
4.2	Lernschwierigkeiten im Bereich der Elektrizitätslehre: Der einfache Stromkreis	12
4.3	Annäherung an die „Sache“: Wirkungen fließender Elektrizität und der einfache Stromkreis	14
4.4	Anschlussfähiges Wissen für Grundschul Kinder zum einfachen Stromkreis	15
4.5	Bereitstellung von Handlungsmöglichkeiten und die Auswahl von Kontexten	16
4.6	Sprache und Unterrichtsgespräch	17
4.7	Abbildungen, Analogien und Modellvorstellungen	17
4.8	Sequenzierung	19
4.9	Erarbeitung einer fachlich tragfähigen Stromkreisvorstellung – Ein Vorschlag	20
4.10	Transfer und Anwendung	22
5	Zusammenfassung: Orientierung an Schülervorstellungen als didaktische Kategorie für das Lernen und Lehren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht	22
	Literatur	23

Impressum

Eva Heran-Dörr
Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem
Wissen im Sachunterricht

Publikation des Programms *SINUS an Grundschulen*
Programmträger: Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften
und Mathematik (IPN)
an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel



www.sinus-an-grundschulen.de
© IPN, Dez. 2011

Projektleitung: Prof. Dr. Olaf Köller
Projektkoordination: Dr. Claudia Fischer
Redaktion u. Realisation dieser Publikation:
Dr. Karen Rieck, Emanuel Kaiser
Kontaktadresse: info@sinus-grundschule.de

ISBN: 978-3-89088-221-5

Nutzungsbedingungen

Das Kieler Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) gewährt als Träger der SINUS-Programme ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Eva Heran-Dörr

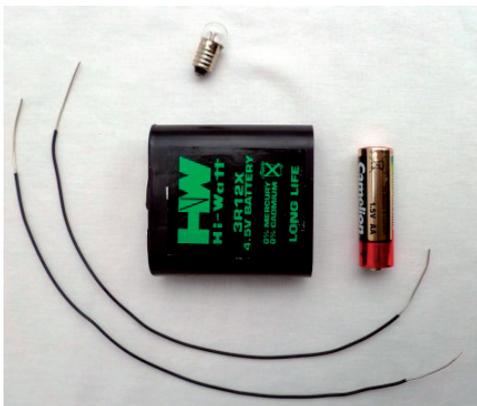
Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht

1 Einleitung

Sachunterricht, der sich zum Ziel setzt, einen Beitrag zum Aufbau anschlussfähigen naturwissenschaftlichen Wissens zu leisten, stellt Lehrkräfte vor eine Reihe von Herausforderungen: So gilt es zum einen, bestehende und/oder im Unterricht entstehende Schülervorstellungen als mehr oder weniger anschlussfähig diagnostizieren zu können. Zum anderen ist es hilfreich, in Bezug auf den gewählten Unterrichtsinhalt unterschiedliche Erarbeitungs- und Darstellungsmöglichkeiten zu kennen, um mit Schülerinnen und Schülern verschiedene Lehr-Lernwege gehen zu können. Am Beispiel der Elektrizitätslehre werden daher inhaltspezifische Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten vorgestellt sowie verschiedene Möglichkeiten für eine kognitiv aktivierende Gestaltung von Lehr-Lernprozessen im Sachunterricht skizziert.

2 Ein Beispiel

Stellen Sie sich vor, Sie sitzen an Ihrem Schreibtisch und planen eine Unterrichtssequenz im Sachunterricht zum Inhaltsbereich Elektrizitätslehre. In einer der ersten Unterrichtseinheiten bauen die Kinder unter der Leitfrage „Unter welchen Bedingungen leuchtet das Lämpchen?“ mit Batterien, Kabeln und Lämpchen einfache Stromkreise. In der Klasse wird eifrig hantiert und die Kinder erproben mit dem zur Verfügung gestellten Material verschiedene Anordnungen. Im Prozess des Erprobens und Hantierens wird von Ihnen immer wieder angeregt, das Beobachtbare zu verbalisieren und Begründungen dafür zu finden, warum das Lämpchen nun leuchtet oder warum auch nicht. Vielleicht haben Sie die Kinder zu Beginn der Einheit auch Hypothesen zur Ausgangsfrage „Unter welchen Bedingungen leuchtet das Lämpchen?“ formulieren lassen und diese notiert. Ihr Ziel ist es nun, dass am Ende dieses gemeinsamen Prozesses die Ausgangsfrage beantwortet werden kann und die Schülerinnen und Schüler damit eine grundlegende Vorstellung vom einfachen Stromkreis erwerben konnten.



Anregung: Versuchen Sie selbst mit Hilfe des hier abgebildeten Materials (Abb. 1) möglichst viele verschiedene Lösungen zu finden, in denen das Lämpchen leuchtet. Verwenden Sie dabei jeweils nur eine der Batterien. Finden Sie Lösungen ohne Kabel, mit einem Kabel, mit zwei Kabeln? Lösen Sie die Aufgabe zunächst gedanklich, arbeiten Sie dann mit dem konkreten Material und skizzieren Sie abschließend alle Lösungen, die Sie gefunden haben.

Abb.1: Material zum Aufbau einfacher Stromkreise

Auch von den Kindern wurden in der Klasse verschiedene Lösungen gefunden: Da gibt es Lösungen mit der 4,5V Batterie und der 1,5 V Batterie, Lösungen mit einem, mit zwei oder auch ohne Kabel und auch eine Vielzahl von Anordnungen, in denen das Lämpchen nicht leuchtet. In dem von Ihnen moderierten Unterrichtsgespräch fallen dann von den Kindern unter anderem folgende Äußerungen:

- „Der Strom ist in der Batterie drin und geht von da zum Lämpchen hin, dann leuchtet's.“ „Das Lämpchen leuchtet, wenn der Strom von beiden Seiten zum Lämpchen hinkommt. Dann reicht's.“
- „Das Lämpchen leuchtet solange, bis die Batterie leer ist.“

In diesen und ähnlichen Formulierungen kommen typische Vorstellungen zum Ausdruck, die bei Grundschulkindern entstehen, wenn sie im Unterricht mit dem Alltagsphänomen Elektrizität konfrontiert werden und damit handelnd-gedanklich umgehen, indem sie einfache Stromkreise aufbauen. Interpretiert man diese Schüleräußerungen vor dem Hintergrund von physikalisch anschlussfähigem Wissen, ordnet sie also in einen fachlichen Bezugsrahmen ein, so kommen darin in etwa folgende Vorstellungen zum Ausdruck: „Strom sei etwas Substanzartiges, das in einer Batterie gespeichert werden könne und wenn diese Substanz von beiden „Ausgängen“ der Batterie zum Lämpchen komme, dann sei genügend dafür da, dass das Lämpchen leuchten könne. Diese, in einer Batterie gespeicherte Substanz „Elektrizität oder Strom“ könne damit (wie andere Substanzen auch) aufgebraucht werden.“ Aber: Diese Vorstellungen sind aus fachlich-physikalischer Sicht unzutreffend und damit ‚falsche Vorstellungen‘. Eine fachlich zutreffende und damit anschlussfähige Vorstellung vom einfachen Stromkreis lässt sich für Grundschulkindern etwa so formulieren (siehe Kasten und genauer hierzu Gliederungspunkt 3.3):



Abb. 2a und b: Einfacher Stromkreis – zwei Möglichkeiten des Aufbaus

Daraus ergibt sich, dass die oben genannten Äußerungen der Kinder ‚falsche Elemente‘ enthalten:

- So ist Strom nicht „in der Batterie drin und kommt raus“, vielmehr treibt die Batterie Elektrizität an.
- Die Batterie wird also nicht „leer“ in einem Sinne, dass eine Substanz verbraucht würde, vielmehr verliert die Batterie die Fähigkeit Elektrizität anzutreiben.

- Elektrizität kommt nicht „von beiden Seiten“ zum Lämpchen, sondern ‚fließt‘ in einer bestimmten Richtung durch das Lämpchen hindurch, die ‚Flussrichtung‘ kann sich ändern.

Mit einer Einordnung von Vorstellungen als falsche Vorstellungen geht nicht eine abwertende Haltung gegenüber den Äußerungen der Kinder einher. Eine für den Lernenden zu diesem Zeitpunkt plausible Vorstellung wird aus pädagogischer Sicht als dessen aktuelle Vorstellung akzeptiert. Aus der Perspektive fachlich angemessenen Wissens verweisen die Äußerungen der Kinder allerdings auf Zwischenschritte im Wissenserwerbsprozess, die, vor dem Hintergrund einer Zielvorstellung von sachlich zutreffendem Wissen als falsch eingeordnet werden können. Die Kenntnis dieser falschen Vorstellungen ist für die Gestaltung von Unterricht hoch bedeutsam. So zeigen diese Fehler, was Grundschulkinder mitbringen oder auch spontan entwickeln, wenn sie im Unterricht dazu aufgefordert werden, ihre Erfahrungen, Meinungen, Ideen und Gedanken zu einem Unterrichtsinhalt zu äußern. Damit sind derartige Äußerungen der Kinder „für Erwachsene ein wichtiges diagnostisches Fenster zum Weltwissen der Kinder“ (Fischer 2008, S. 57).

Um Schülerinnen und Schülern nun unter Kenntnis dieser Vorstellung konkrete Lernangebote in Bezug auf den Inhalt zu machen, sind fachliche Kenntnisse und fachdidaktische Kompetenzen in Bezug auf den jeweiligen Lerninhalt erforderlich. Solides inhaltsbezogenes Fachwissen, Wissen um die Einbettung der Lerninhalte in ein umfassenderes Curriculum, die Kenntnis einfacher und gleichzeitig fachlich substantieller Versuche, die Kenntnis von geeigneten Analogien und Modellvorstellungen, die Fähigkeit zur Einbettung der Inhalte in Alltagskontexte sowie die Fähigkeit zur Gestaltung eines strukturierten, diskursiven Unterrichtsgespräches – all dies ermöglicht letztlich die Gestaltung von naturwissenschaftlichem Sachunterricht, der ausgehend von Schülervorstellungen Wege zum anschlussfähigen Wissen beschreitet.

In dieser Handreichung wird daher zunächst die Bedeutung von Schülervorstellungen für Lernprozesse skizziert und Ziele für das Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht diskutiert. Am Beispiel der Elektrizitätslehre wird dann konkretisiert, mit welchen Schülervorstellungen zu rechnen ist, welche Inhalte in der Grundschule behandelt werden können und welche Möglichkeiten der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen sich bieten.

3 Schülervorstellungen – Ein heterogenes Konstrukt didaktisch greifbar machen

Ausgehend von der Beschäftigung mit Lernschwierigkeiten im Unterricht gibt es in den Naturwissenschaftsdidaktiken seit etwa 40 Jahren intensive Forschung darum, sich mit den vor- und außerunterrichtlichen Erfahrungen von Schülerinnen und Schülern und deren Deutungsmustern auseinander zu setzen (vgl. Müller et al. 2004). Ausgangspunkt dieser Forschung war eine unbefriedigende Situation: Lehrkräfte und Fachdidaktiker machten die Erfahrung, dass Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Konzepte nicht verstehen. Ziel der Forschung war es, Anregungen für das Anwendungsfeld Unterricht zu erarbeiten, also Vorschläge für die Unterrichtsgestaltung zu einzelnen Inhalten zu entwickeln um die Lernergebnisse in den Naturwissenschaften zu verbessern. Im Zusammenhang mit diesen Bemühungen stellte sich in Bezug auf

Kinder im Grundschulalter interessanterweise Folgendes heraus: Entgegen der Annahme von Piaget, Grundschul Kinder seien auf Grund ihrer kognitiven Entwicklungsstufe noch nicht in der Lage physikalische Inhalte angemessen zu konzeptualisieren, können Grundschul Kinder bei entsprechender Förderung und Unterstützung komplexe Inhalte durchaus verstehen. Bedeutsam für das Verstehen ist nicht ein bestimmtes „Stadium“ der Denkentwicklung, sondern vielmehr das Vorwissen in einem bestimmten Bereich, das heißt: „Wer mehr weiß, lernt mehr.“ Auch für die Entwicklung von naturwissenschaftlichen Kompetenzen ist also – bei entsprechender Zielsetzung – die frühe Förderung von hoher Bedeutung.

3.1 Schülvorstellungen – Was ist das überhaupt?

In dem oben genannten Bemühen der fachdidaktischen Forschung wurden die Begrifflichkeiten für die Beschreibung der bei Schülerinnen und Schüler erfassten Theorien, Konzepte und Erklärungsmodelle nicht einheitlich verwendet (vgl. Wodzinski 1996). So ist unter anderem von Vorverständnissen, naiven Theorien, Präkonzepten, Alltagsvorstellungen, Alltagstheorien, Misskonzepten oder Fehlkonzepten die Rede. Werden diese Begriffe im Kontext von (schulischen) Lernprozessen verwendet, dann ist ihnen der folgende Bedeutungskern gemeinsam: Lernprozesse finden immer auf der Grundlage bestehender Erfahrungen und damit verknüpfter Deutungen statt. Schülerinnen und Schüler machen sowohl vor und nach Unterricht, als auch im Unterricht Erfahrungen zu schulischen Inhalten und ordnen diese in ihre individuellen gedanklichen Muster ein. Die Erfahrungen werden damit zunächst immer individuell gedeutet und interpretiert, die Vorstellungen und das Wissen über die Welt also individuell konstruiert. Betrachtet und erfasst man inhaltsbezogene Deutungsmuster von Schülerinnen und Schülern vor dem Unterricht und nach dem Unterricht so werden die damit erfassten Vorstellungen auch als Prä- bzw. Postkonzepte bezeichnet.

Da schulische Bildungsprozesse auf Wissenserwerb und daher auf ein zunehmendes Maß an fachlicher Richtigkeit abzielen, lassen sich die individuellen Deutungsmuster der Schülerinnen und Schüler als fehlerhaft, falsch, alltagsbezogen oder naiv einordnen. Je nachdem werden sie also auch als Fehlkonzepte, Misskonzepte, Alltagsvorstellungen, Alltagstheorien oder naive Theorien bezeichnet. Da ein Lernender häufig nicht weiß, was er nicht weiß, entsteht bisweilen erst in der Konfrontation mit anderen (mehr oder weniger richtigen) Vorstellungen ein Bewusstsein für die potentielle Fehlerhaftigkeit seines Konzeptes. Eine Fehlvorstellung ist es also zunächst nur für denjenigen, der es besser zu wissen glaubt oder eben besser weiß. Inhaltsbezogene Deutungen der Schülerinnen und Schüler können damit im Hinblick auf die Ziele schulischer Bildungsprozesse mehr oder weniger zutreffend und auch mehr oder weniger anschlussfähig sein.

Schülerinnen und Schüler konstruieren auch im Unterricht: Konfrontiert mit Aufgaben- und Fragestellungen, mit Meinungen und Deutungsmustern von Mitschülern sowie mit Angeboten der Lehrkraft werden bestehende Vorstellungen weiter entwickelt. Jede Schülerin und jeder Schüler macht sich dabei ein eigenes Bild von dem, was im Unterricht präsentiert wird. Bestehende Vorstellungen führen dabei beispielsweise dazu, dass Schülerinnen und Schüler bei einem Experiment unter Umständen etwas anderes sehen, als das, was die Lehrkraft sieht oder was sie meint, dass die Kinder sehen müssten (Duit 1989; Schlichting 1991). Damit verbunden ist auch folgendes Verhalten von Lernenden: Widerspricht eine Beobachtung der eigenen – möglicher-

weise falschen Vorstellung – so wird die falsche Vorstellung durch spontan konstruierte Zusatzannahmen „gerettet“. Daraus ergibt sich ein weiteres Charakteristikum dieser Vorstellungen: Bisweilen sind Lernende so sehr von ihren aktuellen Vorstellungen überzeugt, dass sich diese eher als „individuelle Glaubenssysteme“ darstellen lassen und diese wiederum sind – je nach Inhalt mehr oder weniger – stabil.

Zusammenfassend können damit einige Merkmale von Schülvorstellungen formuliert werden: Sie

- haben meist eine hohe spontane (Alltags-)Plausibilität und sind verknüpft mit bisherigen Erfahrungen,
- basieren häufig auf zunächst unreflektierten Erfahrungen und damit in Verbindung stehenden alltagssprachlichen Formulierungen („Batterien werden leer.“),
- können individuell facettenreich sein, aber auch als interindividuelle typische Muster zu bestimmten Inhalten abgebildet werden,
- können implizit oder explizit vorliegen und damit dem Lernenden bewusst oder unbewusst sein,
- können auf verschiedenen Ebenen repräsentiert sein (sprachlich, symbolisch, modellhaft, ...),
- können bereits in den Unterricht mitgebracht werden oder auch erst im Unterricht entstehen,
- können als verschiedene – aus einer fachlichen Perspektive einander widersprechende – Vorstellungen zu einem Sachverhalt in einem Individuum parallel nebeneinander existieren,
- sind teilweise schwer zu erschüttern und zeigen sich damit als stabile Überzeugungen,
- werden vor dem Hintergrund einer richtigen Vorstellung (im Sinne der fachlichen Anschlussfähigkeit) als inhaltspezifische Fehlvorstellungen empirisch erfasst,
- werden als Präkonzepte (vor Unterricht) und Postkonzepte (nach Unterricht) empirisch erfasst,
- sind kontextabhängig, d.h. je nach Anregung, Einbettung und Umgebung entstehen mitunter sehr verschiedene Vorstellungen,
- erfordern zu ihrer Veränderung gezielte didaktische Anstrengungen. Insbesondere aus der Kontextabhängigkeit der Vorstellungen ergibt sich für die Didaktik die Aufgabe nach Kontexten zu suchen, die anschlussfähige Vorstellungen nahe legen und damit Verstehen fördern.

Schülvorstellungen lassen sich damit als erklärungsmächtige kognitive Strukturen zu schulischen Lerninhalten betrachten, die häufig nicht so einfach zu verändern sind. Zum Thema „Schülvorstellungen und Lernschwierigkeiten“ formulierte Rita Wodzinski im Modul G 4 des Programms SINUS-Transfer Grundschule: „Viele sachbedingte Lernschwierigkeiten ergeben sich auch dadurch, dass sich das naturwissenschaftliche Denken vom Alltagsdenken zum Teil erheblich unterscheidet. Dieser Bereich der Lernschwierigkeiten ist (...) unter dem Stichwort der Schülvorstellungen intensiv diskutiert und erforscht worden“ (Wodzinski 2006, S. 5). Schülvorstellungen werden in diesem Sinne also als Lernschwierigkeiten verstanden, die sich in erster Linie aus der

Sache selbst ergeben, beispielsweise auf Grund ihrer Abstraktheit oder Komplexität. Dass es eine Reihe von physikalischen Konzepten bzw. Begriffen gibt, für die dies gilt, ist unmittelbar plausibel, in unserem Beispiel: Der Erwerb einer fachlich anschlussfähigen Vorstellung fließender Ladungen im einfachen Stromkreis ist auf Grund der Abstraktheit einer damit verbundenen Modellvorstellung schwierig und daher häufig mit Lernschwierigkeiten verbunden.

Für Kinder im Grundschulalter liegen Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen in Bezug auf physikalische Inhalte vor allem zu den folgenden Bereichen vor:

- Optik (Claus u.a. 1982; Blumör & Wiesner 1992; Murmann 2002),
- Temperatur und Wärme (Stengl & Wiesner 1984; Wiesner 1984, 1985),
- Magnetismus (Kircher & Rohrer 1993),
- Schall (Kircher & Engel 1994; Rudolf & Wiesner 2001),
- Elektrizitätslehre (Wiesner 1995),
- Schwimmen und Sinken/Auftrieb in Wasser (Janke 1995; Jonen u.a. 2002, 2003),
- Wetter (Schieder & Wiesner 1997).

3.2 Schülervorstellungen und das verständnisvolle Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte im Sachunterricht

„Menschliches Lernen kann man sich zu jedem Alterszeitpunkt als eine permanente Erweiterung, Einschränkung oder Umstrukturierung von Begriffen vorstellen. Die eigene Begriffsstruktur veränderten Kontexten anzupassen, ist eine lebenslange, zentrale Herausforderung beim Lernen. Wenn Lehrpersonen sich bereits von vorneherein auf mögliche Missverständnisse einstellen, die durch die Umstrukturierung der Begriffe entstehen könnten, sollten eventuelle Anfangsschwierigkeiten relativ problemlos zu überwinden sein.“ (Stern 2003, S. 55)

Auch wenn die Überwindung von Anfangsschwierigkeiten im schulischen Unterricht bisweilen nicht so problemlos sein mag, zentral ist allerdings die Beschreibung von Lernen als Erweiterung, Einschränkung oder Umstrukturierung von Begriffen. Schulisches Lernen ist dabei auf Verstehen ausgerichtet. Verstandenes Wissen wiederum „erweist sich als nützlich, um neue und zukünftige Erfahrungen zu strukturieren und weiteres Verständnis aufzubauen. Auf Verstehen ausgerichtetes Lernen bedeutet deshalb einerseits, Lernprozesse an bestehende Erfahrungen und Kenntnisse anzuknüpfen und andererseits Lernergebnisse zu nutzen, um sich Unbekanntes durch Verknüpfung mit Bekanntem zu erschließen.“ (Wodzinski 2006, S. 3).

Gleichzeitig sind Missverständnisse beim Lernen auch im schulischen Unterricht nahezu unumgänglich, da unsere individuellen Konstruktionen über die Erscheinungen der Welt mit kulturellen Konstrukten konfrontiert werden, auf die sich Gesellschaften in einem historischen Prozess der ständigen Wissensentwicklung (in wissenschaftlichen Prozessen) geeinigt haben. Wissenserwerb lässt sich daher auch nicht als „Übernahme“ von Wissen beschreiben, sondern eher als sukzessive Anpassung individueller gedanklicher Netze an Begriffsnetze, die in einer bestimmten historischen Situation als „richtiges Wissen“ gelten. Missverständnisse entstehen dann, weil Physiker die Welt

anders sehen und beschreiben, als eine Schülerin oder ein Schüler. Das Lernen von Naturwissenschaften bedeutet in diesem Sinne die Welt mit den Augen von Naturwissenschaftlern zu sehen und deren Sprache zur Beschreibung der Natur zu erwerben. Nachdem diese Weltsicht sich über viele hundert Jahre hinweg entwickelt hat, dieser Entwicklungsprozess wiederum in einem engen Zusammenhang mit spezifischen Methoden und Erkenntnisweisen steht und die Beschreibung physikalischer Theorien mit Hilfe von Symbolen, Analogien und Modellvorstellungen (und der Sprache der Mathematik) einen gewissen Komplexitätsgrad hat, ist der Wissenserwerb im Bereich naturwissenschaftlicher Inhalte über ein pures „selbst entdecken lassen“ im Kontext schulischer Bildungsprozesse kaum zufriedenstellend organisierbar. Vielmehr wird immer deutlicher, dass Schülerinnen und Schüler didaktisch überlegte und gezielte Hilfen brauchen, um anschlussfähige Vorstellungen zu entwickeln. Für die Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen, die darauf abzielen, dass anschlussfähiges Wissen entsteht (Wodzinski 2011, Kleickmann in Vor.), lassen sich folgende allgemeine Gestaltungsvorschläge machen: Die Lehrkraft soll z. B.

- anregende Handlungsmöglichkeiten bereitstellen und kognitiv aktivierende Erfahrungen ermöglichen,
- Erfahrungen und Vorstellungen verbalisieren lassen, um dadurch an bestehende Vorstellungen anzuknüpfen,
- auf falsche Vorstellungen hinweisen und Lernende (pädagogisch überlegt) damit konfrontieren,
- falsche Vorstellungen umgehen, indem gute Argumente für die richtige Sichtweise angeboten werden,
- strukturieren, diskutieren und auf Widersprüche hinweisen, kurz eine Kultur des Diskurses pflegen.

Weitere Vorschläge im Sinne allgemeiner Empfehlungen werden von Rita Wodzinski im Modul G 4 formuliert, wie z.B. die Motivation und das Interesse aufrecht zu erhalten sind und welche Merkmale Lernumgebungen kennzeichnen, die Lernprozesse in den Naturwissenschaften fördern (vgl. Wodzinski 2006, 19ff).

3.3 Schülvorstellungen und Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts

„Intelligentes Wissen zu erwerben, ist und bleibt die wichtigste Aufgabe des Bildungssystems, des Ausbildungssystems und des lebenslangen Lernens. Es gibt keine herausragende Kompetenz auf anspruchsvollen Gebieten ohne ausreichendes inhaltliches Wissen. Voraussetzung und Resultat ist ein sachlogisch aufgebautes, systematisches, inhaltsbezogenes Lernen, das Kenntnislücken, Verständnisdefizite und falsche Wissensselemente vermeidet.“ (Weinert 2000, S. 5)

Mit Bezug auf die Ziele schulischer Lernprozesse reicht es nicht aus nur mit einem „diagnostischen Blick durch das Fenster“ zum Weltwissen der Kinder (siehe oben) zu blicken. Darüber hinaus ist auch der Blick in den Garten erforderlich für die Einordnung der kindlichen Wissensbestände im Hinblick auf ihre Lernbedeutsamkeit. Erst durch das Spannungsfeld zwischen bestehenden und im Lernprozess entstehenden Vorstellungen und gut begründeten inhaltspezifischen Zielformulierungen ergibt sich ein Feld didaktischen Handelns. Dabei werden im Sachunterricht zwar „anschlussfähige Grundlagen für die natur- und sozialwissenschaftlichen Fächer weiterführender

Schulen gelegt“ (Götz u.a. 2007, S. 18), die im Sachunterricht der Grundschule zu erwerbenden Kenntnisse dürfen jedoch nicht „mit fachsystematischen Ansprüchen weiterführender Schulfächer“ (a.a.O., S. 20) begründet werden. „Die Anforderung an den Sachunterricht im Hinblick auf die Bildungsentwicklung der Kinder besteht vielmehr darin, Alltagsvorstellungen über die Umwelt in Richtung intersubjektiv nachvollziehbarer Interpretationen auf der Basis bewährten Wissens zu entwickeln“ (Götz u.a. 2007, S. 19). Damit werden sowohl ein idealtypisch formulierter Ausgangspunkt wie auch eine Richtung im Bildungsprozess formuliert: Ausgangspunkt sind demnach Alltagsvorstellungen, die aufzugreifen sind und an die anzuknüpfen ist. Ziel ist es, diese in Richtung intersubjektiv nachvollziehbarer Interpretationen auf der Basis bewährten Wissens und damit fachlich belastbarer Konzepte weiter zu entwickeln. Bewährtes Wissen und belastbare Konzepte wiederum stehen in enger Verbindung mit dem Lernen von Inhalten. Lernen ohne Inhalte ist gar nicht denkbar. Daher richtet sich inhaltsbezogenes Lernen auf den Erwerb von intelligentem Wissen (vgl. oben und nächste Seite, Zitate Weinert 2000).

Darüber hinaus zielt naturwissenschaftlicher Sachunterricht nicht nur auf den Erwerb von Wissen, sondern auch auf die Förderung von Persönlichkeitsmerkmalen und damit einer Reihe weiterer Kompetenzen. Kornelia Möller (2006) fasst die Ziele naturwissenschaftlichen Sachunterrichts daher wie folgt zusammen:

- Interesse und Freude am Nachdenken über Phänomene aus Natur und Technik
- Selbstvertrauen, etwas herausfinden und verstehen zu können
- Bereitschaft und Fähigkeit, über naturwissenschaftlich-technische Phänomene und Fragen zu kommunizieren
- Bereitschaft, sich auf forschendes Denken einzulassen („science is hard fun“)
- Erwerb grundlegender Verfahren (forschendes Lernen)
- Verständnis grundlegender Konzepte oder Zusammenhänge

Sowohl für Lehrkräfte wie für Fachdidaktiker stellt sich damit die Herausforderung, Lehr-Lernangebote zu entwickeln, mit denen es gelingt diesen Zielen näher zu kommen.

3.4 Schülvorstellungen und die Entwicklung von Lehr-Lernangeboten

„Intelligentes Wissen, das anschlussfähig sein soll für lebenslanges Lernen und das die Grundlage des lebenslangen Lernens darstellt, muss in systematischer Weise erworben werden. Daher kann es nicht in die Beliebigkeit des einzelnen Schülers gestellt sein, dieses Wissen zu erwerben, sondern es erfordert die Verantwortlichkeit auf Seiten des Lehrers. Es erfordert eine Unterrichtsmethode, die lehrergesteuert, aber schülerzentriert ist.“ (Weinert 2000, S. 5)

Allgemeine Empfehlungen für die Entwicklung von Lehr-Lernangeboten, wie sie im Modul G 4 von Rita Wodzinski gegeben werden, machen deutlich, dass Unterrichtselemente, die Schülerinnen und Schüler zum selbständigen Handeln und Denken herausfordern, wichtig für die Unterrichtsgestaltung im Sachunterricht sind. Allgemeine Hinweise, mit deren Hilfe Lehrkräfte unabhängig vom Inhalt ihren Unterricht planen und weiterentwickeln können sind dabei ein hilfreicher „Werkzeugkasten“ für die Entwicklung von Lehr-Lernangeboten. Schülvorstellungen und Lernschwierigkeiten zeigen sich in der Regel allerdings in Bezug auf konkrete Inhalte, und auch Unterricht

findet (fast) immer in Bezug auf konkrete Inhalte statt. Daher sind für die konkrete Arbeit der Lehrkraft darüber hinaus Überlegungen nötig, die sich auf die Planung und Reflexion von inhaltspezifischen Lehr-Lernangeboten beziehen.

4 Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen am Beispiel der Elektrizitätslehre

Die Elektrizitätslehre ist seit Jahrzehnten eines der Standardthemen des Sachunterrichts im naturwissenschaftlichen Bereich. Bereits in den 50er und 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts sowie in den Curricula des wissenschaftsorientierten Sachunterrichts der 70er Jahre wurden verschiedene Vorschläge für die konkrete Ausgestaltung von Unterrichtseinheiten zu diesem Inhalt gemacht. Die Vorschläge der Curricula der 70er Jahre gelten aus heutiger Sicht als ungeeignet, da sie zwar die Struktur und die Verfahrensweisen der Naturwissenschaften aufgreifen (also die Sache stark machen), aber gleichzeitig die Sichtweisen der Schülerinnen und Schüler zu wenig berücksichtigten. In den 80er und 90er Jahren des 20. Jahrhunderts wichen diese stark fachlich orientierten Curricula dann eher „kindorientierten“ Konzepten. Diese mussten sich wiederum den Vorwurf gefallen lassen, sie würden die Kinder unterfordern und kaum etwas zur Wissensentwicklung beitragen. Auf Grund der Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen besteht aus heutiger Perspektive die Chance für die Entwicklung sowohl fachlich tragfähiger als auch an Schülerdenkweisen orientierter Lehr-Lernumgebungen zu naturwissenschaftlichen Bildungsinhalten. Im Folgenden wird daher am Beispiel der Elektrizitätslehre exemplarisch dargestellt, welche Analyse- und Planungsschritte für den Sachunterricht relevant sind, der sich an Schülervorstellungen orientiert und auf den Erwerb von anschlussfähigem Wissen abzielt.

4.1 Warum überhaupt „Elektrizitätslehre“ im Sachunterricht?

Müssen wirklich Grundschulkinder schon den einfachen Stromkreis verstehen? Sind der Aufbau einfacher Stromkreise und die Verwendung von Glühlämpchen angesichts dessen, dass Kinder in ihrem Alltag damit gar nicht konfrontiert werden, die passenden Inhalte für den Sachunterricht? Sollte man nicht vor allem „Strom sparen“ thematisieren?

Die genannten Fragen skizzieren nur unzureichend die Vielfalt der Gründe, die für die Auswahl oder die Abwahl eines Inhaltes im Themenkanon der Schule sprechen. Zwar kann an dieser Stelle keine umfassende Diskussion dazu stattfinden, womit die Elektrizitätslehre als Bildungsinhalt legitimiert werden kann. Allerdings werden nachfolgend einige Argumente dafür skizziert, warum die Elektrizitätslehre als relevanter Inhalt im Sachunterricht der Grundschule eine Rolle spielen sollte:

- Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung: Unsere Kultur und Zivilisation ist geprägt von der technischen Nutzung elektrischer Geräte. Ein Leben ohne Strom ist angesichts der aktuellen und für die Zukunft zu erwartenden Entwicklungen für unsere Gesellschaft nicht vorstellbar. Die Nutzung elektrischer und elektronischer Geräte wird auch weiterhin zentral in unserem Alltag sein.
- Exemplarische Bedeutung: Die Behandlung der Elektrizitätslehre ermöglicht ex-

emplarisch die Erörterung des Zusammenhangs zwischen Physik als Grundlagenwissenschaft und Technik als deren Anwendung. Exemplarisch können außerdem die Bedeutung von Analogien und Modellvorstellungen thematisiert werden.

- **Ergiebigkeit:** Der Inhaltsbereich ist sowohl fachlich wie auch didaktisch ergiebig: Je nach Schwerpunktsetzung der Lehrkraft können eine Vielzahl relevanter Themen aus verschiedenen fachlichen Perspektiven bearbeitet werden. Dabei ergeben sich vielfältige Möglichkeiten für eine handlungsorientierte, reflexionsintensive und sozial-konstruktive Gestaltung von Lehr-Lernprozessen.

4.2 Lernschwierigkeiten im Bereich der Elektrizitätslehre: Der einfache Stromkreis

Nationale und internationale Forschungsergebnisse verweisen im Bereich der Elektrizitätslehre auf die folgenden Lernschwierigkeiten bei Primarstufenschülern (Osborne 1983; Wiesner 1994, 1995):

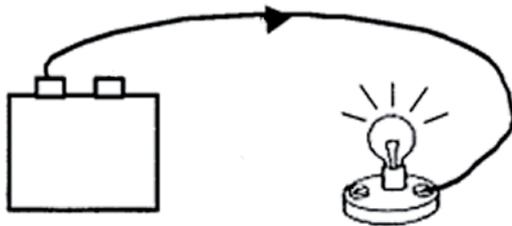


Abb. 3a: Einwegzuführungsvorstellung

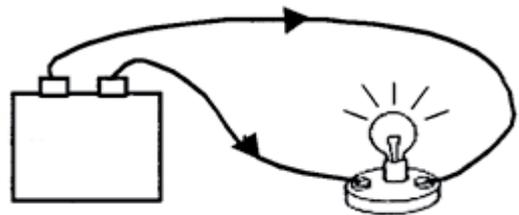


Abb. 3b: Zweizuführungsvorstellung

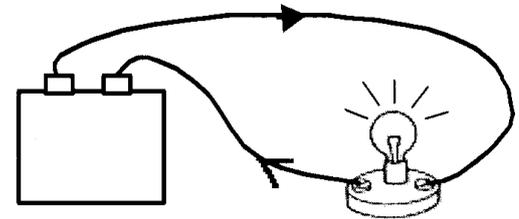
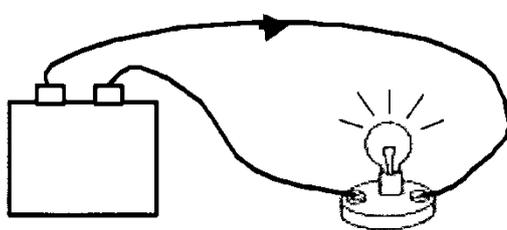


Abb. 3c und Abb. 3d: Verbrauchsvorstellungen

- **Einwegzuführungsvorstellung** (siehe Abb. 3a): Stellt man vor einem Unterricht über Elektrizitätslehre Grundschulkindern eine Batterie, Drähte und ein Lämpchen zur Verfügung und gibt ihnen die Aufgabe, das Lämpchen zum Leuchten zu bringen, dann verbindet die Mehrzahl von ihnen die Batterie und das Lämpchen zunächst mit nur einem Draht. Das beobachtete Nichtleuchten wird von den Kindern mit defekten oder ungeeigneten Materialien (z. B.: Batterie kaputt/verbraucht, Lämpchen kaputt, Kabel verstopft, Anschlussklemmen zu dünn) begründet. Die Mehrheit der Grundschul Kinder geht also bei einer Konfrontation mit Lämpchen, Batterie und Kabel zunächst davon aus, dass ein Lämpchen bereits dann leuchten wird, wenn es mit einem Anschluss der Batterie verbunden wird. Wird den Kindern demonstriert, dass das Lämpchen in diesem Fall nicht leuchtet – auch wenn sie es selbständig herausfinden –, suchen sie die Erklärung dafür in defekten oder ungeeigneten Materialien.
- **Zweizuführungsvorstellung** (siehe Abb. 3b): Sehen die befragten Kinder, dass

das Lämpchen dann leuchtet, wenn es mit zwei Kabeln mit der Batterie verbunden ist, entwickeln ca. 85% der Schülerinnen und Schüler die Vorstellung, dass das Lämpchen nun leuchtet, weil von beiden Seiten Strom zum Lämpchen hinkommt. Damit, so die Vorstellung, steht ausreichend Strom zur Verfügung, der zum Lämpchen hinkommt, um es zum Leuchten zu bringen. Die Kinder stellen sich also vor, dass aus beiden Batterieanschlüssen die gleiche Elektrizitätssorte herausströmt und sich im Lämpchen trifft. Die so genannte „Zweizuführungsvorstellung“ scheint ausgesprochen plausibel und dürfte von Alltagserfahrungen, die Kinder in anderen Zusammenhängen machen, genährt werden.

- Verbrauchsvorstellungen (siehe Abb. 3c und Abb. 3d): Weiterhin ist bekannt, dass (nicht nur) Grundschul Kinder davon ausgehen, dass Strom teilweise oder vollständig „verbraucht“ wird. So wird in der Vorstellung der Kinder die Elektrizität im Lämpchen verbraucht, so wie Kohle, Öl oder Gas zum Heizen im Ofen verbrannt und damit verbraucht wird. Diese Vorstellung hat für die Schülerinnen und Schüler auf der Basis ihrer bisherigen Wissensstrukturen eine enorm hohe Plausibilität, weit höher als die physikalische Stromkreisvorstellung. Die aus physikalischer Sicht adäquate Vorstellung, wonach die gleiche Menge Elektrizität überall in einem geschlossenen gerichteten Kreis fließt, ist für Grundschul Kinder extrem unplausibel. Damit liegt bei den Kindern aus physikalischer Sicht eine unzutreffende Konzeptualisierung und falsche kategoriale Einordnung von Strom beziehungsweise fließender Elektrizität vor, wonach Strom als Substanz (die verbraucht werden kann) und nicht als Prozess beschrieben wird. Diese aus physikalischer Sicht erfolgte Fehlkonzeptualisierung von Strom als Substanz, die verbraucht wird, kann gerade auf Grund ihrer hohen Alltagsplausibilität letztlich von einem Novizen kaum selbst entdeckend verändert werden. Das In-Frage-Stellen einer alltagsweltlich genährten Vorstellung erfordert eben gerade jemanden, der über so viel inhaltspezifisches Wissen verfügt, dass er die plausiblen Annahmen rational begründet in Frage stellen kann und dann gute Gründe für den Erwerb einer zutreffenderen Vorstellung bieten kann.

Diese Befundlage ist national und international auch für Mittelstufenschülerinnen und -schüler sowie erwachsene Novizen im physikalischen Lernbereich zur Elektrizitätslehre weitgehend konsistent. Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe glauben ebenfalls, dass eine Zuleitung zum Lämpchen genüge, argumentieren im Sinne einer „Verbrauchsvorstellung“ und betrachten die Batterie als „Speicher“ des Stromes (Duit, Niedderer, & Schecker 2007). Darüber hinaus zeigen eine Befragung von Lehramtsanwärtern und Lehramtsanwärterinnen der Primarstufe sowie eigene Unterrichtsversuche und viele Erfahrungen in der Lehreraus- und Fortbildung unter anderem, dass vielen Personen

- die Anschlüsse am Lämpchen und an verschiedenen Batterien nicht bekannt sind,
- unklar ist, was ein Kurzschluss ist,
- das Wort Stromkreis als Kreisanordnung verstanden wird, bei der so etwas wie eine Fließrichtung nicht berücksichtigt wird. Da auch bei der Zweizuführungsvorstellung ein Kreis entsteht, widerspricht dies nicht der Formulierung „Der Stromkreis ist geschlossen“. Mit der Formulierung eines richtigen Merksatzes ist also mitunter eine falsche Vorstellung vom einfachen Stromkreis verbunden.

Empirisch erfasste Lernschwierigkeiten im Bereich der Elektrizitätslehre berühren demnach vor allem den thematischen Schwerpunkt „einfache Stromkreise“. Da ein

grundlegendes konzeptuelles Verständnis vom einfachen Stromkreis die Basis für alle weiteren Lernprozesse im Bereich der Elektrizitätslehre ist und damit als zentraler Lerninhalt im Sachunterricht zu betrachten ist, beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen schwerpunktmäßig auf dieses Thema.

4.3 Annäherung an die „Sache“: Wirkungen fließender Elektrizität und der einfache Stromkreis

Wirkungen fließender elektrischer Ladungen: Verbindet man ein Lämpchen oder einen kleinen Elektromotor in der richtigen Weise mit einer Batterie (vgl. Abb. 4a, 4b, einfache Stromkreise), so macht man die Beobachtung, dass das Lämpchen leuchtet bzw. der Motor sich dreht. Vertauscht man die Anschlüsse an der Batterie, so dreht sich der Motor in die andere Richtung, das Lämpchen leuchtet unverändert. Diese beobachtbaren Wirkungen stehen im Zusammenhang mit zwei wesentlichen Wirkungen fließender elektrischer Ladungen:

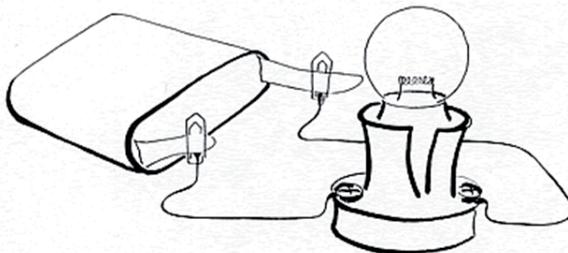


Abb. 4a und b: Beispiele für einfache Stromkreise

- a) **Wärmewirkung:** Die Elektrizitätsteilchen (Elektronen) driften nach Anschluss des Drahtes an die Batterie durch den Draht und stoßen dabei gegen die Drahtteilchen (vgl. Abb. 5). Diese bewegen sich durch die Stöße heftiger. Fast immer verwendet man Kupferdraht. Dann bewegen sich die Kupferionen des Drahtes durch die Stöße mit den Elektronen schneller hin und her. Diese heftigere Teilchenbewegung ist z.B. mit einem Thermometer messbar als höhere Temperatur und zudem sichtbar: Im Lämpchen wird der Draht der Glühwendel so heiß, dass er zu glühen beginnt: Das Lämpchen leuchtet.
- b) **Magnetische Wirkung:** Eine Magnethöhle, die in die Nähe des Drahtes in einem einfachen Stromkreis gestellt wird, schlägt aus, wenn der Stromkreis geschlossen wird, wenn also elektrischen Ladungen fließen (Abb. 6). Die Magnethöhle pendelt wieder in ihre Ausgangsposition zurück und kommt zur Ruhe, wenn der Stromkreis geöffnet wird. Es zeigt sich: Immer dann, wenn Elektrizität fließt, ist eine magnetische Wirkung um den Draht beobachtbar. Wird umgepolst, schlägt die Magnethöhle in die andere Richtung aus, die Elektrizität fließt andersherum. Die Flussrichtung kann sich also ändern. Da die Drehung eines Elektromotors eine Folge der magnetischen Wirkung ist, dreht sich der Elektromotor nach dem Umpolen andersherum.

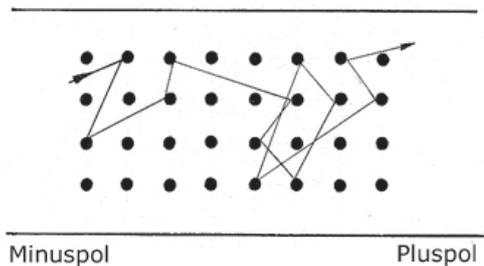


Abb. 5: Elektronenbewegung im Draht

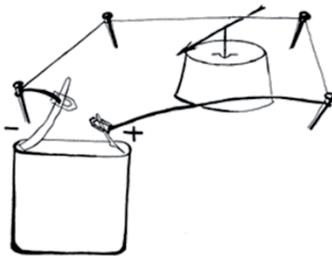


Abb. 6: Ausschlag einer Magnetnadel im geschlossenen Stromkreis

- c) Stromkreisvorstellung: Elektrizität fließt in einem gerichteten Kreis: Von einem Anschluss der Batterie über das Kabel zum Lämpchen, durch den Draht im Lämpchen über das andere Kabel zum anderen Anschluss der Batterie und durch die Batterie hindurch. Wenn alle Bestandteile in dieser Weise miteinander verbunden sind, sagt man „Der Stromkreis ist geschlossen“. In einem einfachen geschlossenen Stromkreis fließt an jeder Stelle gleich viel Elektrizität. Wenn die Anschlüsse an der Batterie vertauscht werden, fließt die Elektrizität in die andere Richtung. Die Batterie hat die Aufgabe, den Stromfluss aufrecht zu halten. Weitere und ausführlichere Sachinformationen für Grundschullehrkräfte zur Elektrizitätslehre finden Sie unter www.supra-lernplattform.de.

4.4 Anschlussfähiges Wissen für Grundschul Kinder zum einfachen Stromkreis

Aus fachlich-physikalischer Sicht wird ein grundlegendes konzeptuelles Verständnis vom einfachen Stromkreis (Stromkreisvorstellung) als zentral für den Sachunterricht erachtet. Ein für weiterführendes Lernen anschlussfähiges Verständnisniveau¹ beinhaltet dabei aus physikalischer Sicht:

- Kenntnis der Anschlussbedingungen: Elektrizität fließt, wenn ein Stromkreis geschlossen wird. In einem einfachen Stromkreis bedeutet das, dass ein Anschluss der Batterie mit einem Anschluss des Lämpchens und der andere Anschluss der Batterie mit der zweiten Anschlussstelle des Lämpchens/des Elektromotors verbunden ist.
- Verständnis der Stromkreisvorstellung: Elektrizität fließt in einem gerichteten Kreis, diese Flussrichtung kann sich ändern, wenn die Anschlüsse an der Batterie vertauscht werden.
- Elektrischer Strom bzw. fließende Elektrizität wird sichtbar über die Auswirkungen, wie z.B. Wärme und magnetische Wirkung. Die Wärmewirkung wird sichtbar über das Glühen des Drahtes, die magnetische Wirkung wird sichtbar, da eine Magnetnadel, die in der Nähe eines durchflossenen Drahtes steht, ausschlägt.
- Fließende Elektrizität wird als Prozess und nicht als Substanz konzeptualisiert.
- Elektrizität wird nicht verbraucht (Verständnis der Kirchhoffschen Regel: der Strom I ist konstant im unverzweigten Stromkreis).

¹ Im Physikunterricht oder im Anfangsunterricht „Natur und Technik“ werden in den weiterführenden Schulen im Wesentlichen ebenfalls einfache Stromkreise behandelt, wobei zusätzlich auf die Begriffe elektrische Energie, Stromstärke, Spannung, Widerstand und deren symbolhafte Darstellung und Verknüpfung eingegangen wird.

Selbstverständlich sind darüber hinaus eine Vielzahl von Themen im Inhaltsbereich Elektrizitätslehre sinnvoll und für die Primarstufe relevant. Eine mögliche Zusammenstellung von Themen aus dem physikalischen Bereich finden Sie unter www.supra-lernplattform.de.

4.5 Bereitstellung von Handlungsmöglichkeiten und die Auswahl von Kontexten

Bereitstellung von Handlungsmöglichkeiten: Die Schülerinnen und Schüler bauen mit Lämpchen und kleinen Elektromotoren, Batterien mit verschiedenen Spannungen und an den Enden abisoliertem Klingeldraht sowie mit Werkzeug einfache Anordnungen und untersuchen wie das Lämpchen/der Motor mit einer Batterie verbunden sein muss, damit das Lämpchen leuchtet/der Motor sich dreht.

Auswahl von Kontexten: Für naturwissenschaftlichen Unterricht gilt die Auswahl von Kontexten als wichtiger Bestandteil der Unterrichtsplanung. So wird insbesondere der Verknüpfung mit Alltagskontexten eine wichtige Rolle für die Förderung von Interesse und Motivation zugeschrieben. Darüber hinaus ist allerdings auch immer zu überlegen, welche fachlichen Kontexte eine anschlussfähige Vorstellung nahelegen.

Alltagskontexte: Üblicherweise wird für den Aufbau einfacher Stromkreise eine Verknüpfung mit Alltagskontexten wie z.B. der Beleuchtung eines Puppenhauses oder der Beleuchtung einer Weihnachtskrippe vorgeschlagen. Auch die Beleuchtung eines Hauses, das die Schildbürger ohne Fenster gebaut haben, soll das Interesse der Kinder an der Aufgabenstellung wecken und die Motivation erhöhen. Erfahrungsgemäß sind Grundschulkinder – Mädchen wie Jungen – allerdings bereits durch das Material und die Aufgabenstellung „Bringe das Lämpchen zum Leuchten“ und die Bereitstellung des Materials sehr motiviert, eine entsprechende narrative Einbettung ist daher nicht unbedingt erforderlich. Anspruchsvoll ist eine Übertragung der Erkenntnisse auf reale Alltagskontexte, wie z.B. die Hausbeleuchtung, den Mixer oder die Lichterkette am Weihnachtsbau. So ist zu berücksichtigen, dass bereits in diesen einfachen Geräten der einfache Stromkreis nicht so einfach zu identifizieren ist. Vorgeschlagen wird daher die Anwendung des einfachen Stromkreises in für Schülerinnen und Schüler interessanten Alltagskontexten, wie z.B. selbst hergestellten Spielzeugen (vgl. Gliederungspunkt 3.8).

Fachliche Kontexte: Für die Arbeit am einfachen Stromkreis können verschiedene fachliche Kontexte bereitgestellt werden. Mit Hilfe verschiedener Materialien (z. B. Lämpchen, einfache Elektromotoren, 1,5 V Batterien, 4,5 V Batterien, Klingeldraht mit abisolierten Enden, Kabel mit Krokodilklemmen, Schraubenzieher, Abisolierzangen, Lämpchenfassungen) machen Kinder beim Bau von Stromkreisen die Erfahrung, dass es Merkmale an Batterien, Geräten und Verbindungsstücken gibt, die für das Leuchten des Lämpchens/die Bewegung des Motors eine Rolle spielen (z. B. zwei Anschlussstellen an Batterien und Geräten) und Merkmale, die dafür keine Rolle spielen (z.B. die Form der Batterien). Damit werden beim Bauen einfacher Stromkreise die Grundlagen dafür gelegt, dass nachfolgend die Anschlussbedingung (Unter welchen Bedingungen leuchtet ein Lämpchen/dreht sich ein Elektromotor?) formuliert werden können. Deren Verbalisierung und Anwendung sind grundlegend für ein konzeptuelles Verständnis von elektrischen Phänomenen.

4.6 Sprache und Unterrichtsgespräch

Lernen und Wissenserwerb sind aufs Engste verknüpft mit der Verwendung sprachlicher Mittel. Sowohl gesprochene wie auch geschriebene Sprache sind zentrale Medien für den Austausch zwischen Person und Person oder Person und Sache. Sprache ist eine zentrale Möglichkeit innere Bilder und Vorstellungswelten nach außen zu bringen, um sich mit anderen darüber zu verständigen. Die Versprachlichung individueller Konstruktionen, sei es in Form von gesprochener oder geschriebener Sprache, die Förderung des Austausches zwischen Schülerinnen und Schülern wie auch ein intensiver sprachlicher Austausch zwischen Kindern und Lehrkraft sind entscheidende Elemente der Unterrichtsgestaltung. Für das Unterrichtsgespräch wesentlich ist es daher, dass Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert werden, ihre Vermutungen, Beobachtungen und Vorstellung zu verbalisieren und mit Mitschülern zu diskutieren. Für die Lehrkraft besteht die Aufgabe darin, die Gespräche in der Klasse zu moderieren. Das bedeutet unter anderem von Kindern Begründungen für ihre Annahmen und Ideen einzufordern, auf Widersprüche hinzuweisen, auf sich widersprechende Argumente aufmerksam zu machen, kurz: eine Kultur des kritischen Diskurses zu fordern und zu fördern.

Darüber hinaus sind Vermutungen, Beobachtungen, Zwischenergebnisse, Erklärungen, Ideen oder auch Erkenntnisse immer wieder schriftlich zu dokumentieren und festzuhalten. So ist Sprache nicht nur Mittel zum Selbsta Ausdruck, sondern auch ein Mittel dafür, die äußere Welt (also Konstruktionen anderer) nach innen zu bringen. Das Lesen von Versuchsbeschreibungen, Erklärungen und Texten zum Thema hat an der richtigen Stelle und im richtigen Umfang daher durchaus lernunterstützende Wirkung.

Für den Unterricht in der Elektrizitätslehre ist es angesichts der dargestellten Lernschwierigkeiten über die hier skizzierten allgemeinen Hinweise hinaus empfehlenswert, auf folgende inhaltsspezifische Aspekte zu achten:

- Da Elektrizität nicht (wie z. B. Nahrungsmittel) verbraucht wird, ist es sinnvoll im Unterrichtsgespräch entsprechend achtsam zu formulieren. Von uns interviewte Schülerinnen und Schüler unterscheiden hier zwischen „brauchen“ und „verbrauchen“. Möglicherweise verhilft diese sprachliche Unterscheidung auch zu einem anderen konzeptuellen Verständnis.
- In diesem Zusammenhang ist es auch ungünstig davon zu sprechen, dass die Batterie „leer“ sei. Sie hat vielmehr ihre Fähigkeit verloren, die Elektrizität anzutreiben.
- Wie bereits oben kurz erwähnt, wäre der Stromkreis auch im Fall der falschen Zweizuführungsvorstellung geschlossen, daher erscheint es sinnvoll die Formulierung „Der Stromkreis ist geschlossen“ entweder in dieser verkürzten Form zu vermeiden oder deren Bedeutungsgehalt mit den Kindern genauer nachzugehen, um möglicherweise damit verbundene Fehldeutungen zu verringern.

4.7 Abbildungen, Analogien und Modellvorstellungen

Um komplexe Phänomene und Abläufe zu veranschaulichen und die Bildung fachlich anschlussfähiger innerer Bilder und Vorstellungen zu unterstützen, sollten neben der Sprache weitere Lehr-Lernhilfen eingesetzt werden, die die Wahrnehmung stimulieren und eine zielgerichtete mentale Verarbeitung anregen. Auch im Bereich naturwissenschaftlicher und technischer Inhalte spielen dabei Abbildungen, Analogien und Modell-

vorstellungen eine wichtige Rolle (vgl. hierzu Mikelskis-Seifert 2005). Entsprechende, die visuelle Wahrnehmung und Verarbeitung anregende Darstellungen können und sollten von den Schülerinnen und Schülern sowohl selbst produziert werden (z. B. Skizzen zum Aufbau einfacher Stromkreise) wie auch aus vorhandenem Lehrmaterial ausgewählt und eingesetzt werden (z. B. bekannte Analogien und Modellvorstellungen). Im Folgenden werden Schülerzeichnungen ebenso wie Analogien und Modellvorstellungen zum einfachen Stromkreis vorgestellt.

Grafiken und Skizzen der Kinder: Wenn die Schülerinnen und Schüler aus verschiedenen Materialien einfache Stromkreise aufbauen, ist es empfehlenswert, dass sie ihre Versuche skizzieren und beschreiben. Dabei sollten nicht nur Lösungen, in denen das Lämpchen leuchtet bzw. der Motor sich dreht, skizziert und diskutiert werden, sondern auch Lösungen, in denen das Lämpchen nicht leuchtet bzw. der Motor sich nicht dreht. Begründungen für den einen oder für den anderen Fall sind dabei im gemeinsamen Gespräch zu erörtern.

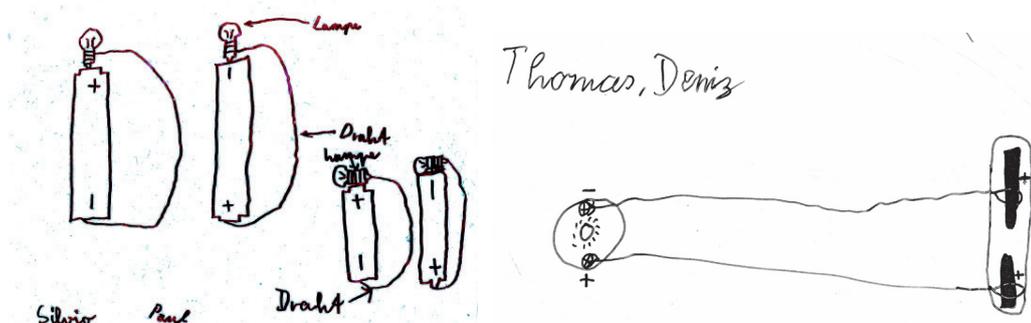


Abb. 7: Kinderskizzen von einfachen Stromkreisen

Analogien und Modelle: Zur Verdeutlichung der physikalischen Stromkreisvorstellung werden sowohl in der Primarstufe wie auch in den weiterführenden Schulen verschiedene Analogien beziehungsweise Modelle eingesetzt (vgl. hierzu Kircher 2006). Modelle können dabei sowohl reale Gegenstände (gegenständliches Modell) wie auch theoretische Vorstellungen (theoretisches Modell) sein. In der Physik versteht man unter Modellen in der Regel Vorstellungen, hypothetische Skizzen und Theorien über die in der Physik untersuchten Objekte (IPN 1975, S. 21), wobei in einem didaktischen Kontext auch gegenständliche Modelle eingesetzt werden können. Im Wesentlichen verfolgen diese Modellvorstellungen drei Ziele: Sie sollen der Erkenntnisgewinnung dienen und damit Verstehen unterstützen, mit ihrer Hilfe sollen Voraussagen gemacht werden können und sie sollen die Anwendung von Erkenntnissen erleichtern (a.a.O.). Nachfolgend werden einige, für die modellhafte Darstellung des einfachen Stromkreises typische Modelle dargestellt:

- Gasmodell (näheres siehe unter www.supra-lernplattform.de)
- Wassermodell (näheres siehe unter www.supra-lernplattform.de)
- Fahrradkettenanalogie (näheres siehe bei Grygier u.a. 2004)
- Elektronenmodell als dynamische Computersimulation (zum kostenlosen Download unter: <http://phet.colorado.edu>)

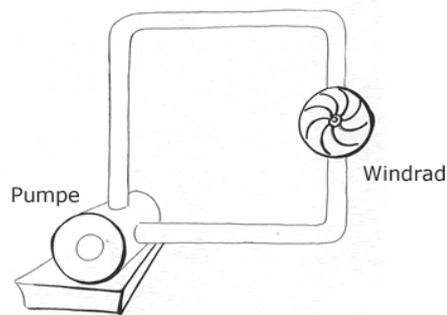


Abb. 8a: Gasmodell

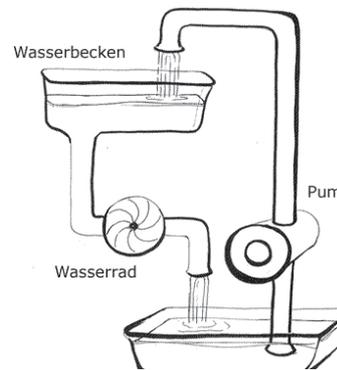
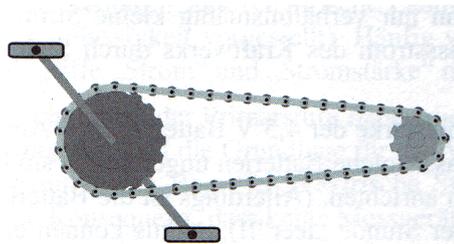
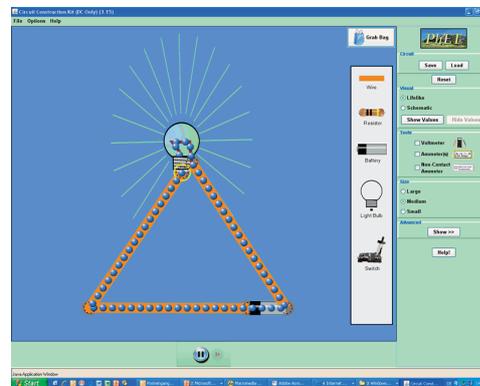


Abb. 8b: Wassermodell

Abb. 8c: Analogie - Fahrradkette
(vgl. Grygier u.a. 2004)Abb. 8d: Simulation des Elektronenmodells
(zum kostenlosen Download unter:
<http://phet.colorado.edu>)

Insgesamt geht aus den Forschungsergebnissen zum Einsatz von Modellen und Analogien hervor, dass diese in der Regel sehr spezifische und nicht immer nur erwünschte Auswirkungen auf Lernprozesse haben. Analogien können zwar neue Perspektiven eröffnen, da jedoch Ziel- und Analogbereich nie vollständig strukturgleich sind, hat jede Analogie auch ihre Grenzen. Außerdem muss dem Lernenden der Bereich, den die Analogie zur Veranschaulichung nutzt, bekannt sein, damit die Analogie sinnvoll genutzt werden kann. Beim Einsatz von Analogien im Unterricht zeigt sich darüber hinaus, dass Schülerinnen und Schüler Vergleiche zwischen der Ziel- und Analogieebene eher auf der Ebene von Oberflächenmerkmalen herstellen als auf der – meist angestrebten – Ebene der Strukturähnlichkeit (Duit et. al. 2001). Der Einsatz von Analogien ist damit zwar für Unterricht relevant, allerdings auch kritisch zu reflektieren. Für den Sachunterricht erarbeitete unter anderem auch Haider einen Unterrichtsvorschlag, in dem Analogien zur Einführung der Stromkreisvorstellung vorgesehen sind (Haider 2009).

4.8 Sequenzierung

Das Thema einfacher Stromkreis steht in der Regel nicht unverbunden zu anderen Themen im Sachunterricht. Er ist vielmehr eingebettet in eine Auswahl von Themen,

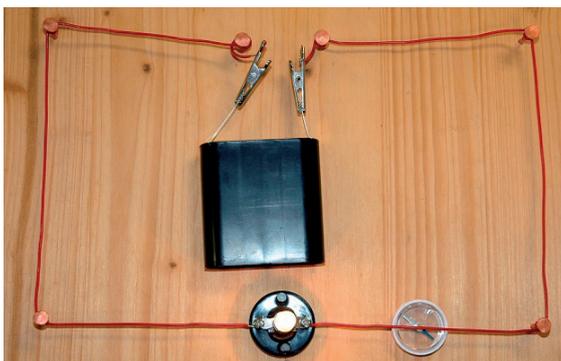
in denen weitere inhaltliche Schwerpunkte gesetzt werden. Hat sich eine Lehrkraft vor dem Hintergrund der Annäherung an die Sache, der Kenntnis der Lernschwierigkeiten, der Berücksichtigung der Spezifika der eigenen Lerngruppe, der Rahmenbedingungen und des Lehrplans des jeweiligen Bundeslandes für die Bearbeitung bestimmter Inhalte und Themen entschieden, so sind diese Inhalte in eine sachlich und didaktisch sinnvolle Reihe zu bringen.

Im Bereich der Elektrizitätslehre schlägt die Autorin folgende Inhalte und damit verbunden die hier präsentierte Reihenfolge vor. Diese Auswahl und Reihung ist als ein möglicher Vorschlag zu verstehen, der gemäß pädagogischen und fachdidaktisch relevanten Kriterien jederzeit geändert werden kann:

- Elektrizität in unserem Alltag – Bedeutung von Strom
- Wirkungen fließender Elektrizität: Wärme und magnetische Wirkung
- Bau und Erprobung einfacher Stromkreise und einfacher technische Anwendungen (unter welchen Bedingungen leuchtet ein Lämpchen? Gute Leiter – schlechte Leiter, usw.)
- Entwicklung der Stromkreisvorstellung (als Modellvorstellung): Kenntnis der Anschlussbedingungen, Konstanz der Stromstärke entlang eines Drahtes, Änderung der Flussrichtung beim Umpolen
- Kenntnis einfacher Analogien
- Stromerzeugung und verantwortungsbewusster Umgang mit Energieressourcen

4.9 Erarbeitung einer fachlich tragfähigen Stromkreisvorstellung – Ein Vorschlag

Will man sich im Unterricht bei der Bearbeitung des Inhalts Elektrizitätslehre nicht auf eine Ebene beobachtbarer Phänomene beschränken und Analogien für die Vorstellung vom einfachen Stromkreis anbieten, sondern Gründe dafür liefern, warum Physiker sich diese Vorstellungen vom einfachen Stromkreis machen, dann kann die folgende, von Versuchen unterstützte logische Argumentation mit den Kindern entwickelt werden (vgl. Wiesner 1995; Heran-Dörr & Wiesner 2010):



Schritt 1: Fließende Elektrizität hat eine magnetische Wirkung.

Eine Kompassnadel schlägt in eine bestimmte Richtung aus, wenn sie nahe am Kabel steht und der Stromkreis geschlossen wird. Das Schließen des Stromkreises wird sichtbar über das Leuchten eines Lämpchens oder das Drehen eines Elektromotors, die magnetische Wirkung wird sichtbar über den Ausschlag der Magnetnadel (Abb. 9a). Diese kann damit als qualitatives Messinstrument für fließende Ladungen bzw. Elektrizität eingeführt werden.

Abb. 9a: Schritt 1: Ausschlag einer Magnetnadel unter einem stromdurchflossenen Draht

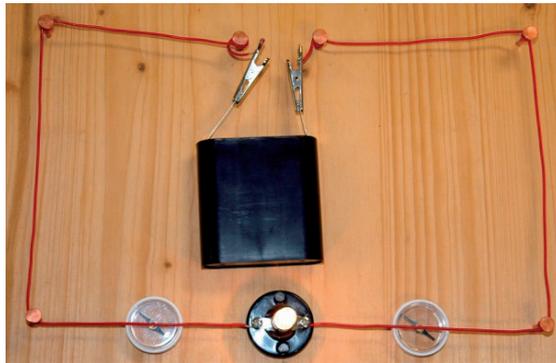


Abb. 9b: Schritt 2: Zwei Magnetnadeln schlagen in die gleiche Richtung aus

Schritt 2: Fließende Elektrizität/Ladungen lässt/lassen das Lämpchen leuchten und/oder den Motor drehen.

Elektrizität fließt in einem geschlossenen Kreis in eine Richtung: Zwei Kompassnadeln, die vor und nach einem Lämpchen unter den Drähten liegen, schlagen in die gleiche Richtung aus: Vor und nach dem Lämpchen/dem Elektromotor ist die magnetische Wirkung gleich hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Drehrichtung der Magnetnadel (Abb. 9b).

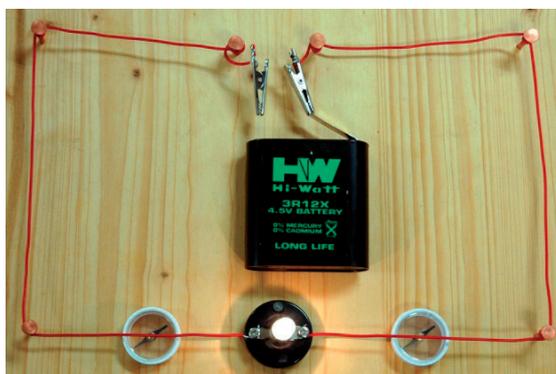


Abb. 9c: Schritt 3: Zwei Magnetnadeln schlagen in die andere Richtung aus

Schritt 3: Diese Flussrichtung kann sich ändern, wenn man die Anschlüsse an der Batterie vertauscht.

Nach dem Umpolen schlagen die Kompassnadeln beide in die andere Richtung aus (Abb. 9c) und der Motor dreht sich andersherum.

Schritt 4: Das Lämpchen bzw. der Motor verbraucht keine Elektrizität: Wenn eine Batterie mit einer höheren Spannung eingebaut wird, leuchtet das Lämpchen heller bzw. dreht sich der Motor schneller. Das ist so zu interpretieren, dass nun eine größere Elektrizitätsmenge durch den Draht fließt. Man beobachtet, dass beide Magnetnadeln – vor und nach dem Lämpchen/dem Motor – jetzt weiter, aber im Vergleich miteinander gleich weit ausschlagen. Das kann – aus fachlicher Sicht – als Argument für die gleiche Stärke fließender Ladungen/Elektrizität vor und hinter dem Lämpchen betrachtet werden. Das legt die Vorstellung nahe, dass das Lämpchen/der Motor keine Elektrizität verbraucht.

Akzeptanzbefragungen von Wiesner (1995) verweisen darauf, dass Grundschul Kinder diese logische Argumentation akzeptieren und es damit gelingt, eine physikalisch zutreffende Stromkreisvorstellung aufzubauen. Erste Untersuchungen zum Einsatz der hier aufgeführten versuchsgestützten Argumentation im Klassenunterricht zeigen, dass Grundschul Kinder die Stromkreisvorstellung und die Magnetnadeln als Messinstrument für fließende Elektrizität akzeptieren und auch den Ausschlag der Nadeln korrekt angeben können. Es gelingt allerdings nur einem Teil der Kinder, aus den Beobachtungen eine Einsicht in den Nichtverbrauch von Elektrizität zu gewinnen (Trambauer u.a. 2009).

4.10 Transfer und Anwendung

Zur Vertiefung und Anwendung des Themas können mit Schülerinnen und Schülern einfache elektrische Spielzeuge selbst gebaut werden. Der Bau eines „heißen Drahtes“ (siehe Abb. 10) oder „eines elektrischen Lexikons“ ermöglicht den Transfer der Anschlussbedingungen auf eine etwas umfangreichere Schaltung. Die Bauanleitungen finden Sie unter

www.supra-lernplattform.de.

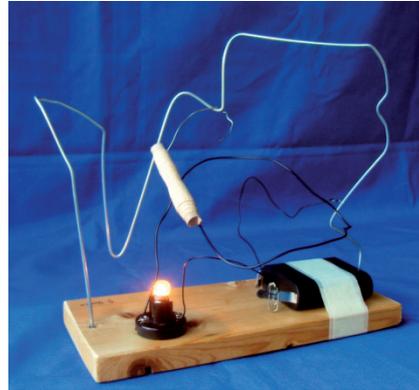


Abb. 10: Heißer Draht

5 Zusammenfassung: Orientierung an Schülervorstellungen als didaktische Kategorie für das Lernen und Lehren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Dass Unterricht an Vorstellungen der Schülerinnen und Schülern anknüpfen sollte und in diesem Sinne an Kindern orientiert sein sollte, ist eine wohlbekannte, beliebte und häufig formulierte Forderung an Lehrkräfte und deren Unterrichtsgestaltung. Unklar bleibt dabei allerdings häufig, woran sich konkret zu orientieren sei. Daher wurde in dieser Handreichung neben einigen allgemeinen Ausführungen zu Schülervorstellungen und anschlussfähigem Wissen am Beispiel der Elektrizitätslehre verdeutlicht, wie eine entsprechende Orientierung an Schülervorstellungen konkret in Bezug auf einen Inhaltsbereich realisiert werden könnte. Soll der Beitrag des Sachunterrichts zur Bildung nicht auf der Ebene des alltagsweltlich geprägten Denkens verbleiben, sondern einen Beitrag zum Aufbau geordneten Wissens leisten (vgl. Götz u.a. 2007), so stellt sich der Didaktik des Sachunterrichts die Aufgabe, in Bezug auf konkrete Unterrichtsinhalte nach Wegen zu suchen, wie mit Vorstellungen, Ideen und Erklärungsversuchen von Grundschulkindern so umgegangen wird, dass anschlussfähiges Wissen erworben werden kann.

Literatur

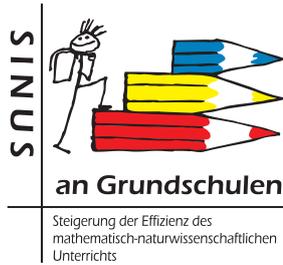
- Blumör, R. & Wiesner, H. (1992). Vorstellungen von Primarstufenschülern zum Spiegelbild. In: K. Wiebel (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie, Alsbach. S.104-106.
- Claus, J. & Wiesner, H. (1985). Vorstellungen zu Schatten und Licht bei Schülern der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 13. S. 318-322.
- Claus, J., Stork, E. & Wiesner, H. (1982). Optik im Sachunterricht? Eine empirische Untersuchung zu Vorstellungen und Lernprozessen. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 10. S. 82-92.
- Duit, R. (1989). Vorstellung und Experiment. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie 37(48). S. 319-321.
- Duit, R., Niedderer, H. & Schecker, H. (2007). Teaching physics. In S. K. Abell & N.G. Lederman, (Eds.), Handbook of research on science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. Fischer 2008. 599-629.
- Duit, R., Roth, W., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies – between Scylla and Charybdis. Learning & Instruction, 11, 283–303.
- Fischer, H.-J. (2008). Lehrerkompetenzen im Sachunterricht. In: Sache - Wort - Zahl. Lehren und Lernen in der Grundschule. Heft 91: Fasching - Fastnacht - Karneval. 26. Jg., S. 51-57.
- Götz, M., Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Hartinger, A., von Reeken, D. & Wittkowske, St. (2007). Didaktik des Sachunterrichts als bildungswissenschaftliche Disziplin. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., von Reeken, D., Wittkowske, St. (Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Klinkhardt. Bad Heilbrunn. S. 11-30.
- Grygier, P., Günther, J. & Kircher, E. (2004). Über Naturwissenschaften lernen – Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Haider, M. & Haider Th. (2009). Themenheft: „Elektrischer Strom“. Praxis Grundschule 4.
- Heran-Dörr, Eva & Wiesner, Hartmut (2010). Wie fließt die Elektrizität? Einführung eines physikalischen Stromkreiskonzeptes. In: Grundschulmagazin, 78, 1, S. 23-28.
- Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel/IPN (1975) (Hrsg.): IPN Curriculum Physik für das 9. und 10.Schuljahr. Modelle des elektrischen Stromkreises. Klett Verlag. Stuttgart.
- Janke, B. (1995). Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie (27). S. 122-138.
- Jonen, A., Möller, K. & Engelen, A. (2002). „Wie kommt es, dass ein eisernes Schiff nicht untergeht?“ Eine Untersuchung zum Lernen von Grundschulkindern im Vorfeld der Naturwissenschaften. In: Petillon, H. (Hrsg.): Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule – Kindperspektive und pädagogische Konzepte. Jahrbuch Grundschulforschung 5. Leske & Budrich. Opladen. S. 59-70.

- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Cech, D., Schwier, H.-J. (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn. S. 93-108.
- Kircher, E. & Engel, C. (1994). Schülervorstellungen über Schall. SMP, 22 (2). S. 53-57.
- Kircher, E. & Rohrer, H. (1993). Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe (21). S. 336-341.
- Kircher, E. (2006). Talente entdecken und fördern. Modul G 5. SINUS-Transfer Grundschule Naturwissenschaften. Kiel: IPN. Download unter: http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_STG/NaWi-Module/N5.pdf. [18.11.2011]
- Kleickmann, T. (in Vorb.). Kognitiv aktivieren und strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Handreichung im Programm „SINUS an Grundschulen“. Kiel: IPN.
- Mikelskis-Seifert, S. (2005). Entdecken, Erforschen, Erklären. Modul G 2. SINUS-Transfer Grundschule Naturwissenschaften. Kiel: IPN. Download unter: http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_STG/NaWi-Module/N2b.pdf. [18.11.2011]
- Möller, K. (2006). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule: Eine (neue) Herausforderung für den Sachunterricht? In P. Hanke (Ed.), Grundschule in Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute. Münster: Waxmann. S. 107-127.
- Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (2004). (Hrsg.). Schülervorstellungen in der Physik. Aulis. Köln.
- Murmann, L. (2002). Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. Eine phänomenographische Untersuchung in der Primarstufe. Berlin. Logos.
- Osborne, R. J. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. In Journal of Research in Science and Technology Education, 1, 73-82.
- Rudolf, S. & Wiesner, H. (2001). Können Grundschul Kinder grundlegende Phänomene zum Schall verstehen? In: R. Brechel (Hrsg.). Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach. S. 159-161.
- Schieder, M. & Wiesner, H. (1997). Wetter – eine empirische Studie zu Vorstellungen und Lernprozessen. In: Sache - Wort - Zahl 25. S. 52-54.
- Schlichting, H. J. (1991). Zwischen common sense und physikalischer Theorie – wissenschaftstheoretische Probleme beim Physiklernen. MNU (44). S. 74-80.
- Stengel D. & Wiesner, H. (1984). Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 12 (1984) S. 445-452.
- Trambauer, H., Heran-Dörr, E. & Wiesner, H. (2009). Braucht oder verbraucht das Lämpchen Strom? – Ein Unterrichtskonzept für die Primarstufe. In Höttecke D. (Hrsg.). Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Münster: LIT - Verlag. S. 104-106.

- Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule. In: Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz 2/2000.
- Wiesner, H. & Heran-Dörr, E. (2007). Themenfeld Elektrizitätslehre. In: Kahlert, J., Demuth, (Hrsg.): Wir experimentieren in der Grundschule. Teil 1. Aulis. S. 66-96.
- Wiesner, H. & Heran-Dörr, E. (2007): Themenfeld Magnetismus. In: Kahlert, J.; Demuth, (Hrsg.): Naturwissenschaften in der Grundschule. Teil 1. Aulis. S. 97-122
- Wiesner, H. (1984). „Warm-kalt“. Didaktische Überlegungen zu einem Standardthema in der Grundschule. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 12. S. 160-164.
- Wiesner, H. (1985). Untersuchungen zu Vorstellungen von Primarstufenschülern über Begriffe und Phänomene aus der Wärmelehre. In: H. Mikelskis (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie, Alsbach. S. 242-244.
- Wiesner, H. (1995). Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe (22). S. 50-58.
- Wodzinski, R. (2011). Naturwissenschaftliche Fachkonzepte anbahnen – Anschlussfähigkeit verbessern. Handreichung im Programm „SINUS an Grundschulen“. Kiel: IPN. Download unter: http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Wodzinski.pdf. [18.11.2011]
- Wodzinski, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: Müller, R., Wodzinski, R., Hopf, M. (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Aulis. Köln. S. 23-36.
- Wodzinski, R. (2006). Lernschwierigkeiten erkennen – verständnisvolles Lernen fördern. Modul G 4. SINUS-Transfer Grundschule Naturwissenschaften. Kiel: IPN. Download unter: http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_STG/NaWi-Module/N4.pdf. [18.11.2011]



Programmträger: IPN, Kiel
Projektleitung: Prof. Dr. Olaf Köller
www.ipn.uni-kiel.de



SINUS an Grundschulen
Projektkoordination am IPN: Dr. Claudia Fischer
Tel. +49(0)431/880-3136
cfischer@ipn.uni-kiel.de
www.sinus-an-grundschulen.de

Ministerium
für Bildung und Kultur
des Landes Schleswig-Holstein



Programmkoordination für die Länder durch das
Ministerium für Bildung und Kultur
des Landes Schleswig-Holstein (MBK)
Dr. Kai Niemann
www.schleswig-holstein.de/MBK/DE/MBK_node.html



Serverbetreuung: Deutsches Institut für Internationale
Pädagogische Forschung (DIPF)
www.dipf.de

ISBN für diese Handreichung
ISBN: 978-3-89088-221-5