

Schülervorstellungen zu physikalischen und technischen Themen im Sachunterricht

**zusammengestellt von
Juliane Matzig und
Petra Reddeck**

Juli 2005

Schülervorstellungen

Inhaltsverzeichnis

Schülervorstellungen zum Mond.....	3
Schülervorstellungen zum Funktionsprinzip eines Handrührgeräts.....	5
Schülervorstellungen zu „Technik“ I.....	7
Schülervorstellungen zu „Technik“ II.....	9
Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre.....	13
Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht.....	17
Schülervorstellungen zum Schall.....	24
Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomenbereich Schall.....	27
Schülervorstellungen zum Magnetismus.....	30
Schülervorstellungen zu Schatten und Licht.....	32
Schülervorstellungen zu Schatten und Licht.....	34
Schülervorstellungen zu Schatten und Licht.....	36
Vorstellungen von Grundschulern über Schattenphänomene.....	38
Schülervorstellungen zum Spiegelbild (Teil 1).....	44
Schülervorstellungen zum Spiegelbild (Teil 2).....	45
Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten mit dem Spiegelbild.....	47
Schülervorstellungen zum Thema Wetter.....	49
Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme.....	51

Schülervorstellungen zum Mond

Methode: Unterrichtsgespräch

Befragte Gruppe: Erstklässler

Themen: Erscheinungsbild des Mondes, Mondphasen, mitgehender Mond, Stellung zu den anderen Planeten, Schwerkraft

- Kinder sind davon überzeugt, dass man zum Mond fliegen kann. Einige Kinder denken, dass man mit einem Flugzeug hinfliegen kann, andere glauben, dass es möglich ist mit einer Rakete zum Mond zu fliegen.
- Alle Kinder haben den Mond schon einmal gesehen. Die meisten sagen, dass der Mond immer in der Nacht kommt. Er leuchtet und seine Farbe ist weiß. Einige Kinder haben den Mond auch schon am Morgen gesehen, "da war er nur ein bisschen".
- Viele Kinder wissen, dass der Mond manchmal halb ist und manchmal ganz. Einige äußerten den Begriff des Vollmonds und sprachen von einer Kugel. Außerdem glauben sie, dass der Mond größer ist als die Erde.
- Kinder haben beobachtet, dass der Mond mitgeht wenn man im Auto fährt. Wenn man stehen bleibt, dann bleibt auch der Mond stehen. Die Kinder begründen dieses Phänomen damit, dass die Erde sich dreht und der Mond entfernt ist. Der Mond kommt nicht wirklich mit, da er nicht überall sein kann. Das sieht man nur.
- Viele Kinder sind der Ansicht, dass die Wolken etwas damit zu tun haben ob man den Mond sieht oder nicht. Beispielsweise denken sie, dass die Wolken sich vor den Mond schieben, oder den Mond hoch und runter schieben können.
- Bei zeichnerischen Darstellungen malten ein Viertel von 41 Erstklässlern Bilder mit Boden und Himmel. Der Boden ist dabei die Erde und an den Himmel werden Mond und Sterne gezeichnet. Drei Viertel der 41 Erstklässler stellen die Erde als Kugel dar. Wenige Kinder dieser zweiten Gruppe umgeben die Erde mit Sonne, Mond und anderen Planeten. Für sie ist ihre gezeichnete Weltraumerde nicht die gleiche Erde, auf der sie leben. Die meisten Kinder der zweiten Gruppe platzierten Menschen und Häuser auf der Erde und bringen damit zum Ausdruck, dass sie verstanden haben, dass ihre Erde zugleich die Weltraumerde ist.
- Die Schwerkraft wird in den Zeichnungen häufig so dargestellt, dass sie senkrecht zum unteren Blattrand der gemalten Bilder wirkt. Einige Kinder kehren zur Vorstellung eines festen Bodens zurück und zeichnen diesen innerhalb der Kugelerde. Außerdem umfasst diese Kugelerde Himmel und Erde, die von einer Hülle begrenzt wird. Der Tag wird häufig oben und die Nacht unten in die Zeichnung eingearbeitet. Sehr wenige Kinder ordnen Menschen und Häuser so an, dass sie

außen an der gezeichneten Kreislinie angeordnet werden und zur Mitte hin ausgerichtet sind. Beim Zeichnen von Kontinenten und Ländern werden die Gesetze der Schwerkraft oft vernachlässigt.

Quelle: Rödler, Klaus: Sonne, Mond und Erde - Mit Kindern ins Gespräch kommen. In: die Grundschulzeitschrift (1999) Heft 129, S. 24, 41 ff

Schülervorstellungen zum Funktionsprinzip eines Handrührgeräts

Methode: teils standardisierte, zentrierte Einzelbefragung

Befragte Gruppe: Kindergartenkinder und SchülerInnen des 2. und 4. Jahrgangs –

Themen: Antrieb, Erklärung der Drehzahländerung

(Es wurde ein Gerät mit verdeckten Zahnrädern und ein anderes mit offenem Getriebe verwendet.)

Kindergartenkinder

- Die Kindergartenkinder faszinierte die Handhabung des Geräts und bis auf ein Kind stellten sie alle für das verdeckte Getriebe eine Vermutung auf, dass die Kurbel und die Quirle miteinander in Verbindung stehen, beispielsweise über Zahnräder oder über Stäbe.
- Am geöffneten Gerät sind alle Kinder in der Lage die Verbindung von Kurbel und Quirlen zu benennen. Fast alle bemerken die höhere Drehzahl der Quirle gegenüber der Drehzahl der Zahnräder. Sie können diese Beobachtung aber nicht mit der unterschiedlichen Größe der Zahnräder erklären.
- Ein Kind erklärt warum sich das große Zahnrad langsamer dreht. Das große Zahnrad kann nicht so schnell über die "Huppelchen" der kleinen Zahnräder.

SchülerInnen des 2. Schuljahres

- Alle Kinder bis auf eins entwickeln am verdeckten Gerät ein aus mehreren Zahnrädern zusammengesetztes Getriebe. Im Gegensatz zu den Kindergartenkindern, die sich spontan äußerten, überlegten die SchülerInnen manchmal sehr lange.
- Am geöffneten Gerät können alle Kinder den Funktionszusammenhang erfassen. Der Versuch eine Hypothese aufzustellen, um die Drehzahl-änderung zu erklären, gelingt nur den Mädchen. Sie meinen, dass die kleinen Räder sich schneller drehen, weil sie locker gelagert sind und sie schneller rum kommen, da sie nicht so groß sind wie die großen Räder.

SchülerInnen des 4. Schuljahres

- Alle Kinder können einen möglichen Antriebsmechanismus entwickeln.
- Im Vergleich zu den jüngeren Kindern beobachten sie mehr Details wie beispielsweise die Funktion des Abstandhalters und die Änderung des Drehsinns.
- Alle Kinder finden die Ursache für die Drehzahländerung.

Das Handrührgerät eignet sich gut, um dessen Funktionsweise von den Kindern erklären zu lassen. Das hängt damit zusammen, dass das technische Gerät für die Kinder überschaubar ist und so anschaulich ist, dass sie sich damit bis zu einem für sie selbst befriedigenden Lösungsvorschlag beschäftigen können.

Quelle: Feest, Jutta / Gans, Ursula / Heyroth, Ina: Phänomene aus Natur und Technik – Erklärungen von Kindern im Alter von 5 bis 11 Jahren. In: IDB Münster Berichte des Instituts für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, IDB, (1993) 2, S.49-61

Schülervorstellungen zu „Technik“ I

Studie (Australien), mit der ein Untersuchungsinstrument für Lehrer und Forschung entwickelt wurde, das die Wahrnehmung von „Technik“ bei Schülern untersucht.

Methoden:

- „Quiz“ mit 28 Bildern (Zeichnungen), von denen 25 dem Begriff „Technik“ zugeordnet werden können – Schüler sollen die zuordnen, die mit Technik zu tun haben (abhaken)
- offenes Schreiben oder/und Zeichnen (je nach Alter und indiv. Wunsch) zu der Frage:
„Technology can mean different things to different people. When you read the word ‘technology’, what comes in your mind?“
- ein Fragebogen, der zwei Aspekte bei älteren Schülern untersucht:
 1. “cognitive perceptions” (kognitive Wahrnehmung) der Vielgestaltigkeit von Technik und Technik als ein „design process“
 2. Einstellung bezüglich des Interesses an Technik und sozialer Aspekte von Technik

Zugrunde liegendes **Verständnis von Technik**: Technik als zielgerichtete Anwendung von Wissen und Erfahrung um Prozesse in Gang zu setzen und Produkte zu erzeugen, die menschliche Bedürfnisse befriedigen.

Untersuchte Gruppen:

- 381 Schüler im Alter von 8 -12 Jahren, bzw. 363 im Alter von 6-12 Jahren bei Quiz

Ergebnisse des Fragebogens (bes. geeignet und effektiv bei Schülern im Alter v. 10-12 J.)

- Die Wahrnehmung der Vielgestaltigkeit von Technik nimmt mit zunehmendem Alter zu.
- Generell herrscht Einigkeit darüber, dass Technik einen „design process“ hat (erfordert?) („technology has a design process“).
- Die Stärke des Interesses an Technik nahm mit zunehmendem Alter etwas ab.
- Die Einstellung gegenüber den sozialen Aspekten von Technik wurde mit zunehmendem Alter etwas weniger positiv.

Ergebnisse des offenen Schreibens oder/und Zeichnens (nützlich für alle ab 7 J.)

- Ältere Kinder bringen Technik eher in Verbindung mit Erfindungen, modernen Dingen („modern things“) und Zukunft und erwähnten eher positive Aspekte von Technik.
- Durchweg wurden von ihnen Computer, elektrische Geräte, Maschinen und Fahrzeuge genannt.
- Viele Kinder schrieben über / zeichneten die Konsequenzen von Technik für die Umwelt.
- Ältere Kinder haben ein höheres Verständnisniveau.

Ergebnisse des Bilderquiz (gut geeignet für jüngere Kinder)

- Ältere Kinder haben klarere Vorstellungen von Technik.
- Durchschnittlich wurde nur ein Drittel der Zeichnungen Technik zugeordnet Kinder haben ein enges Verständnis von Technik.
- Das Quiz ist nützlich, um Vorstellungen über Technik herauszufinden (i. d. anschließenden Diskussion mit den Kindern)
- > 80% wählten in absteigender Reihenfolge Computer, Mikrowelle, Telefon, Flugzeug
- ~ 60% Fabrik und Windmühle
- Die am wenigsten gewählten Bilder waren Rose, Käse, Jeans, Schnabeltier, Tasse und Gummibaum.
- Interviews der Lehrer zu dem Quiz lieferten wichtige Informationen zum Verständnis /der Wahrnehmung von „Technik“:
 - Technik ist assoziiert mit dem Gebrauch (der Nutzung) von Kraft (Energie?) und / oder Elektrizität („technology associated with using power and / or electricity“) dies war die häufigste durchgängige Wahrnehmung, die Kinder von Technik haben
 - 6- und 7jährige Kinder haben „viable“ (lebensfähige?/ tragfähige?) Denkmodelle von Technik, die mit Kraft (inkl. Windkraft), Elektrizität oder Dingen verknüpft sind, die hilfreich für die Menschen sind.
 - Mehrere Kinder hatten unangemessene Vorstellungen (Denkmodelle) von Technik, aber sie waren in der Lage, sie während des Quiz konsequent anzuwenden.
 - Obwohl einige Kinder nicht wussten, was Technik ist, konnte die Anforderung des Quiz von ihnen geleistet werden.
 - Manche Kinder wählten beim Quiz zufällig aus.

Die durchführenden Lehrer war erstaunt, wie eng das Bild von Technik bei einigen Kindern im Gegensatz zu anderen Kindern der gleichen Klasse war, für die genau das Gegenteil gilt.

Ebenso erstaunlich fanden sie die anspruchsvollen Ideen und das Verständnis einiger älterer Schüler.

Für die Lehrer ist dies ein wertvolles Instrument um ihre Stunden entsprechend der Vorkenntnisse der Schüler zu planen und die Veränderungen im Verständnis zu messen.

(Nachfolgende Untersuchung soll zur Zeit der Veröffentlichung in UK und Australien im Gang sein, die die Veränderungen des Technikverständnisses in Bezug auf Alter und Geschlecht untersucht.)

Quelle: Rennie, Léonie J. & Jarvis, Tina: „Three approaches to measure children’s perceptions about technology“. International Journal of Science Education, 1995, Vol. 17, No. 6, 755-774)

Schülervorstellungen zu „Technik“ II

Studie (England 1993), mit der

- die Breite der Wahrnehmung von „Technik“ bei Grundschulkindern dokumentiert werden sollte,
- die gebräuchlichen Erklärungen von Technik der Grundschul Kinder erkannt,
- Muster in diesen Erklärungen im Hinblick auf das Alter gekennzeichnet und
- Schlüsse für den „Technology-„ und „Science-Unterricht“ gezogen werden sollten.

Methoden:

1. **offenes Schreiben oder/und Zeichnen** zu der Frage:
 „Technology can mean different things to different people. When you read the word ‘technology’, what comes in your mind? Please tell us what technology means to you by writing about it, or by drawing a picture. You might like to do both.“
2. **„Quiz“ mit 28 Bildern (Zeichnungen)**, von denen 25 dem Begriff „Technik“ zugeordnet werden können – Schüler sollen die zuordnen, die mit Technik zu tun haben (abhaken)
3. Interview mit ausgewählten repräsentativen Kindern in Dreiergruppen zu 1. und 2. (Anzahl 81)

Zugrunde liegendes **Verständnis von Technik**: Technik als zielgerichtete Anwendung von Wissen und Erfahrung, um Prozesse in Gang zu setzen und Produkte zu erzeugen, die menschliche Bedürfnisse befriedigen.

Untersuchte Gruppen:

- Ca. 300 Kinder der 2. – 6. Grundschulklasse (6 -11 Jahre)

Ergebnisse des offenen Zeichnens und Schreibens

- Insgesamt spiegeln die Ideen der Kinder die drei Hauptauffassungen Erwachsener über Technik wieder
- Viele Kinder wussten nicht was Technik ist oder gaben nicht verwertbare „Antworten“.
- Ältere Kinder äußerten mehr Ideen als jüngere.
- Aspekte von „planen und herstellen“ waren besonders wichtig und wurden besonders häufig von älteren Schülern genannt.
- Als Technik wurden häufig Produkte (Erzeugnisse) wie Computer, elektrische Geräte und mechanische Vorrichtungen verstanden, viele davon aber nur, wenn sie „High-Tech“-Produkte waren oder sehr modern.
- Technik wurde von einigen Kindern gleichgesetzt mit Wissenschaft und/oder Wissen („learning“) allgemein.
- Obwohl ein höheres Verständnis mit höherem Alter verknüpft ist, haben im Jahrgang 6 (10 - 11 Jahre) nur etwa die Hälfte der Kinder ein begrenztes Verständnis von Technik (von 5 Kategorien die zweitniedrigste) und nur etwa 17% ein gutes Verständnis (zweitbeste Kategorie) (Verständnis einer großen Auswahl [viele zugeordnete Bilder, mehrere Aspekte? – wörtl.: „an appreciation of a wide range of goods“] oder der Bedeutung der Geschichte oder ein Verständnis von „design cycles“ oder ein Bewusstsein für die sozialen Folgen von Technik).

Ergebnisse des Quiz

- Die Auswahl der Bilder lässt sich in fünf Gruppen gliedern
 - Computer (97%)
 - Fabrik, Mikrowelle, Mine, Flugzeug, Telefon, Windmühle (zwischen 73-83%)
 - Uhr und Plan [Grundriss oder Lageplan, Entwurf?] (63-66%)
 - Statue, Buch, Spielplatz, Axt, Medizin/Medikament, Vulkan, Brücke, Schlafzimmer, Musik, Fish & Chips–Shop, Werbung/Reklame, Waffe (Gewehr oder Pistole) (35-51%)
 - Eiche, Jeans, Fuchs, Rose, Käse, Pudel (7-17%)
- Die Ergebnisse deckten sich mit denen von 1.
- Die Kinder haben ein enges Verständnis von Technik (durchschnittlich 12,7 Bilder von 28 gewählt).

- Kinder der Klasse 2 (6 Jahre) und 5 und 6 wählten die meisten Bilder, erstere aber eher zufällig.

Ergebnisse der Interviews:

- Es gab keine nennenswerten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen.
- Mehr jüngere Schüler hatten keine Begründung, unangemessene Begründungen oder eine sehr einfache für ihre Auswahl/ Zeichnung.

Die häufigsten (üblichsten) Erklärungen von „Technik“

Technik...

- ... wird gleichgesetzt mit Wissenschaft und Wissen und „Sachen herausfinden“ („finding out things“)
- ... hat etwas zu tun mit Computern und ähnlichen Geräten/Maschinen
- ... hat etwas zu tun mit elektrischen Geräten und Vorrichtungen (Kabel und Stecker, ...)
- ... darunter fallen mechanische und elektrische Gerätschaften und Maschinen (z.B. auch Fahrzeuge und Raketen)
- ... sind neuere Erfindungen (modern und raffiniert) (Maschine oder elektrische Gerätschaften...)
- ... ist nützlich; manchmal auch verknüpft mit der Vorstellung „tut etwas“, z.B. Medizin heilt.
- ... gebraucht Holz und Metall (elektrische Geräte können aus Metall sein; der Spielplatz) [möglicherweise entstand diese Idee im Zusammenhang mit der Einführung des National Curriculum]; manchmal verknüpft mit „Planen und Herstellen“.
- ... hat etwas zu tun mit planen/entwerfen, testen und herstellen oder mit der Herstellung durch den Menschen.
- ... sind alle geplanten, vom Menschen gemachten Dinge, die zu einem bestimmten Zweck produziert wurden (betrifft auch die Herstellung selbst).
- Ein paar andere Ideen waren:
 - man kann dort arbeiten,
 - Bauwerke
 - alles wofür man einen Plan braucht, um es herzustellen

Aufgrund der Studie wurde ein **Modell der Begriffsentwicklung von „Technik“** aufgestellt: Diese verläuft demnach in fünf Phasen

1. kein Modell
2. unentwickelte Vorstellungen – Vorstellungen/Gedanken, die versuchsweise erkundet werden, die sich aber wahrscheinlich nicht sofort festsetzen
3. eine einfache Erklärung – Diese Vorstellung wird gewöhnlich durchgängig vertreten/gehalten.
4. Multiple Erklärungen - Diese variieren in der Stärke der Überzeugung. Da es keine logischen Verbindungen zwischen den verschiedenen Vorstellungen gibt, werden sie oft inkonsequent angewandt.
5. Entwicklung einer generalisierten Vorstellung („concept“).

Bei der Überprüfung und Befragung der Lehrer wurden interessante Parallelen bei der Begriffsentwicklung festgestellt. Wie das Interview die Kinder veranlasste ihre Auffassung von „Technik“ zu durchdenken, so führte auch die Einführung des National Curriculum und die Befragung zur Änderung, Anpassung und Erweiterung des Begriffs bei den Lehrern. Sogar sie besaßen zum großen Teil nur multiple Erklärungen und nur wenige von ihnen eine allumfassende Definition.

Jarvis und Rennie vergleichen ihr Modell mit den Auffassungen von Vygotsky, Inhelder und Piaget in Bezug auf die Entwicklung der Fähigkeit von Kindern Objekte einer Anzahl einzelner Klassen zuzuordnen, sie nach Klassen zu sortieren („to sort objects into a number of discrete classes“).

Folgerungen für den Unterricht (es werden auch andere Autoren zitiert):

Es gibt mehrere Wege zur Begriffsentwicklung. Es ist günstig, mehrere Wege zu benutzen.

- Definitionen geben
- In verschiedenen gezielten Kontexten lernen, in denen die Begriffsbezeichnung auftaucht und Muster bzw. Beispiele dazu gegeben werden – Unwichtiges darf den Blick auf das Wesentliche nicht verstellen.
- Gespräche oder andere Aktivitäten, bei denen die Schüler über ihre Vorstellungen reflektieren, sich darüber klar werden, sie aussprechen, miteinander ihre verschiedenen Sichtweisen austauschen und andere assoziierte Begriffe davon abgrenzen.

Quelle: Jarvis, Tina & Rennie, Léonie J.: „Understanding technology: the development of a concept “. International Journal of Science Education, 1996, Vol. 18, No. 8, 977-992)

Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre

1. *Methode:* Nachdem man den SchülerInnen Materialien wie Drähte, Lämpchen, Batterien usw. zur Verfügung gestellt hat, lässt man sie Prognosen abgeben. Zusätzlich führt man Phänomene vor und fordert sie auf Erklärungen zu formulieren.

Thema: Stromkreisvorstellung

- Drei Viertel der SchülerInnen glauben, dass das Lämpchen leuchten würde, wenn die Batterie und das Lämpchen mit einem Kabel verbunden würden.
- Nach einem Versuchsaufbau, der demonstrierte, dass das Lämpchen nicht leuchtet, vermuteten die SchülerInnen die Ursache in defekten oder ungeeigneten Materialien (Batterie kaputt/defekt, Lämpchen kaputt, Kabel verstopft, Anschlussklemmen zu dünn ...).
- Den Versuchsaufbau einer funktionierenden Schaltung mit zwei Verbindungskabeln erklärten die SchülerInnen so, dass ein Kabel zu wenig Strom zum Lämpchen bringt und bei zwei Kabeln der Strom ausreicht, um das Lämpchen zum Leuchten zu bringen.
- Die SchülerInnen haben eine Zweizuführungsvorstellung entwickelt. Sie denken, dass von beiden Batterieklemmen aus durch beide Seiten des Kabels Elektrizität zum Lämpchen fließt.
- Die SchülerInnen, die bisher keine Stromkreisvorstellung geäußert hatten, erklärten auch nach den Versuchen mit einem und zwei Kabeln, das Leuchten des Lämpchens nicht mit einer Stromkreisvorstellung.
- Fast alle Kinder stellen sich vor, dass der Strom im Lämpchen ganz oder teilweise verbraucht oder verändert wird.

Diese Untersuchung zeigt, dass in dem Themenbereich Elektrizitätslehre ein offener, handlungsorientierter, selbstentdeckender (Gruppen)Unterricht mit anschließender offener Diskussion in der Klasse bei vielen SchülerInnen zu unerwünschten und stabilen unphysikalischen Ideen, anstatt zu physikalisch akzeptablen Vorstellungen führen kann.

Ein sorgfältig vorstrukturiertes Experimentiermaterial könnte solchen unerwünschten Begriffsentwicklungen vorbeugen.

2. *Methode:* Um zu untersuchen an welchen Stellen Barrieren im Verstehen auftreten, wurde eine Akzeptanzbefragung durchgeführt, die sich in sechs Schritte gliedert: 1. Mündliche Erklärung des Interviewers mit Erläuterungen und Beispielen. 2. Die SchülerInnen sollen die Erklärungen bewerten. 3. Die SchülerInnen sollen die Erklärungen

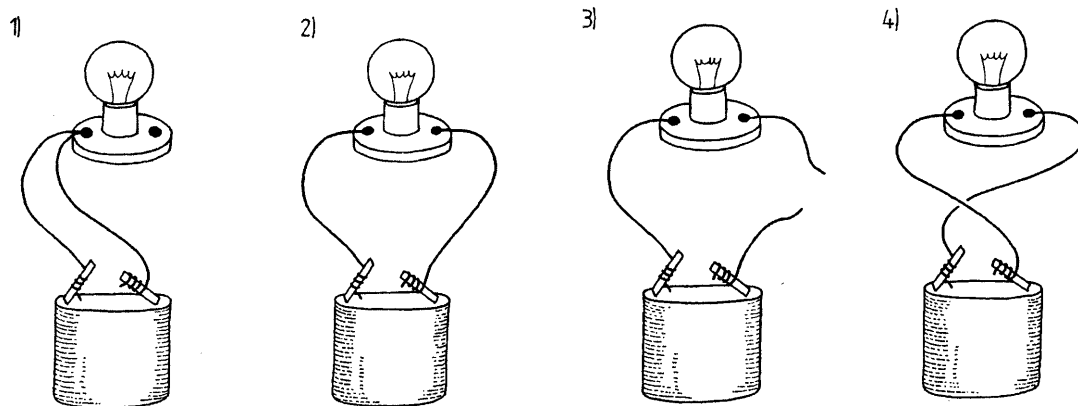
in eigenen Worten wiedergeben. 4. Die Erklärung soll auf ein konkretes Beispiel angewendet werden. 5. Diskussion und Bewertung von Teilkomplexen und Klärung von Missverständnissen und Lücken. 6. Anwendung auf ein neues, konkretes Beispiel.

Befragte Gruppe: Drittklässler

Themen: Stromkreisvorstellung, Stromstärke, Veranschaulichung mit Magneträdern

Anschluss eines Lämpchens an eine Batterie

Den SchülerInnen wird erklärt wie ein Lämpchen an eine Batterie angeschlossen sein muss, damit es leuchtet und ein Versuch dazu durchgeführt. Dann sollen die SchülerInnen anhand von vier Bildern sagen wann das Lämpchen leuchtet und wann nicht.



- Die Bilder 2 und 3 ergaben 100 % korrekte Antworten und Begründungen.
- Ein Drittel der SchülerInnen sagt bei Bild 1, dass das Lämpchen leuchtet. Einige davon korrigieren sich, nachdem sie sich noch einmal die Materialien angeschaut haben und begründen ihre Meinungsänderung damit, dass jeder seinen eigenen Anschluss haben muss.
- Bei Bild 4 erwarten 65 % der SchülerInnen, dass das Lämpchen leuchtet. Die anderen denken, dass es nicht leuchtet, weil bestimmte Seiten einander zugeordnet sind und begründen es damit, dass auch Batterien "richtig" in ein Gerät eingelegt werden müssen. Nach eigenem Ausprobieren verschwinden diese Vorstellungen.

Elektrische Stromstärke

Es wird eine andere, stärkere Batterie angeschlossen und den Kindern erklärt was passiert. Anschließend werden die SchülerInnen gefragt, ob sie denken, dass mehr Elektrizität durch das Lämpchen fließt, wenn es heller leuchtet. Dann sollen die Kinder mit eigenen Worten sagen, was ihnen erklärt wurde. Die beiden Batterien werden nacheinander anstelle an das Lämpchen an einen Motor angeschlossen und die Kinder gefragt, was sie beobachten.

- 92 der befragten SchülerInnen meinen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Elektrizitätsmenge und dem helleren Lämpchen gibt.
- Bei den eigenen Erklärungen werden Helligkeit (75 %), Elektrizitätsmenge/Stromstärke (71 %) und Batteriestärke (54 %) genannt. Den Zusammenhang zwischen Helligkeit und Elektrizitätsmenge beschreiben 46 %.
- Alle SchülerInnen stellen die richtige Beziehung zwischen Elektrizitätsmenge und Drehzahl des Motors her und können die Erkenntnis aus den vorherigen Versuchen auf diesen übertragen.

Stromkreisvorstellung

Es wird den Kindern erläutert, wie sich Wissenschaftler vorstellen, dass Elektrizität fließt und dabei einen Stromkreis bildet. Die SchülerInnen werden gefragt, ob ihnen diese Erklärung einleuchtet. Dann sollen sie sie in ihren eigenen Worten wiedergeben. Anstelle der Batterie kommt ein Motor zum Einsatz und die Kinder werden gefragt, wie hier die Elektrizität fließt.

- 78 % der SchülerInnen stimmen der Stromkreisvorstellung zu und bekräftigen, dass sie ihnen einleuchtet. Nur 7 % gehen nach dieser Erklärung noch von einer Verbrauchsvorstellung aus und lediglich 15 % gehen weiterhin von einer Zweizuführungsvorstellung aus.
- Alle SchülerInnen, die gefragt werden geben die Stromkreisflussvorstellung richtig wieder.
- Die Übertragung auf den Elektromotor gelingt 83 % der SchülerInnen und sie denken, dass der Strom auch hier im Kreis fließt. Die anderen 17 % gehen von einer Zweiführungsvorstellung aus.

Konstanz der Stromstärke im unverzweigten Stromkreis

Den Kindern wird erklärt, dass Wissenschaftler der Meinung sind, dass überall in einem einfachen Stromkreis gleich viel Elektrizität fließt. Die Kinder sollen wiederum diese Meinung bewerten und dann die Erklärung mit ihren eigenen Worten wiedergeben. Dann wird ihnen eine Reihenschaltung mit zwei Lämpchen gezeigt und sie sollen beantworten, ob durch das zweite Lämpchen genauso viel Elektrizität fließt wie durch das erste.

- 75 % der befragten SchülerInnen halten die angebotene physikalische Vorstellung, dass überall gleich viel Elektrizität fließt für akzeptabel. Einige wenige SchülerInnen denken auch nach dieser Erklärung, dass die Lampen etwas verbrauchen und daher hinter der Lampe weniger Elektrizität fließt.

- Fast alle SchülerInnen können in ihren eigenen Ausführungen die Information zur konstanten Stromstärke richtig wiedergeben.
- 62 % der befragten SchülerInnen wenden die Stromkreis- und Stromerhaltungsvorstellung sicher auf die Reihenschaltung an. Ein paar Kinder stellen sich vor, dass in der Batterie mehr Elektrizität fließt als in den Lämpchen und den Kabeln, da sie die Batterie als eine Art Elektrizitätsspeicher verstehen. Einige andere Kinder äußern Verbrauchsvorstellungen kombiniert mit der Vorstellung, dass sich die Lämpchen die Elektrizität teilen. Ein Schüler argumentiert mit einer Zweizuführungsvorstellung, um zu begründen, dass beide Lämpchen gleich viel Elektrizität haben, aber im Kabel zwischen den Lämpchen weniger Elektrizität fließt.

Weitere Argumente und Demonstrationen: magnetische Wirkung

In den Stromkreis wird eine Kompassnadel an ein Kabel gestellt und das Kabel mit einer Batterie verbunden, so dass das Lämpchen leuchtet und die Kompassnadel sich etwas dreht. Beim Anschließen einer stärkeren Batterie, leuchtet das Lämpchen heller und die Kompassnadel dreht sich mehr. Als nächstes wird vor und hinter das Lämpchen eine Kompassnadel gestellt, die beide in die gleiche Richtung ausschlagen. Die Kinder werden gefragt, ob sie sich nun besser vorstellen können, dass überall gleich viel Elektrizität fließt und dass die Elektrizität im Kreis fließt. Zum Abschluss wird den Kindern eine Reihenschaltung mit drei Lämpchen gezeigt und sie sollen sagen, ob alle Lämpchen leuchten und wie hier die Elektrizität fließt.

- Nahezu alle Schüler empfinden die Argumentation mit Hilfe der magnetischen Wirkung auf Magnetnadeln als verständlich und überzeugend.
- 92 % der SchülerInnen entwickeln für die Reihenschaltung mit drei Lämpchen eine physikalisch akzeptable Vorstellung des Elektrizitätsflusses und 84 % geben spontan an, dass die Stromstärke überall gleich groß ist und die Lämpchen alle gleich hell leuchten.

Die Akzeptanzbefragung bestätigte, dass es für Grundschüler schwierig ist, die Stromkreisvorstellung und die Erhaltung der Elektrizität zu akzeptieren. Die Verbindung von Stromstärke bzw. hindurchfließender Elektrizitätsmenge mit der beobachtbaren Intensität von Vorgängen wie das Leuchten eines Lämpchens, Drehzahl eines E-Motors oder Ablenkung einer Magnetnadel war für alle SchülerInnen nachvollziehbar und diente als Grundlage für weiterführende Argumentationsketten.

Quelle: Wiesner, Hartmut: Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 23 (1995) Nr.2, S. 50 – 58

Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht

Methode: teilstrukturierte Einzelinterviews (mit Demonstrationen zum Stromkreis, bzw. zu Parallel- und Reihenschaltung), und in Kombination mit der Durchsicht von Sachunterrichtsheften erfolgte auf dieser Grundlage die Planung einer an die Schülervorstellungen angepassten Unterrichtseinheit.

Untersuchte Gruppe: Jeweils eine dritte Klasse zweier Frankfurter Schulen – erste Untersuchung von Schülervorstellungen bei 24 Kindern, zweite bei 13 Schülerinnen und Schülern.

Teilergebnisse Durchsicht Schulbücher:

- kognitive Aspekte werden in den Schulbüchern bevorzugt
- Fehlkonzepte werden z.B. durch die Wortwahl in den Büchern nahe gelegt
- keine akzeptable Propädeutik

Schülervorstellungen, die abgebaut werden sollten:

- Verbrauchsvorstellung völliges Verschwinden der Substanz Strom
 Umwandlung des Stroms in seiner Eigenschaft durch
 E-Gerät
 Strom muss als Substanz/ bzw. Ladung hergestellt
 werden, wird „verschickt“ und dann verbraucht
- Kurzschluss (i. d. schematischen Darstellung) als geometrisch kürzerer Weg für den elektrischen Strom [und nicht als Verbindung der beiden Batterieanschlüsse ohne dazwischen liegendes Gerät]
- Konstanz der elektrischen Stromstärke für eine bestimmte Batterie unabhängig von den angeschlossenen Geräten => Stromstärke als Eigenschaft der Batterie

Schülerantworten aus der ersten Befragung

- **Vorstellung „Strom“**
 - Strom ist gefährlich (6)

- Benennung von Anschlussteilen (7)
- Wirkung elektrischen Stroms (4)
- Analogie zu Luft/Gas „Kann man nicht sehen.“ „Ist überall.“
- Analogie zu Metall „Wie Metall, lang und dünn.“ „Stoßen in der Lampe zusammen und da leuchtet es.“
- Funken, die im Draht entlang laufen.
- Form von Licht, die man nicht sehen kann.
- Ist dem Wasser entzogen.
- „wird durch den Draht durchgepresst“

- **Vorstellung „Stromquelle“ (Batterie)**

- In der Batterie ist die Substanz Strom gespeichert „Strom kommt heraus.“ „Strom ist darin gelagert.“ „... kann leergehen“ „... hat viel Strom drin“ „... gibt Strom, wenn angeschlossen“ „...kann wieder aufgeladen werden.“
- Angabe von Bezugsobjekten (Batterie, Steckdose, Aufbau einer Batterie)
- „Wenn man viele Batterien hat, hat man eine Batteriequelle.“
- „In der Batterie, da sind kleine Männchen drin, die sorgen dafür, dass Strom fließt und das Lämpchen leuchtet.“

- **Zuführungsvorstellungen**

- ein Birnchen leuchtet nach Anschluss an *ein* Kabel (18)
Erklärungsmuster für Nicht-funktionieren:

- Batterie verbraucht/ kaputt	- ein Kabel ist zu wenig
- Lämpchen kaputt	- falscher Verwendungszweck (z.B. Kabel ist für Kassettenrekorder)
- Kabel verstopft	
- Anschlussklemmen sind unterschiedlich lang	- vielleicht muss man noch abwarten
- Stecker und Birnchen sind leer	- Lämpchen nicht fest genug ans Kabel gedrückt

Nach Demo Stromkreis folgende Vorstellungen:

- durch ein Kabel kommt zu wenig Strom zum Birnchen
- das Kabel ist zu dünn
- durch das zweite kriegt das Birnchen noch ein bisschen Strom, und dann reicht es
- durch beide Kabel fließt gleicher Strom mit gleicher Richtung

- **Strom eine natürliche oder künstlich hergestellte Substanz?** (In der Fragestellung Verknüpfung mit den Stichworten Plastik, Wasserkraftwerk, das Wasser aus See oder Fluss entnimmt.)

- Strom wird aus Wasser hergestellt, ihm entzogen oder als Gemisch von Wasser und irgendeinem „Zeug“ hergestellt (7)
 - Strom ist etwas künstlich hergestelltes (6) „Da ist jemand, der hat Strom erfunden, und die haben es dann auf die Kabel verteilt.“
 - Im Kraftwerk wird Strom aus gelieferten Batterien „rausgemacht“.
 - Kommt von/ aus der Erde. (2)
- Begründung der **unterschiedlichen Helligkeit eines Birnchens** nach Anschluss an 1,5 V / 4,5 V Batterie
 - Flachbatterie enthält mehr Strom (16)
 - „passt mehr rein“ (12)
 - „hat mehr Kraft“
 - unterschiedliche Arten des Anschlusses bei Rund- und Flachbatterie Ursache (7)
 - Batterien unterschiedlich stark verbraucht (5)
 - Verwendungszweck spielt eine Rolle („runde Batterie ist für den Kassettenrekorder, nicht fürs Lämpchen“)
- => kein Vorbegriff von Spannung
- **Vermutungen zur Parallelschaltung** zweier Lämpchen (16 Antworten berücksichtigt)
 - beide leuchten (12)
 - gleich hell (3) aber Batterie wird schneller leer, weil beide an die gleiche angeschlossen sind
 - beide leuchten so hell wie das einzelne (2)
 - beide leuchten ungleich hell (2) unsymmetrischer Anschluss durch Batterieklemme als Ursache (1)
 - beide leuchten dunkler als das einzelne (8) *nach Demo folgende Erklärung* Ursache in der Nutzung von 4 Krokodilklemmen (1)
 - Batterie ist in der Mitte geteilt in zwei unabhängige Hälften, die je ein Birnchen versorgen (1)
 - nur eins von beiden leuchtet (1) „Der Strom geht entweder zu diesem oder diesem, es kommt immer gleich viel aus der Batterie heraus.“
 - Beide leuchten nicht (3)
 - **Vermutungen zur Reihenschaltung**
 - beide leuchten (11)
 - genauso hell wie eins (3)

- beide dunkler (5) „Beide zusammen genau so hell wie das einzelne.“
„Beide brauchen gleich viel.“ „Es kommt immer gleich viel Strom aus der Batterie.“
- eins leuchtet heller weil Strom von Minuspol zu Pluspol fließt, das mit Minuspol verbundene Birnchen leuchtet heller (2)
- nur ein Lämpchen leuchtet (1)

Erklärungen nach Demo:

- Der Strom von der Seite des zweiten Birnchens ist kleiner geworden (6)
 - Birnchen sind nur mit einem Kabel angeschlossen (2)
 - Weniger Kabel als in der Parallelschaltung (3) “nur drei“ „nur zwei zapfen Strom ab“
 - unsymmetrische Batterielaschen sind Ursache
 - Strom muss sich aufteilen
- **Vorstellungen „elektrischer Stromkreis“**
 - Strom fließt im Kreis herum (3) (Bedingung: Anordnung kreisförmig (1))
 - Kreis aus Strom, der in einer Fabrik hergestellt wird (3)
 - Antrieb im E-Werk
 - **Vorstellungen „elektrische Spannung“**
 - gespannte Hoch(spannungs)leitungen (6) (Änderung der Leitungsspannung hervorgerufen durch thermisch verursachte Längenänderung (1))
 - **Unterschiede der 1,5 V und 4,5 V Batterien**
 - u.a. unterschiedliche Strommenge (15) wegen unterschiedlicher Volumina der Batterien
 - 4,5 V ist stärker (unklare Bedeutung) (5)

Schülerantworten aus der zweiten Befragung (13 Interviews), gleichzeitig mit Erprobung der Unterrichtseinheit

- **Vermutungen zum Anschluss eines Birnchens an eine Batterie mit einem Kabel**
 - Birnchen leuchtet (8) (Zusatzbedingungen an die Funktionstüchtigkeit der eingesetzten Mittel (3))
 - Birnchen leuchtet nicht (5)
 - durch ein Kabel kommt zu wenig hin (3)

- 2 Kinder haben Vorerfahrungen, allerdings instabile

Stromkreisvorstellungen, die durch Zweizuführungsvorstellung ersetzt wurden

[Vier Kinder wurden aufgefordert eine Schaltung zu bauen, bei der das Birnchen leuchtet
zwei Kinder beachteten die Batterie nicht und verbanden die Anschlussbuchsen des
Birnchens miteinander.]

- Zweizuführungsvorstellung (11)
- gleiche Substanz kommt aus beiden Batterielaschen (8) (es kommt nicht die gleiche Menge aus beiden Laschen (2))
- Zwei-Substanzen-Vorstellung (3)
- Verbrauchsvorstellung (Strom wird teilweise oder ganz verbraucht) (7)
- Veränderungsvorstellung (5)
- Strom fließt unverändert durch das Birnchen
- Strom bleibt unverändert im Birnchen

- **Konstanz der Stromstärke**

- längerer Lebensdauer der Batterie ist verbunden mit der größeren Menge gespeicherten Stroms (10)
- „mehr Volt drin“, wenn eine Batterie länger „hält“ (1)
- Jede Batterie enthält die gleiche Menge Stroms – Ungleichheit ist begründet in vorheriger Entnahme von Strom (2)
- Birnchen leuchtet bei jeweiligem Anschluss an beide Batterien gleich hell (6)
- „Je-desto-Beziehung“ zwischen Helligkeit und zu/durchfließendem Strom (4)

- **Vermutungen zur Parallelschaltung**

- beide Birnchen leuchten gleich hell (9)
- dunkler als zuvor (6) Konstanz des Stromflusses
- beide leuchten ungleich hell (4)
- unterschiedliche Zeitpunkte des Zuschaltens (Strom kommt später an)

Erklärungen nach Demo:

- Zusammenhang „Helligkeit – zugeführter Strom ist verdoppelt“ wird von (1) erkannt
- Anzahl der Kabel ist Ursache für erhöhte Strommenge, die aus der Batterie kommt (3)

- **Vermutungen zur Reihenschaltung**

- beide Birnchen leuchten nicht (3)
- zweites Birnchen leuchtet nicht (1)
- beide Birnchen leuchten gleich hell, wie das einzelne (6)

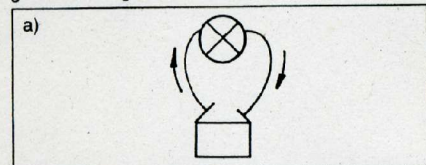
- Birnchen leuchten dunkler, bzw. unterschiedlich hell (3)

Erklärungen nach Demo:

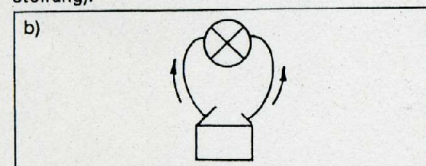
- „Nicht jedes Birnchen hat zwei Kabel für sich.“ (3) Gäbe es ein viertes Kabel: gleiche Helligkeit wie vorher. „Weniger Kabel als bei Parallelschaltung“
- Zufluss von der einen Seite wird durch das andere Birnchen behindert (Zweizuflussvorstellung) (4)
- Aus der Batterielasche kommt immer gleich viel heraus (2)

Die vier wichtigsten Vorstellungen zum Stromkreis

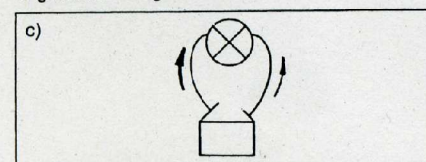
Die Interviews hatten gezeigt, daß die Stromkreisvorstellung kaum vorhanden ist. Die folgenden vier Vorstellungen dürften nach den Interviewergebnissen die wichtigsten sein, die nach der Erfahrung mit dem funktionierenden Zweieranschluß bei den Schülern zur Deutung entstehen, wobei die Zweizuführungsvorstellungen eindeutig dominieren:



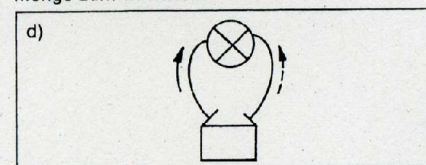
Es fließt durch das Birnchen wieder etwas (oder weniger — bei Verbrauchsvorstellung) zurück zur Batterie (die Qualität der Substanz kann dabei verändert worden sein — Verbrauchsvorstellung).



Aus beiden Laschen fließt die gleiche Substanz in gleicher Menge zum Birnchen.



Die gleiche Substanz fließt in unterschiedlicher Menge zum Birnchen.



Aus beiden Laschen fließt eine unterschiedliche Substanz zum Birnchen.

Quelle:

Stork, Elke / Wiesner, Hartmut (1981):
Schülvorstellungen zur Elektrizitätslehre
und Sachunterricht. Bericht über einen
Versuch zur Integration von fachdidaktischer
Forschung und schulpraktischer Ausbildung
an der Universität.

In: Sachunterricht und Mathematik in der
Primarstufe 9, 1981 (S. 218-230)

Unterrichtseinheit „Der elektrischen Stromkreis“ in einem dritten Schuljahr mit der Aufgabe ein Lämpchen mittels Batterie und Kabel zum Leuchten zu bringen.

Methode: Aussagen wurden im Gespräch über die Lösungen gewonnen.

Strom:

- Im Draht (oder: in der Batterie) ist Strom drin;
- Ein Draht, der an einer Batterie angeschlossen ist, steht unter Strom.
- Wird eine Lampe angeschlossen, so empfängt sie Strom.
- Der Fernseher braucht Strom
- Der Strom geht durch das Kabel
- Wird eine Leitung unterbrochen, dann kommt der Strom nicht zur Lampe
- Die Batterie ist leer.

Strom im Glühlämpchen:

- Der Strom fließt an das dünne Kabel und dann leuchtet es.
- Die Verbindung vom Kontaktplättchen endet am Glühdraht und der Strom geht in den Glühdraht
- Das Gewinde muss auch Strom empfangen und das führt zum anderen Glühdraht.

Interpretation Autor:

- Der Strom **kommt** von der Batterie und **geht** zur Lampe und **zeigt dort** seine **(typische) Wirkung** im Leuchten der Lampe.
- Der Strom fließt durch beide Drähte zur Lampe und wird dort, durch die **Umwandlung** in Licht, **verbraucht** die Batterie ist irgendwann leer.

Der Autor verweist darauf, dass die Schüler hier wie bei anderen Erfahrungen des Alltags auch handeln „etwas in einer bestimmten, richtigen Art und Weise tun, um einen Zweck zu erreichen“ hier: damit das Glühbirnchen leuchtet. Die Aufgabe kann bearbeitet werden, ohne dass das lebensweltlich geprägte Begriffsverständnis hinterfragt werden oder die physikalischen Grundlagen verstanden worden sind. Physikalische Begriffe werden durch Unterricht in dieser Art nicht erworben.

Quelle: Löffler, G.: Schüleräußerungen und Fachaspekte im Sachunterricht. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 1984 (1985) S. 239-241

Schülervorstellungen zum Schall

Methoden: Einzelbefragungen zu Versuchen, die von Schülern selbst durchgeführt wurden. Spontan geäußertes Wissen bzw. Erklärungen zum Thema Schall.

Befragte Gruppe: Zweit- Dritt- und Viertklässler

Themen: Schallerzeugung, Schallausbreitung, Schallempfänger, Wechselwirkung von Schall mit Oberflächen, Common-Sense-Wissen und dessen physikalische Interpretation, Lärm- und Lärmschutz, Ultraschall

Schallerzeugung

Kindern der Primarstufe ist in der Regel nicht bewusst, dass Töne oder Geräusche eine sich bewegende Schallquelle als Ursache haben. Das liegt vermutlich daran, dass die Schwingungsbewegung oft nicht gut sichtbar ist. Sie fassen den Schall als unmittelbare Folge einer Tätigkeit (z.B. auf Gegenstände schlagen, rufen, brüllen) auf.

Für die Kinder ist Schall ein Teil der Schallquelle.

Eine Erklärung für Schallentstehung ist die physikalische Eigenschaft des Gegenstandes (Spannung des Paukenfells).

Kinder können die sichtbare oder fühlbare Bewegung einer Schallquelle als Ursache der Tonentstehung erfassen. Sie können einen Zusammenhang zwischen der sichtbaren Bewegung und dem entstehenden Ton herstellen.

Kindern fällt es schwer, sich die Luft als schwingenden "Körper" vorzustellen. Die Schwingungsbewegung der Luft in einer Flöte ist weder zu sehen noch zu fühlen. Einige Kinder vermuten sogar, dass der Ton einer Flöte durch das Bewegen der Finger zustande kommt.

Schallausbreitung

Kindern ist in der Regel nicht bewusst, dass zur Schallübertragung ein Stoff als leitfähiges Medium notwendig ist. Wasser wird bei der Schallübertragung sogar als störend eingestuft.

Kinder fassen Luft in der Regel noch nicht als etwas Stoffliches auf. Für sie hat Luft demnach auch keinen Einfluss auf das Hören. Luft dämpft den Schall eher.

Kinder wissen in der Regel nicht, dass die Schwingungen einer Schallquelle weitergeleitet werden, indem die Bewegung von einem stofflichen Medium aufgenommen, weitergeleitet und übertragen wird. Kinder denken, dass Schall wie ein Gegenstand, etwa ein Ball durch die Luft fliegt. Die meisten Kinder glauben auch, dass der Ton irgendwie durch die Luft zum Ohr geht.

Im Ausbreitungsweg darf sich kein Gegenstand befinden.

Einige Kinder glauben, dass Schall zur Ausbreitung Zeit braucht, andere denken, dass er sich sofort ausbreitet.

Einige Kinder kennen das Phänomen, dass Blitz und Donner aufgrund ihrer unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit in zeitlichem Abstand aufeinander folgen. Sie wissen, dass man durch das Zählen der Sekunden ermitteln kann, wie weit das Gewitter entfernt ist.

Schallempfänger

Das Ohr ist notwendig für das Hören.

Das Ohr ist aktiv, indem es "lauscht" und "hinhört."

Der Schall muss das Ohr nicht erreichen.

Wechselwirkung von Schall mit Oberflächen

- Abdeckungen dämpfen den Schall; Schall geht wegen der "Löcher" (Körperöffnungen) durch den Körper hindurch.

Common-Sense-Wissen und dessen physikalische Interpretation

Kinder wissen wie sie laute und leise Töne erzeugen können. Die physikalische Interpretation dieses Alltagswissens können sie aber nicht leisten. Noch schwieriger ist es für Grundschul Kinder die Entstehung von hohen und tiefen Tönen zu untersuchen.

Hohe und tiefe Töne werden nicht richtig zugeordnet (Lagebezeichnung).

Lärm- und Lärmschutz

Für eine Behandlung des Themas Lärm und Lärmschutz im Unterricht sind Kinder erst ab der 3. Klasse aufgeschlossen.

Ultraschall

Der Begriff Ultraschall ist den Kindern bekannter als der Begriff Schall. Sie kennen den Ultraschall aus der Medizin und wissen von Tieren, die Ultraschall hören können.

Methode: Akzeptanzbefragung zum Thema Schall – Nach Erläuterung der physikalischen Sicht wird untersucht, ob die Kinder die Erklärungen verstanden haben, sie wiedergeben können, wo Widerstände aufgetaucht sind und welche zusätzlichen Informationen für ein Verständnis bzw. eine Akzeptanz notwendig sind. Des Weiteren soll ein Transfer zu einem anderen Beispiel hergestellt werden.

Befragte Gruppe: Drittklässler

Thema: Schallentstehung, ausbreitung und – wahrnehmung – Es wird mittels eines Gegenstands (Lineal oder Gummiband) erklärt, dass Luft durch schnelles Bewegen der

Gegenstände zusammengedrückt (komprimiert) und auseinander gezogen (expandiert) wird und dadurch in Schwingung gerät. Die Schwingungen breiten sich schnell in Form von Schallwellen aus und treffen in unserem Ohr auf eine dünne Haut (das Trommelfell), die ebenfalls hin- und her schwingt und zu einem Höreindruck führt.

Ergebnisse der Akzeptanzbefragung

Die Kinder erstaunte vor allem das Komprimieren und Expandieren der Luft, und dass dieser Vorgang nicht zu sehen ist.

Sie halten das für sehr kompliziert und fragen, ob es nicht ein Gerät gibt mit dem man die Bewegung der Luft sichtbar machen kann.

Paraphrasierung

- Ungefähr die Hälfte der Kinder kann die zuvor gehörte Erklärung weitgehend vollständig und richtig in eigenen Worten wiedergeben.
- Bei den anderen wurden Informationen weggelassen, anders interpretiert oder neue hinzugefügt.

Magnetrollenmodell - Anwendungsaufgaben

- Das Magnetrollenmodell trug wesentlich zum Verständnis und zur Akzeptanz der Schallausbreitung in Luft bei. Die Kinder fanden es besonders interessant und es hat ihnen am besten gefallen.
- Die Bedeutung des Magnetrollenmodells ist auch darin zu sehen, dass fast allen Kindern ein Transfer auf das hüpfende Blatt an der Papiertrommel gelungen ist.
- Mittels der Schallerzeugung- und wahrnehmung bei einer schwingenden Stricknadel wurde das Verständnis erneut überprüft und bis auf zwei Kinder konnten alle mit eigenen Worten erklären, wie durch das Bewegen der Stricknadel ein Ton erzeugt wird.

Quellen:

Kirchner, Ernst / Engel, Christiane: Schülervorstellungen über Schall In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 22 (1994) Nr.2, S. 53 – 57

Rudolf, Simone / Wiesner, Hartmut: Können Kinder grundlegende Phänomene zum Schall verstehen? In: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 2000 (2001) S. 159-161

Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomenbereich Schall

Methode: Interviews in Form von weitgehend offenen Gesprächen, die sich an vier vorgegebenen Experimenten entlang entwickelten. Die Experimente wurden vorgeführt, anschließend durften die Kinder selbst experimentieren. Dauer 20-25 Minuten.

Befragte Gruppe: 22 Schüler der Klassen 1-4 einer Schule in einer westfälischen Stadt mittlerer Größe

Themen:

1. Verbindung zwischen sicht- und fühlbaren Schwingungen und hörbarem Ton herstellen, inwieweit kann ein Zusammenhang hergestellt werden zwischen Tonhöhe und Länge einer schwingenden Nadel?
2. Zusammenhang Schwingung und Ton, Veränderung der Tonhöhe zum Spielen einer Melodie
3. Interne Konzepte zu gehörten Tönen, Vorstellung zur Schallausbreitung

Ergebnisse, Thesen, Deutungen

1. Kinder der Primarstufe haben große Freude bei der praktischen Beschäftigung mit akustischen Phänomenen, können sich sehr in eine Sache vertiefen und besitzen eine große Ausdauer, wenn sie selber tätig werden.
2. Kinder der Primarstufe bringen ausgeprägtes implizites und explizites Vorwissen über akustische Phänomene mit.
 - Kinder der Klasse 1 und 2 bringen Vorwissen in Versuche ein, indem sie bestätigen, sie schon einmal gesehen zu haben
 - Kinder ab Klasse 3 können aus Versuchen Parallelen und Differenzen zu anderen bekannten Dingen herausfinden.
3. Kinder in der Grundschule sind in der Lage, ihre Gedanken zu Naturphänomenen sehr präzise in Worte zu fassen. Sie haben dezidierte Vorstellungen zu Schallentstehung und –ausbreitung. Sie können ihre internen Vorstellungen und mentalen Modelle angemessen verbal und bildlich zum Ausdruck bringen.
 - Kinder besitzen Erfahrungen mit der Erzeugung lauter und leiser Töne „von viel kommt viel“ – Lautstärke ist verknüpft mit Intensität der Tonerzeugung durch Schlag oder Stoß (internes Kraftkonzept), daher Probleme mit der Schallverstärkung durch Klangkörper oder der Verbesserung der Schallabstrahlung

- Beschreibung der mit den Sinnen wahrgenommenen Qualität „Tonhöhe“ problematisch
4. Erkenntnis, Schwingung als Ursache von Schall wird nicht selbstständig generiert.
- Töne werden durch Tun erzeugt (Anschlagen, Zupfen), der Ton ist danach „einfach da“
 - Der beobachtbaren, einigen Kindern bewusst gewordenen Koinzidenz von Schwingung und Ton wird keine Bedeutung beigemessen – Schwingung als „Epiphänomen“
 - Phänomen Dämpfung (manuell): Ausbreitung des Tons wird durch Dämpfung behindert, bzw. der Ton geht dadurch zurück in die „Tonquelle“
 - Durch freie Lagerung eines Klangkörpers „kann der Ton besser heraus“ (Schwingung spielt keine Rolle)
5. Töne verhalten sich wie (unsichtbare) materielle Objekte – sie sind mit einer internen Aktivität ausgestattet.
- Für jüngere Kinder besitzen Töne anthropomorphe Eigenschaften: „Wenn wir / mit dem Klangstab/ spielen, dann denkt er /der Ton/, wir hören ihm zu und er kommt zu uns.“
 - Materielles Modell des akustischen Objekts Ton: „Der Ton fliegt.“ „Das geht mit der Luft.“ Töne fliegen wie geworfene materielle Teilchen durch die Luft und gelangen dabei auch zum Hörer. Unsichtbarkeit kann damit vereinbart werden: „Unsichtbar wie Luft.“
 - Bei älteren Kindern (Klasse 4) vereinzelt: Teilchenstromvorstellung aber keine Vorstellung etwas kontinuierlich Strömendem
 - Verstärkungswirkung eines nach einer Seite offenen Resonanzkastens – die Töne werden von der Öffnung gebündelt, sie kommen von der Holzplatte nicht so gut weg.
 - Laute Töne sind auch in der Entfernung noch gut zu hören, weil die Teilchen wie bei einem Ballwurf mehr Schwung bekommen haben.
 - Die Notwendigkeit eines Mediums wird nicht gesehen – Luft ist nichts. Massive materielle Medien (hier Holz), scheinen daher für die Ausbreitung eines Tons hinderlich.
6. Modelle zur allseitigen Schallausbreitung existieren frühestens ab Klasse 4
- Kinder haben bereits ein nachrichtentechnisches Konzept vom Hören: Quelle, Übertragungsstrecke und Empfänger (Ohr). Aktivität liegt nicht im Hörer, sondern im Ton.
 - Ein Ton geht von einem Punkt aus, breitet sich im ganzen Raum aus – Konzept der Ausbreitung ist nicht ein gradlinig Strahlenförmiges, sondern Diffundier- oder

Vagabundierkonzept (z.B. zirkulär geschlossene Ausbreitung, Funken- oder Partikelschwarmmodell erst ab Klasse 4).

Quelle: Wulf, Patrick / Euler, Manfred: Ein Ton fliegt durch die Luft. Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomenbereich Schall. In: Physik in der Schule 33/1995 7-9, 254-260

Schülervorstellungen zum Magnetismus

Methode: Klinisches Interview nach Piaget

Befragte Gruppe: Jahrgangsstufen 2 bis 4

Themen: Anziehung und Abstoßung magnetisierbarer Stoffe, Material magnetisierbarer Stoffe, Dipolcharakter von Magneten, Magnetisierbarkeit und die Reichweite und Durchdringung der magnetischen Kraft

Bei der Erprobung eines Magneteisensteins mit Eisenfeilspänen erkannten nur wenige Kinder den Stein als Magneten. Die Eisenfeilspäne nannten sie "Streusel", die "kleben" oder "hängen" bleiben.

Bei einem Versuch mit einem Magneteisenstein und Stecknadeln sprachen die Kinder dem Stein eine anziehende Kraft zu. Einige Kinder folgerten daraus, dass der Stein ein Magnet sein müsste. Vermutlich wissen diese Kinder, dass die Nadeln aus Eisen¹ waren und ein Magnet Eisen anzieht.

Viele Kinder konnten sagen welche Materialien angezogen werden und welche nicht. Sie haben ein Gespür für die Magnetisierbarkeit von Stoffen. Zu Fehlern kam es bei Stoffen, die Eisen in ihrem äußeren Erscheinungsbild ähnelten, aber nicht magnetisierbar waren.

Nur wenige Kinder konnten die Muster der Eisenfeilspäne um den Magneteisenstein mit einem Magneten in Verbindung bringen, da sie den Stein nicht als Magneten erkannten.

Fast die Hälfte der Kinder ist der Ansicht, dass die Kraft des Magneten "immer" anhält. Kinder zwischen acht bis zehn Jahren äußern die richtige Vorstellung, dass die magnetische Kraft mit der Entfernung abnimmt. Die magnetische Kraft nimmt ihrer Meinung nach aber nicht kontinuierlich ab, sondern sie glauben, dass sie abrupt aufhört zu wirken.

Nur wenige Kinder gingen von einer "Fernwirkungstheorie" aus und glauben, dass die Kraft des Magneten bis zum untersten Nagel reicht. Der Großteil der Kinder erklärte die Magnetisierung der Nägel im zweiten Versuch mit einer "Nahwirkungstheorie". Die Kinder stellten sich vor, dass die Kraft des Magneten von Nagel zu Nagel weitergegeben wird und jeder Nagel selber zu einem kleinen Magneten wird. Nimmt man zwei hängende Nägel von der Kette ab, erkannten viele Kinder, dass die Nägel nur für kurze Zeit die Anziehungskraft "in sich" haben. Die Kraft hört auf wenn der

¹ Einige Kinder sagten, dass die Nadeln aus Metall sind. Eine begriffliche Differenzierung können die meistens noch nicht leisten, da im alltäglichen Sprachgebrauch Begriffe wie Eisen, Metall, Stahl nicht trennscharf benutzt werden.

unterste Nagel abfällt. Die meisten Kinder wissen auch, dass der Magnet durch seine Anziehung keine Kraft "verliert".

Die meisten Kinder können sich vorstellen, dass der Magnet durch Stoffe hindurchwirkt.² Sie erklärten das damit, dass "der Magnet so viel Kraft hat" und dass "die Schüssel so dünn ist".

Das Phänomen der Abstoßung gleichnamiger Pole ist für Kinder schwer nachvollziehbar. Sie stellen sich vor, dass "zwei gleiche Pole oder verschiedene Magnete nicht aneinander gehen", sie sind "wie Feinde" oder, dass es "nur an einer bestimmten Seite" geht. Einige glaubten auch, dass es mit der "Kraft" zusammenhängt.

Im Vergleich zu früheren Untersuchungen haben die Kinder ein besseres physikalisch-technisches Vorwissen, auch über Magnetismus. Das hängt damit zusammen, dass sie aus ihrem Alltag her Magnete kennen und wissen wofür sie verwendet werden. Außerdem tragen Bücher und Medien zur Verbreitung naturwissenschaftlichen Wissens bei.

Quelle: Kircher, Ernst / Rohrer, Heike: Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 21 (1993) Nr.8, S. 336 – 342

² Es wurden nur Versuche mit Stoffen durchgeführt, die ein Magnetfeld ungehindert durchließen, um die Kinder nicht zu verwirren.

Schülervorstellungen zu Schatten und Licht

1. Methode: Interview

Befragte Gruppe: Zweitklässler

Themen: Orientierung des Schattens, Licht als strömende Entität

- 70 % der befragten Schüler konnten die Orientierung des Schattens (Kerze auf einer Geburtstagstorte und Taschenlampe hinter einer Streichholzschachtel) richtig vorhersagen. 23 % gaben an, dass der Schatten zur Lichtquelle hinläuft und 7 % vermuteten, dass der Schatten seitlich schräg fällt. Nach der Durchführung von einigen Versuchen konnten bis auf zwei Kinder alle Kinder die Lage des Schattens richtig voraussagen.
- Zu der Frage was passiert, wenn eine Taschenlampe eingeschaltet wird sagen 67 %, dass Licht Zeit braucht um von einem Punkt zu einem zweiten zu gelangen. Die anderen 33 % der Kinder denken, dass Licht nach Einschalten einer Lichtquelle sofort im gesamten Beleuchtungsbereich vorhanden ist.
- Die Frage, ob das Licht stehen bleibt, wurde von 42 % so beantwortet, dass das Licht von einer Lichtquelle immer weiter weg strömt. 48 % der befragten Kinder glauben, dass das Licht zwar wegströmt aber mit endlicher Reichweite.

2. Methode: Fragebogen

Befragte Gruppe: Zweit- Dritt- und Viertklässler

Themen: Existenz des Schattens, Orientierung des Schattens, Schattentstehung, die Frage, ob Schatten auch im Dunkeln existiert, Bewegung und Form von Erde und Mond und die Entstehung von Tag und Nacht.

	2. Klasse (47)	3. Klasse (51)	4. Klasse (45)
Schatten vorhanden	83 %	96 %	97,8 %
Kein Schatten	17 %	3,9 %	2,2 %

⇒ Ein großer Teil der Schüler der 2. Klasse erwartet wie schon im Interview einen Schatten und kann diesen auf einem Bild (Taschenlampe und Kegel) eintragen. Bei den Dritt- und Viertklässlern können dies nahezu alle Schüler.

	2. Klasse	3. Klasse	4. Klasse
Schattenorientierung richtig	38,3 %	78,4 %	82,2 %
Zur Lampe hin seitlich schräg	17,0 %	-	2,2 %
Keine Antwort	21,3 %	7,8 %	6,7 %
	23,4 %	13,7 %	8,9 %

⇒ Der Unterschied der Zweitklässler zu den Interviewergebnissen könnte damit erklärt werden, dass die Schüler im Interview mit realen Gegenständen operierten.

- Die Aussage, dass der Schatten der Bereich ist, in den kein Licht von der Taschenlampe kommt, bewerten 80 – 83 % der Zweit bis Viertklässler mit richtig – fast keine Unterschiede zwischen den Jahrgängen.
- Alle Schüler der drei Jahrgänge denken, dass ein Schatten bei einem Gegenstand entsteht, weil das Licht nicht durch den Gegenstand hindurchgehen kann, die Schüler sprachen von einer Lichtbehinderung.
- Ungefähr 30 – 40 % der Schüler der drei Jahrgänge erwarten, dass der Schatten eines Gegenstandes auch im Dunkeln da ist, man ihn nur nicht sieht.

	Richtig	Falsch
2. Klasse	36,2 %	55,3 %
3. Klasse	11,8 %	86,3 %
4. Klasse	8,9 %	88,9 %

⇒ Die Aussage, dass ein Schatten dadurch entsteht, dass so etwas wie "Rauch" aus dem Gegenstand herausströmt, beantworten die Kinder wie in der Tabelle – deutliche Unterschiede zwischen den 2. Klassen und den 3. und 4. Klassen.

- Über die Hälfte der Schüler geht davon aus, dass sich das Licht nur endlich weit ausbreitet – in Klassenstufe 2 sogar 70 % der Kinder. Das steht für die Kinder nicht im Widerspruch mit der Annahme, dass ein Beobachter die Taschenlampe sieht, obwohl das Licht der Taschenlampe nicht bis zum Beobachter reicht.
- Fast alle Schüler der drei Jahrgänge stellen sich vor, dass sich das Licht geradlinig ausbreitet.
- 68 % der Zweitklässler und nahezu alle Dritt – und Viertklässler sind sich sicher, dass die Erde eine Kugel ist.
- Mit ähnlichen prozentualen Verteilungen denken die Schüler, dass sich die Erde bewegt. Die anderen glauben, dass die Erde ruht.
- 34 % der Zweitklässler und um die 63 % der Dritt- und Viertklässler meinen, dass die Erde sich um sich selbst dreht. Die anderen Zweitklässler gaben keine Antwort. Die restlichen Dritt- und Viertklässler vermuten, dass sich die Erde um die Sonne dreht.

- Drei Viertel aller befragten Kinder begreifen den Halbmond so, dass die eine Hälfte des Mondes noch vorhanden ist, aber nicht mehr sichtbar ist. Die anderen Kinder meinen, dass beim Halbmond die nicht sichtbare Mondhälfte auch tatsächlich nicht mehr da ist.
- Für die Entstehung von Tag und Nacht ist eine Drehung der Erde um sich selbst verantwortlich meinen 21 % der Zweitklässler, 57 % der Drittklässler und 49 % der Viertklässler. Die Vorstellung, dass die Drehung der Sonne um die Erde oder umgekehrt damit zu tun hat, denken 13 % der Zweitklässler, 26 % der Drittklässler und 29 % der Viertklässler.

Quelle: Wiesner, Hartmut / Claus, Jürgen: Vorstellungen zu Schatten und Licht bei Schülern der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 13 (1985) Nr.9, S. 318 – 322

Schülervorstellungen zu Schatten und Licht

Methode: Phänomenografische Zugangsweise

Befragte Gruppe: 19 Kinder eines vierten Schuljahres

Thema: Farbige Schatten

Phänomenografie als Forschungszugang

Gegenstand phänomenografischer Untersuchungen zu Lernen sind Erlebensweisen, sowie deren zeitliche und überindividuelle Variation bezogen auf jeweilige Phänomene bzw. Lerngegenstände. Lernen wird als Veränderung von Erlebensweisen der lernenden Person verstanden. Das Erleben der Person verändert sich bei der Auseinandersetzung mit einem Erlebensgegenstand, indem eine immer größere Ausdifferenzierung von Aspekten des Gegenstands und deren Beziehungen zueinander erfolgt.

Ergebnisse phänomenografischer Untersuchungen sind Sätze von Beschreibungskategorien zu Lerngegenständen. Die Kategorien unterscheiden sich in ihrer Komplexivität und Inklusivität. Phänomenografische Untersuchungen befragen Äußerungen und Handlungen von Lernenden hinsichtlich ihrer referenziellen ("was?") und strukturellen ("wie?") Aspekte.

Es wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

Lernzielbezogene Fragestellungen

- Welche Rolle spielt Licht in den Erlebensweisen der Kinder von Schattenphänomenen?
- Welche Aspekte von Licht erleben die Kinder als relevant?

Erlebensbezogene Fragestellung

- Welche qualitativ unterscheidbaren Erlebensweisen lassen sich feststellen? An Hand welcher Aspekte und Beziehungen konstituieren die Kinder die Phänomene?

Versuchsaufbau

Den Kindern wurde eine Anordnung zur Verfügung gestellt, bei der ein auf einem Tisch stehender Becher von zwei Lampen angestrahlt wird, die schräg rechts und links hinter dem Becher angeordnet waren. Eine Lampe leuchtet rot, die andere grün. Der Becher wirft einen grünen und einen roten Schatten auf den Tisch. Die Schatten werden im Weiteren auch als Figuren bezeichnet.

Die folgenden phänomenografischen Kategorien beschreiben die Erlebensweisen der Kinder im Hinblick auf deren referenzielle ("was?") und strukturelle ("wie?") Aspekte zum Phänomen der farbigen Schatten.

Phänomenografische Kategorien zu farbigen Schatten:

1. Die Effekte auf dem Tisch resultieren aus fehlender, einfacher und zweifacher Beleuchtung (Beleuchtungsphänomen).
2. Die farbigen Figuren sind beleuchtete Schatten (Beleuchtete Schatten).
3. a) Die farbigen Figuren sind farbige Schatten (Farbige Schatten).
b) Die farbigen Figuren sind Lichtreflektionen (Lichtfiguren).

In der beschriebenen Erlebensweise in *Kategorie 1* spielen Lichtwege für Schatten eine große Rolle. Das Licht einer Lichtquelle erreicht bestimmte Orte auf einem Tisch und andere nicht. Schatten werden als "Lichtlücken" und nicht als Entitäten erlebt. Kinder, die die Effekte im Sinne auf mögliche und verhinderte Lichtwege erleben, können die von beiden Lichtquellen beleuchtete Umgebung der farbigen Figuren in ihre Überlegungen einbeziehen.

Kategorie 2 beschreibt, dass die farbigen Schatten nicht als Phänomene erlebt werden, die das Ganze betreffen, sondern als kombinierte Effekte zweier Einflüsse. Einerseits sind sie "normale" Schatten, andererseits werden sie mit einer farbigen Lichtquelle beleuchtet, was dem Schatten die sichtbare Farbe verleiht.

In den *Kategorien 3a und 3b* werden die zu erklärenden Figuren auf der Tischoberfläche als Einheiten begriffen. In Kategorie 3a werden die farbigen Schatten damit erklärt, dass weißleuchtende Lichtquellen dunkle und farbig leuchtende Lichtquellen farbige Schattenentitäten erzeugen. Bei Kategorie 3b werden die farbigen Figuren als Lichtreflexionen des Bechers erlebt.

Nur in der umfassendsten Erlebensweise wird Licht als eine Entität erlebt, die Wege zurücklegen und blockiert werden kann. In den anderen Erlebensweisen wird Licht lediglich als sichtbarer Beleuchtungseffekt, als Lichtquelle oder als Helligkeit angesehen.

Quelle: Murmann, Lydia / Schwedes, Hannelore: Lernprozesse zu Licht – Eine phänomenografische Analyse. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 2001 (2002) S. 168-170

Schülervorstellungen zu Schatten und Licht

Methode: Lehr-Lernsituationen mit 2-6 Kindern

Befragte Gruppe: Zweitklässler

Thema: Schatten

Forschungsfragen

- Welche Vorstellungen durchlaufen Kinder auf der Grundlage einer bestimmten Unterrichtseinheit zum Thema?
- Welche physikalischen Vorstellungen bereiten ihnen Schwierigkeiten, bzw. werden von ihnen nicht aufgegriffen?
- Was hilft ihnen, physikalische Konzepte zu Licht und Schatten zu entwickeln?

Exemplarische Vorstellungsentwicklung eines Schülers (8 Jahre)

- Das Kind geht davon aus, dass kleine Gegenstände kleine Schatten haben.
- Bei zwei Lampen entsteht ein größerer Schatten oder zwei Schatten vom selben Gegenstand. Nach Benennen dieses Widerspruchs, sagt das Kind, dass beides manchmal vorkommt. Er kommentiert außerdem: "wenn das Licht aus ist, ist der Schatten weg".
- Das Kind versuchte einen Gegenstand zu drehen mit der Absicht, dass sich auch der Schatten dreht. Er war verblüfft als sich der Schatten nicht drehte.

- Nachdem zwei Lampen, die schräg hinter einem Gegenstand angeschaltet worden waren, überlegte der Junge eine Weile und sagte dann: "Ah, ich weiß, immer von wo das Licht kommt, da ist dann auch der Schatten". Seitdem waren seine Vorhersagen zur Schattenrichtung, Erklärung vorhandener Schatten und Möglichkeiten den Schatten zu verändern an den Lichtquellen orientiert.
- "Der Schatten ist immer weit vom Licht weg", " der Schatten ist auf dem Boden, weil er da nicht durch kann", " das Licht drückt den Schatten gegen die Wand". Außerdem nahm der Junge den Schatten weder als Raum noch als Abwesenheit von Licht wahr.
- Der Junge bezeichnet Schatten als "schwarze Luft".

Fähigkeiten und Kenntnisse zu Beginn der Lehr-Lerngespräche

- Nur 2 von 15 Kindern konnten die Schattenrichtung eines einfachen Gegenstandes bei ausgeschalteter Lampe vorhersagen.
- Die Mehrzahl der Kinder beantwortete die Frage was man benötigt um Schatten zu erzeugen, mit Licht.
- Lediglich ein Kind erinnerte sich an einen Mehrfachschatten (Fußballstadion).
- Fast alle Kinder drehten die Gegenstände, um deren Schatten auf die andere Seite des Gegenstands zu bringen.

Beobachtete Lernentwicklung

- Nachdem sich die Kinder mit Licht und Schatten im Gespräch und in Experimenten auseinandergesetzt hatten, konnten sie richtige Vorhersagen bezüglich der Schattenrichtung treffen. Mehrfachschatten eines Gegenstandes erwiesen sich dabei als hilfreich.
- Während der Gespräche entdeckten einige Kinder, dass Schatten immer genau dort sind, wo das Licht einer Lichtquelle nicht hinkommt. Die Begründung für Schattenorte machte dieses Wissen deutlich.
- Eine Thematisierung der Dreidimensionalität von Schatten fiel den Kindern schwerer.
- Mehrere Kinder denken, dass bunte Pappen Licht "zurückschicken", nachdem sie deren buntes Streulicht auf einer weißen Leinwand gesehen hatten.

Quelle: Murmann, Lydia / Schwedes, Hannelore: Physiklernen im Sachunterricht – Vorstellungsentwicklung zum Thema Schatten und Licht. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 1998 (1999) S. 167-169

Vorstellungen von Grundschulern über Schattenphänomene

Methode: schriftliche Befragung zu 8 Items, wobei sich nur zwei von einer 1985 durchgeführten Befragung unterscheiden und daher die anderen aufgrund von Übereinstimmung mit Vorbefunden nicht in dieser Veröffentlichung thematisiert werden; mündliche Befragung von 20 Zweitklässlern

Untersuchte Gruppe:

schriftliche Befragung 131 Zweitklässler, 165 Drittklässler, 199 Viertklässler;
mündliche Befragung 20 leistungsstärkere Zweitklässler mit möglichst umfangreichem und aktivem Wortschatz aus drei Klassen

Thema: In welchem Umfang ist Kindern bewusst, dass auch Lichtquellen wie Taschenlampen bei einem Objekt einen Schatten hervorrufen [1]) und in welcher Orientierung stehen Lichtquelle, Gegenstand und Schatten zueinander [2])? Eine dritte Frage beschäftigte sich mit dem Wissen zu den Bewegungen von Sonne, Erde und Mond [3]).

1) Existiert ein Schatten? (Bild einer Taschenlampe, die einen Kegel anstrahlt)

Kategorien	Klassenstufe		
	2	3	4
Keine Antwort		0,6	0,5
Es gibt einen Schatten	90,6	93,3	94,0
Es gibt keinen Schatten	9,4	6,1	5,5

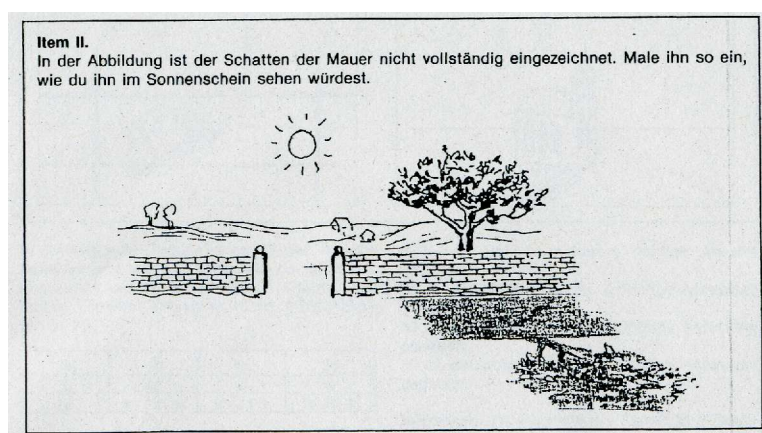
Möglicherweise gab es Missverständnisse aufgrund der Frageformulierung. Die mündliche Befragung derjenigen Zweitklässler, die „keinen Schatten“ angaben ergab, dass es nach ihrer Vorstellung für die Schattenentstehung sehr hell sein muss (Sonnenlicht).

1b) ... zeichne den Schatten ein (Schattenorientierung)

Kategorien	Klassenstufe		
	2	3	4

0 keine Antwort	17,6	11,5	2,5
1 korrekte Orientierung (bis 45° von richtiger Orientierung)	34,1	46,1	68,3
2 in Richtung zur Taschenlampe	10,6	4,8	2,5
3 seitlich schräg (Abweichung > ca. 45°)	14,1	10,9	7,5
4 Schatten getrennt vom Gegenstand (räumlich)	19,3	18,2	12,1
davon parallel	3,1	6,7	3,5
5 Sonstige (u. A. „nein“ bei 1)		3,6	6,0
6 Schatten um Gegenstand herum; Rückseite des Gegenstands schraffiert	1,2	4,8	1,0

2) Schatten einzeichnen in das folgende Bild



Kategorien	Klassenstufe		
	2	3	4
0 keine Antwort	-	5,6	1,9
1 Schattengrenzen physikalisch akzeptabel	52,4	52,4	63,2
2 rechte Seite korrekt (links fehlend)	9,5	7,3	9,7
3 links korrekt (rechts nichts ergänzt)	23,8	22,6	14,2
4 Sonstige: Rückseite Mauer schraffiert; Schatten der Posten korrekt; Schatten rechts begründet; Sonnenabbild in Türöffnung gezeichnet	14,3	10,5	8,3
5 Schattenraumaufweitung (Wenigstens eine der beiden Schattengrenzen deutlich nach außen geknickt)	-	1,6	2,6

Möglicherweise Missverständnisse bzgl. Aufgabenumfang bei Kategorie 2 und 3 (erkenntlich aus mündlicher Befragung). Auftreten der **Schattenraumaufweitung** nicht nennenswert.

3) Bewegung von Sonne, Erde und Mond (Schematische Darstellung in Zeichnungen)

Kategorien	Klassenstufe		
	2	3	4

a) Sonne, Erde und Mond bewegen sich auf einer Geraden, Erde in der Mitte, Sonne und Mond nähern und entfernen sich wechselweise	4,8	10,5	5,8
b) Sonne und Mond kreisen um die Erde (beide auf der selben Umlaufbahn)	71,4	29,8	21,9
c) Sonne und Mond stehen still, aber die Erde dreht sich um sich selbst	-	37,9	47,1
d) Der Mond kreist um die Erde und beide zusammen um die Sonne	33,3	26,6	29,0
e) Erde und Mond umkreisen die Sonne (beide auf der gleichen Umlaufbahn)	14,3	16,9	16,8

15 – 20% Mehrfachantworten; der hohe Anteil an d) bei den Zweitklässlern vermutlich auf Hilfen der LehrerInnen zurückzuführen.

Hoher Anteil an Nennungen auf c) in Klasse 3 und 4 lässt sich auf das Wissen der Schüler zurückführen, dass sich die Erde um sich selbst dreht (Orientierung daran).

Ergebnisse der Interviews zu Schattenerscheinungen (Zu vier Bildern sollte der richtige Schatten aus drei Möglichkeiten angegeben werden.)

- Schatten als Abbild des Gegenstandes / Gestaltähnlichkeit zwischen Gegenstand und Schatten
- Räumlich geometrischer Zusammenhang von Gegenstand und Schatten („Weil’s dahinter ist.“ „Weil das Haus (Gegenstand) so nahe dran steht...“ „Weil der näher bei dem (Haus) ist.“)
- Zusammenhang von Gegenstand, Schatten und Lichtquelle nahe an der physikalischen Sicht oder weitgehende Entsprechung („... Schatten... Immer hinter den Sachen.“ „...das Licht kann ja nicht da durch, deswegen entsteht da ein Schatten.“)
- Schatten ist dort, wo intensives Licht vorhanden ist
- Gegenstand und Lichtquelle und Schatten gehören räumlich zusammen

Die schriftlichen Befragungen zeigten, dass mit zunehmendem Alter angemessenere Vorstellungen vorhanden waren, aber auch in der vierten Klasse noch deutliche Defizite zu den physikalischen Vorstellungen existieren. Allerdings wirkten sich die dargestellten Vorstellungsmuster lt. Wiesner nach bisherigen Eindrücken in Unterrichtsversuchen nicht lernhemmend aus.

Quelle: Wiesner, Hartmut (1991): Vorstellung von Grundschulern über Schattenphänomene.
In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 19 (1991); S. 155-169?

Wie Kinder physikalischen Phänomenen begegnen am Beispiel des Schwerpunkts

Frage: Wie müssen die Lernwege der physikalischen Elementarbildung beschaffen sein, um dem Schüler Lernwege in die Physik zu eröffnen?

Offenes Untersuchungsdesign mit wenig Strukturierung, damit die Kinder frei Experimentieren können und ihren eigenen Forschungsweg gehen können.

Methode: Da physikalisches Verstehen meistens ein individueller Prozess ist, das Gespräch in der Gruppe aber auch notwendig ist, um die Gedanken in Worten auszudrücken, wurden zwei Arrangements getroffen.

1. Die Kinder sprechen mit den anderen Kindern am Tisch während sie Experimente durchführen. Anschließend werden die Beobachtungen schriftlich formuliert.
2. Während der Experimente wird nicht gesprochen und danach schreibt jeder seine Gedanken auf. Die Kinder haben so viel Zeit wie sie benötigen. Das nächste Phänomen wird erst vorgeführt, wenn alle Kinder fertig sind.

Themen: Schwerpunkt- und Schwerpunktsverlagerung

Die Erklärungsversuche der Schüler sind in vier Ebenen eingeteilt, die bei einzelnen Kindern nicht voneinander abgegrenzt sind und sich gegenseitig durchdringen.

1.Ebene: Einbettung des neuen Phänomens in den Kontext des bereits Bekannten durch phänotypische, d.h. von der Erscheinungsform her gegebene Analogiebildung:

phänotypische Analogie

Bei dem Kerzenschaukelversuch³ bringen die Kinder die um die Drehachse gelagerten (angezündeten) Kerzen von ihrer Erscheinungsform her mit der Wippe auf dem Kinderspielplatz in Verbindung.

"Die Kerzen wollen auch mal Wippe-Wappe machen." "Das Feuer (die Kerzenflamme), das sind doch die Menschen." (1. Schuljahr)

2. Ebene: Vergleich der vorgestellten Phänomene untereinander durch Rückgriff auf das ihnen gemeinsame Funktionsprinzip, d.h. Bildung einer *genotypischen Analogie*.

Nach vielen Versuchen zum Schwerpunkt setzen die Schüler die verschiedenen Versuche zueinander in Beziehung und betrachten sie unter einem gemeinsamen physikalischen Wesenskern.

"Ist doch klar, dass das so ist. Alles mit Gleichgewicht." (2. Schuljahr) "Die haben alle was mit `nem Gewicht zu tun." (3.Schuljahr) "Das hat irgendwie alles miteinander zu tun, es hat

³ Press, Hans-Jürgen: Spiel das Wissen schafft, S. 85, Versuch 131 Kerzenwippe

irgendwie alles einen Sinn." "Alles mit Gewichten, meistens mit Gleichgewicht."
(4.Schuljahr)

3. *Ebene*: Interpretation eines neuen Phänomens durch Anwendung einer bereits bekannten naturgesetzlichen Regel, also regelgestützte oder *nomogene Interpretation*

Das Phänomen, dass erwärmte Luft in der sie umgebenden kälteren Luft aufsteigt, wird von den Kindern als Naturgesetz verwendet. Sie versuchen mit diesem für sie bekannten Zusammenhang den Kerzenschaukelversuch zu interpretieren.

"Ja, die Wärme geht nach oben. [...] Deswegen ist das (die brennende Kerze) höher (als die nicht brennende Kerze). Die Wärme geht immer nach oben, deswegen geht's jetzt nach oben." (2. Schuljahr)

4. *Ebene*: Interpretation eines neuen Phänomens vor dem Hintergrund muttersprachlich gegebener Interpretationsgrundmuster: *logogene Interpretation*

Die Kinder argumentieren, dass jemand etwas vollbringt, d.h. es gibt einen "Täter", der eine "Tat" vollbringt. Das sind nach den Aussagen der Schüler einmal die Wachstropfen und die Wärme der Kerzenflamme.

"Der Tropfen zieht die Kerze runter, die (andere Kerze) kommt hoch und dann geht die (erste Kerze) wieder mit runter. (3. Schuljahr)

"Die Wärme zieht die Kerze hoch." "Die (Kerzen) ziehen sich hoch. Die (Kerze) zieht sich immer in der Luft hoch."

Quelle: Hagstedt, Herbert / Spreckelsen, Kay: Wie Kinder physikalischen Phänomenen begegnen. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 14 (1986) Nr.9, S. 318 – 323

Schülervorstellungen zum Spiegelbild (Teil 1)

Methoden: Mündliche und schriftliche Befragungen

Befrage Gruppe: Dritt- und Viertklässler

Themen: 1. Wird das Spiegelbild als Bild verstanden? 2. Welche Vorstellungen bestehen zur Lage des Spiegelbildes? 3. Sehen Grundschüler eine Beziehung zwischen Spiegel bzw. Spiegelbild und Licht? 4. Welche Vorstellungen haben Grundschüler über Eigenschaften des Spiegels, insbesondere die Vertauschung von vorne und hinten und über die Nichtvertauschung der Seiten?

- Unter einem Bild verstehen viele Primarschüler etwas Gemaltes, Fixiertes, das etwas darstellt. Als konkrete Dinge nannten sie am häufigsten Gemälde (etwas Gemaltes), Zeichnung und Foto. Weniger häufig wurden Fernsehbild und Spiegelbild angeführt. Einige Kinder verknüpfen mit einem Bild die Vorstellung, dass es schön sein muss und einem gefallen muss.
- Auf die Frage, ob man das was man sieht wenn man in den Spiegel schaut als Bild bezeichnen kann, nannten die Kinder, die der Frage zustimmten als Begründungen: "kann etwas erkennen", ist ein bewegtes Bild", "sehe mich nicht direkt", "sehe mich auf dem Spiegel". Die Erklärungen bei einer Verneinung waren, dass das Spiegelbild sich bewegt, nicht fixiert ist oder nicht transportabel ist.
- Zur Lage des Spiegelbildes können zwei intuitive Vorstellungen unterschieden werden. 1. Man sieht das Spiegelbild *hinter* dem Spiegel, aber es ist *auf* dem Spiegel. Dazu gehört die Variante: das Spiegelbild liegt auf der Rückseite des Spiegels oder zwischen zwei Wänden des Spiegels. 2. Man sieht das Spiegelbild *hinter* dem Spiegel, aber es ist *im* Spiegel. Dazu gehört: "Spiegelwelt" und "Spiegellinneres".
- Im Vergleich dazu gaben bei einer Glasscheibe ohne und mit Abdeckung an der Rückseite fast alle Kinder an, dass das Spiegelbild hinter der Glasscheibe liegt.
- Viele Schüler nehmen an, dass die Lage des Spiegelbildes eines Gegenstandes abhängig von der Beobachterposition ist.

Folgende intuitive Vorstellungen bezüglich der Beziehung zwischen Spiegel / Spiegelbild und Licht sind bei den Kindern vorhanden:

- Licht (Helligkeit) bleibt auf allen Gegenständen liegen, auch auf Spiegeln.
- Spiegel sind besondere Gegenstände, die 'Licht' zurückwerfen, es bleibt auf ihnen nicht liegen. Der Begriff 'Reflexion' ist nicht notwendigerweise in Deckung mit dem Reflexionsgesetz.
- Es gibt 'Licht' (z.B. Taschenlampenlichtbündel), für das das Reflexionsgesetz zutrifft.

- Der Spiegel zeigt dem Betrachter das, was er vor sich sieht. Mit 'Licht' hat das nichts zu tun (statische Betrachtung).
- Der Spiegel wirft das Spiegelbild zum Betrachter zurück. Es wird kein Zusammenhang zwischen Zurückwerfen von 'Licht' und dem Zurückwerfen des Bildes gesehen. Das Reflexionsgesetz wird (wenn überhaupt) eher beim Sehen des Spiegelbildes, als beim Blenden mit einer Taschenlampe berücksichtigt.
- Das Spiegelbild eines Gegenstandes kann man auch sehen, ohne dass 'Licht' vom Gegenstand zum Spiegel kommt.
- Bei Spiegeltransformationen und der Frage ob der Spiegel rechts und links vertauscht, konnten Flächen und Seiten von Gegenständen von den Schülern intuitiv richtig transformiert werden. Kanten (Schnitt zweier Flächen) und menschliche Figuren bereiteten ihnen mehr Schwierigkeiten.

Quelle: Blumör, Rüdiger / Wiesner, Hartmut: Das Spiegelbild. Untersuchungen zu Schülervorstellungen und Lernprozessen. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 20 (1992) Nr.1, S. 2 - 6

Schülervorstellungen zum Spiegelbild (Teil 2)

Methode: Akzeptanzbefragung

Befragte Gruppe: Zweit - und Viertklässler

Themen: 1. Wie reagieren Schüler auf ein Informationsangebot zur Lage des Spiegelbildes hinter dem Spiegel und welche Widerstände treten dabei auf?

2. Entwicklung von Analogien zu Spiegel und Spiegelbild.

- Etwa die Hälfte der befragten Schüler äußerten ihre Zustimmung bzw. keine Bedenken, dass das Spiegelbild eines Bausteins hinter dem Spiegel ist.
- Für den anderen Teil der befragten Kinder ist das Spiegelphänomen unverständlich und sie äußerten Bedenken. "Es ist nicht dahinter. Es sieht so aus, als ob's dahinter ist. Ist es aber nicht. [...] Weil man es nicht dahinter gestellt hat. Und das Spiegelbild sieht man hier drin und dann kann es nicht dahinter sein." Hier wird eine Vorstellung aufgebaut, dass es ein Spiegelinneres gibt.
- Bei einer Bewegung des Bausteins beobachteten die Kinder, dass sich das Spiegelbild ebenfalls bewegt. Diese Beobachtung erhöhte bei ein paar Kindern allerdings ihre Verwunderung und sie äußerten, dass sie es komisch finden, dass

sich der Baustein überhaupt spiegelt. Ein Kind formulierte, dass es so aussieht als würde der Wind den Baustein im Spiegel anschieben.

- Den Analogieangeboten Schaufenster, Theater und Kino stimmten nur wenige Kinder zu. Die anderen begründeten ihre Ablehnung mit dem Gleichheitsaspekt, der für sie bedeutet, dass man sich beim Spiegel selber sieht.
- Bei der Paraphrasierung konnten über 80% der Viertklässler und ca. ein Viertel der Zweitklässler die Kernaussage zur Lage des Spiegelbildes hinter dem Spiegel mit eigenen Worten wiedergeben. Den Aspekt der doppelten Entfernung nannten ca. ein Viertel der Viertklässler und ein Zweitklässler.
- Bei den Fragen: "Wo siehst du dein Spiegelbild? und "Wieweit ist dein Spiegelbild von dir entfernt (Abstand zum Spiegel 0,5 m)?", war das Antwortverhalten auf die beiden Fragen konsistent. Schüler, die "hinter dem Spiegel" angaben, nannten auch Längenangaben um 1m. Zweitklässler, die keine konkrete Längenangabe nannten, hatten vermutlich Schwierigkeiten mit den Längenmaßen.
- Die von Naturwissenschaftlern formulierte Aussage, dass das Spiegelbild hinter dem Spiegel ist, wird von vielen Schülern nicht akzeptiert. Ihre Ablehnung begründen sie damit, dass das Spiegelbild nichts Materielles darstellt, das man anfassen kann. "Ich kann ja dahinter greifen und da find ich doch gar kein Bauklotz." Dies ist als Bestätigung dafür zu sehen, dass den befragten Grundschulern ein Informationsangebot zur Lage des Spiegelbildes entgegenkommt, bei dem vom Sehen des Spiegelbildes ausgegangen wird.

Quelle: Blumör, Rüdiger / Wiesner, Hartmut: Das Spiegelbild. Untersuchungen zu Schülervorstellungen und Lernprozessen. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 20 (1992) Nr.2, S. 50 – 54

Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten mit dem Spiegelbild

Zusammenfassung verschiedener Untersuchungen, auch mit Schülern der Sekundarstufe I.

Zur physikalischen Sehvorstellung

- „beleuchtet Gegenstände können gesehen werden, ohne daß dazu Licht vom wahrgenommenen Gegenstand ins Auge gelangen muss“ (Vorstellung der Mehrzahl der Schüler >2/3)
- vom beobachteten Objekt wird kein Licht zum Spiegel hin abgestrahlt und von dort nicht ins Auge (kein Verständnis der geometrischen Optik zur Bildentstehung)!
- Bei selbst leuchtenden Objekten entspricht die Vorstellung bei der Mehrheit der Schüler den physikalischen Erklärungen besser (70%, 68% davon erstellten auch in etwa eine dem Reflexionsgesetz genügende Skizze zur gestellten Frage)

Sehen und Blenden (mit einem Lichtstrahl)

- Bildreflexion wird tendenziell eher richtig „angewendet“, bzw. Fragen dazu beantwortet, als Strahlreflexion (z.B. Strahl einer Taschenlampe)

Rolle des Spiegels

- Der Spiegel wird als Gegenstand aufgefasst, der ein von ihm „aufgefangenes“ Bild vor ihm befindlicher Objekte zum Betrachter zurückwirft „Weil der Spiegel ja alles spiegelt, was er sieht.“
„Je weiter entfernt vom Gegenstand der Spiegel ist, desto kleiner erscheinen nach dieser Sicht die Gegenstände, und dieses verkleinerte Bild wirft er zum Betrachter zurück.“

Ort des Spiegelbildes

- Bereits Grundschüler unterscheiden zwischen „man sieht das Spiegelbild hinter dem Spiegel“ („es sieht so aus als ob“ optische Täuschung?) und „das Spiegelbild ist hinter dem Spiegel“
- Viele Schüler sehen das Spiegelbild im/auf dem Spiegel, die knappe Hälfte der Schüler gab in der Befragung an, das Spiegelbild hinter dem Spiegel zu sehen
- Das Spiegelbild ist für die Mehrheit der Schüler etwas Reales (kann fotografiert werden)
- Akzeptanz der Lage des Spiegelbildes kann nicht einfach erreicht werden (einige Monate nach dem Optikunterricht konnten nur 14% den Ort korrekt angeben)

- Versuche, „bei denen ein Vergleichsgegenstand an den Ort des Spiegelbildes an einer Glasscheibe gestellt“ wurde (Kerze im Wasserglas) zeigen, dass Spiegel und Glasscheibe als nicht äquivalent angesehen werden (mehr Überzeugungskraft liegt möglicherweise in dem Einschub eines Zwischenschritts: Schwarze Pappe hinter die Glasscheibe stellen)

Abhängigkeit des Orts des Spiegelbildes eines Objekts von der Position des Beobachters („Bewegt man sich vor dem Spiegel, dann ändert sich der beobachtbare Bildausschnitt - relativ zum Rand des Spiegels.“)

- Schwierigkeiten bestehen auch in Bezug auf Lageveränderungen des Spiegelbildes: Befragt nach der Position eines Beobachters in Bezug auf einen vor dem Beobachter fest stehenden Objekts, wird das Objekt als eine Drehachse für das Spiegelbild des Beobachters gesehen (Spiegelbild wird diagonal über ein mittig aufgestelltes Objekt im Spiegel abgebildet, verändert der Beobachter seine Position zur anderen Seite, wandert das Spiegelbild um das Objekt wie um eine Drehachse herum.)
Fehlt ein solcher Fixpunkt durch ein Objekt vor dem Betrachter, treten solche Vorstellungen bei der Mehrzahl der Schüler nicht auf.

Spiegelsymmetrie

- Spiegelsymmetrie bei asymmetrischen Gegenständen kann die Mehrzahl der Schüler schon vor dem Optikunterricht richtig voraussagen
- Bei teilsymmetrischen Objekten (z.B. auch das eigene Spiegelbild betreffend) haben viele die Vorstellung, dass rechts und links vertauscht werden

„Der Zusammenhang zwischen dem Sehen des Spiegelbildes und den geometrischen Konstruktionen muss mehrfach diskutiert werden. Er wird von den Schülern nicht so einfach hergestellt und geht ansonsten schnell wieder verloren.“

Quelle: Wiesner, Hartmut (1992): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten mit dem Spiegelbild. Herrn Prof. Dr. K. Weltner zu seinem 65. Geburtstag gewidmet. Aus: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 3, Heft ?, S. 16-18

Schülervorstellungen zum Thema Wetter

Methode: Interviews – hiermit lassen sich spontane Einfälle gut ermitteln, Einzellehrgespräche – eignen sich, um Lernverläufe zu verfolgen und Lernschwierigkeiten aufzudecken

Befragte Gruppe: Drittklässler

Themen: 1. Luft / Wind ; 2. Entstehung der Jahreszeiten; 3. Verdunsten, Kondensieren und Wasserkreislauf

Interviews

1. Luft / Wind

- Nachdem eine Metallflasche, über die ein Luftballon gestülpt ist, in einen Behälter mit Eiswasser gestellt wurde, erwarten die Schüler, dass sich der Ballon aufbläst, da die Luft wegen der Kälte nach oben steigt. Niemand verwendet nach der Demonstration die Vorstellung, dass sich das Luftvolumen aufgrund der Temperaturänderung verkleinert.
- Nachdem eine Metallflasche, über die ein Luftballon gestülpt ist, auf eine Herdplatte gestellt wurde, wird die beobachtete Ausdehnung des Luftballons nur von einem Schüler als eine Erklärung im Sinne der Ausdehnung benutzt. Die anderen sagen, dass Wärme "hoch steigt", oder "etwas dazu kommt". Oft werden Luft und Wärme als zwei unterschiedliche Substanzen angesehen.
- Die überwiegende Mehrzahl der Schüler denkt, dass Wind bewegte Luft ist.
- Eine plausible Erklärung für das Zustandekommen der Luftbewegung gelingt ihnen nicht. Ihre Erklärung ist meist wie ein "artificialer Zirkel" aufgebaut, der von Piaget wie folgt beschrieben wurde: Die Bäume bewegen sich und setzen die Luft in Bewegung (=Wind), der Wind bewegt wiederum die Bäume. Anstelle von Bäumen können auch Menschen den Wind hervorrufen (und von diesem bewegt werden).

2. Entstehung der Jahreszeiten

- Schüler können die Entstehung der Jahreszeiten, wie erwartet, nicht erklären. Spontane Äußerungen der Kinder zu diesem Thema waren unergiebig.
- Über die Hälfte der Kinder erwartet, dass ein Stück Erdboden, das mit einem Wärmestrahler senkrecht bestrahlt wird, wärmer ist als ein schräg mit einem Wärmestrahler bestrahltes, weil auf den größeren Fleck mehr Licht hinkommt.
- Nach der Überprüfung durch Fühlen und Messen, erklärt über die Hälfte, dass die kleine Fläche wärmer ist, da sich hier mehr Wärme/Licht konzentriert.

3. Verdunsten, Kondensieren und Wasserkreislauf

- Die Kinder denken erst, dass die Feuchtigkeit in die Unterlage sickert oder in sie einzieht.
- Im weiteren Gespräch ist ihnen die Vorstellung, dass sich Wasser in nichts auflöst verständlicher als die Substanzerhaltung.
- Auch die Umwandlung von Wasser in Luft wird als Erklärung herangezogen.

Einzellehrgespräche

Der Inhalt der Einzellehrgespräche bezog sich auf die gleichen Themen wie die Interviews. Die Ergebnisse der Einzellehrgespräche wurden nicht im Einzelnen dargestellt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die angebotenen Erklärungen akzeptiert wurden, meist vollständig paraphrasiert wurden, und auf Prüfungsprobleme angewendet werden konnten. Bei den Themenbereichen Verdunsten und Kondensieren tauchten die größten Schwierigkeiten auf.

Insgesamt lässt sich daraus schließen, dass das Thema Wetter mit anspruchsvollen Erklärungen auch im Klassenunterricht eingesetzt werden kann.

Quelle: Schieder, Monika / Wiesner, Hartmut: Vorstellungen und Lernprozesse zum Thema Wetter in der Primarstufe. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 1996 (1997) S. 167-169

Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme

Ergebnisse aus einer Untersuchung von *Erickson* (Interviews an 12-jährigen)

- **Thermometermodell:** „Die rote Flüssigkeit steigt, weil die Wärme die Flüssigkeit leichter macht und deshalb steigt sie.“ typische Erklärung, legt nicht die stoffliche Ausdehnung zu Grunde
- **Temperaturbegriff:** „Ein großer Eiswürfel braucht länger zum Schmelzen als ein kleiner, weil der größere eine kältere Temperatur hat als der kleinere.“ keine Bezugnahme auf die „Menge einer Wärme- oder Kältesubstanz“
- **Wärme und Kälte als Substanz:** Wärme ist eine Substanz, ähnlich wie Luft oder Dampf; „Der gesamte Stab wird heiß, weil die Wärme sich in einem Teil staut, bis er sie nicht mehr halten kann und dann bewegt sie sich im Stab entlang“; „Der dicke Stab erhitzt sich schneller als der dünne, weil der erstere mehr Lufträume im Inneren hat, durch die die Wärme sich hindurchbewegen kann.“ es existieren konkrete Vorstellungen einer Wärmesubstanz

Ergebnisse aus einer Untersuchung von *Engel* (untersuchte Gruppe nicht eindeutig angegeben, evtl Jugendliche ab 12 J.) bezüglich von **Temperaturprognosen bei Mischversuchen mit Wasser** und zum **Empfinden gleich temperierter Gegenstände unterschiedlichen Materials:**

- Mischen von gleich temperierten Mengen gleichen Volumens
 „gleiche Temperatur“ (53% der 12-jährigen),
 addieren der Temperaturen (25%, „deutet auf mangelnden Zusammenhang zwischen Temperatur und Empfinden warm-kalt hin“, deutlicher bei komplexeren Mischversuchen: bei unterschiedlichen Wassertemperaturen der zu mischenden Mengen addieren mehr Kinder die Temperaturen)
- Fast 1/3 der 14- bis 16-jährigen sehen Temperatur und Wärme(energie) als synonym an
- Unterschiedliche sensorische Wahrnehmungen der Temperatur an unterschiedlichen gleich temperierten Materialien werden als unterschiedliche Temperaturen gedeutet. (Sogar von Schülern, die bereits in Wärmelehre unterrichtet wurden.) „Wolle fühlt sich wärmer an als Kupfer, weil auf Wolle die Wärme außen sitzen bleibt und nicht eindringt“ (zitiert von Tieberghen).

Ergebnisse der Untersuchungen von *Albert* und *Shayer / Wylam* zu der Entwicklung von **Vorstellungen von Temperatur und Wärme im Zusammenhang mit dem Piagetschen Entwicklungsstufen:**

- Lt. Shayer und Wylam ergab sich ein deutlicher Zusammenhang mit den Stufen „Frühes bis mittleres konkretes Denken“ und den Vorstellungen zu Temperatur und Wärme
- Kinder im frühen bis mittleren Denken assoziieren Wärme mit Phänomenen wie z.B. Brennen und Schmelzen; die Ausdehnung von Gasen mit dem Aufsteigen von warmer Luft, wobei die Reversibilität der Ausdehnung fester Körper nicht als notwendig angesehen wird; das wechselseitige Bestreben vom Temperatúrausgleich wird geäußert; einige Kinder addieren wie oben beschrieben die Temperatur zusammen geschütteter Flüssigkeiten, andere erwähnen die Temperaturkonstanz.
- „Kinder auf der Stufe des späten konkreten Denkens sehen schon den proportionalen Zusammenhang zwischen Temperatur- und Längenänderung der Flüssigkeitssäule beim Thermometermodell. Der Mengenaspekt bei Wärme taucht auf (‚mehr Wärme mehr Effekt‘) und die Ausdehnung wird als reversibler Vorgang angesehen. Wärme und Temperatur werden immer noch häufig unter einen Begriff zusammengefaßt der am ehesten dem physikalischen Temperaturbegriff entspricht. Auf dieser Stufe findet sich noch keine Modellvorstellung von Wärme“.
- Stufe des frühen formalen Denkens: kausale Auffassung von Wärme wird weitergeführt in Richtung „konkreter Vorstellung einer ‚Wärmeflüssigkeit‘“, diese Vorstellung befähigt zur Unterscheidung zwischen Wärme, Masse und Temperatur
- 1/5 der 11- bis 13-jährigen benutzten Vorstellung des Teilchenkonzeptes zur Erklärung von Wärmeleitung, Ausdehnung von Gasen; ebenfalls konnten Phänomene, wie etwa das unterschiedliche Temperaturempfinden bei gleich temperierten Gegenständen, auf Grund theoretischer Überlegungen geklärt werden.

Ergebnisse der Untersuchung von *Wiesner* und *Stengl* an 64 Drittklässlern in zwei Tests (2 unterschiedliche Versionen an 2 Teilgruppen) und 12 Interviews:

- **Thermometermodell** (bestehend aus Glaskolben und nach beiden Seiten offenes Glasröhrchen, Kolben gefüllt mit kaltem Wasser): Zur Aufgabe, das Aufsteigen der Wassersäule in einem Glasröhrchen nach Stellen des Glaskolbens in heißes Wasser zu erklären antworteten 56% mit „weiß nicht“, **keine Antworten zur Volumenausdehnung** bei Testgruppe 1 (18 Schüler)
- Differenzierteres Antwortverhalten bei Testgruppe 2 (46 Schüler) „... durch Umstellen in heiße Wasser“; „Temperatur erhöht, steigt Wassersäule“; „Weil Warmes und Kaltes zusammenkommt“.

„warmes Wasser steigt nach oben“ (11%), „Wärme steigt nach oben / treibt nach oben“ (4%)

gasförmiger Vermittler: „Wasser verdampft / verdunstet, drückt Wasser hoch“; „Wegen der Bläschen, die im warmen Wasser kommen“; „Luft wird heiß, drückt Wasser hoch“. (20%)

Ausdehnung als Ursache (11%)

Ursache ist Druckentstehung bei Erwärmung (ohne genauere Angabe, was gemeint ist) (9%)

keine Antwort (9%); unverständliche Antwort (6%)

- **Temperaturangleich:** (Testgruppe 1)

Aufgabe 2: heißer Löffel wird in Glas kaltes Wasser gestellt – was passiert?

„Das Wasser erwärmt sich etwas“ – lehnen 16 Schüler ab, 2 stimmen zu

„Der Löffel kühlt sich etwas ab“ – alle 18 Schüler stimmen zu

Frage: „Wenn du eine Weile gewartet hast, sind dann Löffel und Wasser gleich warm?“ – 7 stimmen zu, 11 verneinen (Mögliche Erklärung: Schüler gehen von einer größeren Wassermenge aus, deren Temperatur sich durch den Löffel praktisch nicht verändert

Aufgabe 3: tiefgekühlte Stahlkugel in ein Glas mit lauwarmem Wasser legen – was passiert?

Das Wasser kühlt sich ab. (9 Schüler)

Die Stahlkugel wird erwärmt (12 Schüler)

Wasser und Kugel werden gleich warm (4 Schüler)

Aufgabe 4 und 5: bezogen auf die unterschiedlichen sensorischen Empfindungen von Temperatur an unterschiedlichen Materialien (Plastikgeschirr und Metallmesser aus heißem Wasser => Aufgabe 4 / Kunststoffbecher und Metalllöffel aus Gefrierfach => Aufgabe 5)

Unterschied beim Herausnehmen spürbar (10 Schüler), davon 7 Schüler bei Aufgabe 4 „Messer fühlt sich wärmer an“

Metalllöffel fühlt sich kälter an, wenn es aus dem Gefrierfach kommt (8 Schüler)

Die restlichen Schüler: 5 sagen zu Aufgabe 4 sie werden keinen Unterschied spüren, stimmen aber der Aussage zu, dass sich das Messer wärmer als der Becher [?] anfühlt. Bei Aufgabe 5 antworten 6 Schüler in dieser Art logisch widerspruchsvoll. Interpretation des Antwortverhaltens aus den Begründungen: Mehr als die Hälfte der Schüler haben bewusste Erfahrungen zur unterschiedlichen sensorischen Temperaturempfindung bei unterschiedlichen Materialien, aber mehrere Kinder haben auch schon die Konzeption, dass die gleiche Umgebung bei unterschiedlichen Materialien zu gleichen Temperaturen führt.

- Mischaufgaben (Testgruppe 2) (Zwei Gläser mit 20° warmem Wasser sollen zusammengeschüttet werden – welche Temperatur hat das Wasser danach?)

20° (61%)

40° (11%)

T < 20° (6,5%)

T > 20°, aber nicht = 40° (17%)

Fühlt sich an:

„gleich warm“ (58%)

„wärmer“ (26%)

„kälter“ (15%)

Vergleichbares Ergebnis wie bei Engel, aber bei 2-3 Jahre jüngeren Kindern!

Ein Schüler stellte einen Zusammenhang zwischen der Füllhöhe und der Temperatur des sich in einem Glas befindlichen Wasser her, je mehr Wasser, desto wärmer. Er gab die Temperatur nach dem Zusammenschütten mit 60° an.

Interviewergebnisse:

- **Thermometer:**

Erwärmen erzeugt Luft/ Dampf und dieser drückt das Wasser nach oben (4)

Hitze drückt das Wasser hoch (2)

Andeutungen von Ausdehnung oder Substanzvermehrung (wurde in den Interviews nicht ausreichend erfragt) (3)

warmes Wasser steigt hoch (2)

- **Temperaturbegriff:**

sinngemäß: Temperatur gibt an, wie warm oder kalt es ist (6)

weitere Antworten: „Das sind die Grad’s“; „Kann man sehen, welche Temperatur man hat“; „Ofen hat immer eine Temperatur“; „Temperatur ist das, was das Thermometer anzeigt“.

- **Temperaturangleich I** (Versuchsdemonstration, nach der die Schüler ihre geäußerten Vermutungen direkt überprüfen können):

Schüler benutzen eine „Wärmesubstanzvorstellung“

alle erwarten die Abkühlung eines heißen Gegenstandes in kühlerem Wasser, die Endtemperatur von Gegenstand und Wasser wird als gleich angegeben (11)

alle erwarten die Abkühlung von Wasser durch das hineinlegen eines kühleren Gegenstandes und 11 erwarten die Erwärmung des Gegenstandes; 8 sagen explizit das Wasser und Gegenstand die gleiche Temperatur annehmen werden, für einen bleibt der Gegenstand etwas kälter.

auch bei einer komplexeren Fragestellung mit Gegenstand und Zimmertemperatur ist bei allen weitgehend die Vorstellung eines Temperaturangleichs vorhanden.

- **Mischversuche** (gleich temperiertes Wasser aus zwei Gläsern soll zusammengeschüttet werden):
 - gleich bleibende Temperatur (7)
 - addieren der Temperatur, Korrektur nach Anfassen (3)
 - „kälter“ ohne die Möglichkeit zum Anfassen (1)
 - Vorstellung additive Qualität „warm“ (planvolles addieren, Korrektur nach Anfassen) (1)
 (gleiche Mengen Wasser ungleicher Temperatur werden gemischt, 15° und 35°):
 - Mittelwertbildung (2)
 - Differenzbildung (2)
 - $15^{\circ} < T < 35^{\circ}$ (5)
 - 35° (2) Korrektur nach Anfassen auf 15° bzw. Zwischentemperatur

- **Temperaturangleich II** („Wärmeleitung“):

Demonstration Versuch: Streichhölzer werden in regelmäßigen Abständen mit Wachsklumpchen an einen Metallstab geklebt, dessen Ende erhitzt wird – Schüler sollen beobachten und das Beobachtete erklären:

 - Wärme wandert nach hinten, die Wachskügelchen schmelzen nacheinander (7)
 - nur Beschreibung des Phänomens (2)
 - Vorstellungen sind meist noch nicht gefestigt

Situation eines „Kochlöffels“ – werden beide Löffel so heiß, dass man sie nicht anfassen kann, welcher Löffel wird schneller warm?:

 - Metalllöffel wird recht schnell heißer (10)
 - Plastiklöffel wird schneller heiß (2) „... weil Plastik auch schneller schmilzt. Metall wird nicht so schnell heiß, weil es von Natur aus etwas kälter ist.“ – Korrektur nach Anfassen
 - Vergleichbar zu der Untersuchung von Engel: Die Vorstellung, dass die Wärmesubstanz in Metalle nicht so gut eindringen kann wie in Plastik und deshalb mehr an der Oberfläche sitzt verantwortlich für das Wärmeempfinden.

Temperaturempfinden bei gleich temperierten Körpern aus Metall und Plastik:

 - Erwartung: „Metalllöffel heißer als Plastiklöffel“ (9)
 - Erwartung umgekehrt (2)
 - Erwartung „gleichwarm“ (1)

die Mehrzahl der Kinder war der Meinung, dass die Beurteilung von „kalt“ oder „warm“ bezüglich eines Gegenstandes von der momentanen Temperatur der Hand abhängt

- **Wärme und Temperatur:**

Schüler hatten große Schwierigkeiten bei der Definition von Wärme und der Unterschiede zwischen Wärme und Temperatur

Wärme als Substanz (Vergleiche mit Luft „ähnlich wie Luft“; „Wärme vermischt sich mit Luft“; „Wärme... wie heiße Luft“; „Wärme und Kälte ... das ist wie warme und kalte Luft“.

Wärme als Eigenschaft warm („wenn es heiß ist...“) Beziehung zwischen Wärme und Temperatur kann selten hergestellt werden

Quelle: Wiesner, Hartmut/ Stengl, Dagmar (1984): Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. Aus: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 12, S.?