

Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN)

Peter Häußler, Lore Hoffmann

BLK-Programmförderung "Steigerung der Effizienz des
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"

Erläuterungen zu

Modul 7

mit Unterrichtsbeispielen für den Physikunterricht

Förderung von Mädchen und Jungen

Stand August 1998

1. Vorbemerkungen

Die Autoren dieser Erläuterung sind Mitarbeiter des Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), also jenes Instituts, dem die Koordinierung der BLK-Programmförderung "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts" übertragen worden ist.

Die folgenden Ausführungen und Beispiele sollen Anregungen für einen Dialog zwischen den Lehrerinnen und Lehrern der teilnehmenden Schulen und dem IPN sein. Sie basieren auf Grundlagenstudien, Schulversuchen und Materialentwicklungen, die im letzten Jahrzehnt vor allem im Umfeld von Physikunterricht, nicht zuletzt auch unter Mitwirkung von Mitarbeitern des IPN, zur Thematik von Modul 7 durchgeführt worden sind.

Wir beginnen in **Kapitel 2** mit einer kurzen Beschreibung von Modul 7 auf der Grundlage der Expertise "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts".

In **Kapitel 3** werden einige empirische Befunde zusammengestellt, die eine Antwort auf die Frage erlauben, ob das Desinteresse der Mädchen am naturwissenschaftlichen Unterricht eher mit den Naturwissenschaften selbst oder mit dem derzeitigen naturwissenschaftlichen Unterricht in Zusammenhang gebracht werden kann.

Kapitel 4 befaßt sich mit konkreten Maßnahmen, die die Situation der Mädchen zu bessern versprechen.

In **Kapitel 5** werden einige Vorschläge gemacht, wie die Arbeitsgruppen in den Netzwerken bei der Umsetzung von Ideen zu Modul 7 vorgehen könnten.

Schließlich werden in **Kapitel 6** einige Unterrichtsvorschläge für den Physikunterricht unterbreitet, die als Anregung für eigene Entwicklungen gedacht sind.

2. Was ist unter der "Förderung von Mädchen und Jungen" zu verstehen?

Die im Vorfeld des BLK-Modellprogramms erarbeitete Expertise "Steigerung der Effizienz des naturwissenschaftlichen Unterrichts" stellt im Zusammenhang mit Modul 7 fest, daß sich im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich schon zum Ende der Grundschulzeit beträchtliche Leistungs- und Interessenunterschiede zwischen den Geschlechtern abzeichneten. Der Leistungs- und Interessenrückstand der Mädchen, der besonders in den Fächern Mathematik und Physik, in abgeschwächter Form auch in Chemie, nicht aber im Fach Biologie zu finden sei, könne sich im Verlaufe der weiteren Schulzeit sogar noch vergrößern.

So zeigten sich in einer vom IPN an mehreren tausend Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I durchgeführten Interessenerhebung folgende Tendenzen: Der Physikunterricht wird von Mädchen und Jungen sehr unterschiedlich erlebt. Weitgehend unabhängig von der Schulart ist Physik für die meisten Mädchen eines der uninteressantesten Fächer, für die Mehrzahl der Jungen eines der interessantesten. Am Ende der Sekundarstufe I ist der Anteil von Jungen mit großem oder sehr großem Interesse an diesem Fach mit etwa 60% dreimal so hoch wie der Anteil von Mädchen. Einen ähnlichen Verlauf zeigen die Interessen am Fach Mathematik. Auch hier fällt das Interesse der Mädchen kontinuierlich im Verlauf der Sekundarstufe I ab (wenn auch nicht so tief wie im Fach Physik) während das Interesse der Jungen von Anfang an größer ist, und Mathematik für sie durchgehend eines der interessantesten Fächer bleibt. Im Fach Chemie ist der Interessensvorsprung der Jungen zu Beginn der Sekundarstufe I vergleichbar mit dem im Physikunterricht, jedoch bleibt er bis zum Ende der Sekundarstufe I in etwa konstant. Schließlich zeigt sich im Biologieunterricht ein gegen Ende der Sekundarstufe I deutlich werdender Interessensvorsprung der Mädchen auf insgesamt hohem Interessenniveau.

Wäre dies schon Grund genug, darüber nachzudenken, wie z.B. der Physikunterricht für die Mädchen interessanter gemacht werden kann, so legt die weitere Entwicklung erst recht eine Intervention zugunsten der Mädchen nahe: Studien zum Wahlverhalten in der gymnasialen Oberstufe zeigen, daß das Verhältnis Mädchen zu Jungen, die einen Leistungskurs Physik wählen, im Durchschnitt 10:1 beträgt. Auf der Hochschule betrug der Frauenanteil an den Studienplätze im Fach Physik und AstronomieIm Wintersemester 77/78 9,1% (nur alte Bundesländer). Die entsprechenden Anteile waren im Wintersemester 89/90 10,0% (alte Bundesländer), im Wintersemester 93/94 11,0% (alte und neue Bundesländer). In den meisten gewerblich-technischen Berufsfeldern liegt der Anteil der weiblichen Auszubildenden unter 3%. Nach drei Jahrzehnten gemeinsamen Unterrichts von Mädchen und Jungen hat sich die Situation von Mädchen und Frauen in Schule und Beruf im naturwissenschaftlich-technischen Bereich kaum verändert. Geschlechtstypische Interessenprägungen sind in der Schule weiterhin vorhanden und setzen sich im Berufsleben fort.

Die Autoren der Expertise sehen in der Distanz der Mädchen zur Mathematik, zur Physik und zur Chemie eine aktuelle Herausforderung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Sie verweisen auf eine Vielzahl größer und kleiner angelegter Projekte, in denen Konzepte zur Förderung von Mädchen in diesen Fächern entwickelt und erprobt wurden und betonen, daß diese Förderung nicht zum Nachteil der Jungen gewesen sei.

Ohne auf diese Projekte im einzelnen näher einzugehen, wollen wir in den folgenden Kapiteln einen Überblick geben, welche Befunde herangezogen werden können, um die Distanz der Mädchen zu diesen Fächern zu erhellen, und welche Maßnahmen und Vorgehensweisen als besonders erfolgversprechend gelten können, die Situation der Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht verbessern zu helfen.

3. Worauf könnte die Distanz der Mädchen zum mathematisch/naturwissenschaftlichen Unterricht zurückzuführen sein?

Zu unterscheiden ist zwischen dem Interesse an einer Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen (dem Sachinteresse) und dem Interesse, das dem naturwissenschaftlichen Unterricht entgegengebracht wird (dem Fachinteresse). Bei der in Kapitel 2 geschilderten Ausgangslage stellt sich die Frage, ob sich das Desinteresse der Mädchen am naturwissenschaftlichen Unterricht - also ihr mangelndes Fachinteresse - eher durch ein gegenüber den Jungen geringeres Interesse an den Natur-

wissenschaften selbst erklären läßt (mangelndes Sachinteresse) oder ob es eher an dem von ihnen erlebten Unterricht liegt, daß sie sich an diesem so desinteressiert zeigen.

Die am IPN in den Fächern Physik und Chemie durchgeführten Interessenstudien, in denen sowohl das Sach- als auch das Fachinteresse erhoben wurden, liefern eine Reihe von Antworten auf diese Frage.

(1) Mädchen haben an naturwissenschaftlichen Inhalten nicht generell ein geringeres Interesse als Jungen. An Themen aus der Akustik, der Optik oder der Wärmelehre bzw. an Inhalten aus der organischen Chemie (z.B. Seifen, Kohlehydrate, Farbstoffe) haben Mädchen ein gleiches oder größeres Interesse als Jungen. Freilich gibt es auch Interesseninseln, die eher zur Domäne der Jungen zu rechnen sind. Zum Beispiel das Interesse an Schaltungen mit Transistoren, an Satelliten oder Fahrzeugen bzw. das Interesse an Gebrauchsmetallen, Säuren oder Kunststoffen gehören dazu.

(2) Überraschenderweise wird das Sachinteresse an Physik oder Chemie nicht so sehr vom speziellen Inhalt, als vielmehr vom Kontext bestimmt, in den dieser Inhalt eingebettet ist, wobei Mädchen auf einen Wechsel des Kontextes heftiger als Jungen mit Interesse bzw. Desinteresse reagieren. So zeigen beispielsweise Mädchen ein großes Interesse an einer Pumpe, die als künstliches Herz arbeitet, während ihr Interesse an einer Erdöl fördernden Pumpe gering ist, während sich Jungen für beide Pumpenarten in gleicher Weise interessieren. Generell läßt sich feststellen, daß Unterricht, in dem ein Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler, zu ihrem Alltag und ihrer Erfahrungswelt, zum menschlichen Körper, zu Naturphänomenen oder zur gesellschaftlichen Bedeutung der Naturwissenschaften hergestellt wird, insbesondere bei den Mädchen auf ein größeres Interesse hoffen darf, als ein Unterricht, in dem die gleichen Inhalte ohne diese Anwendungsbezüge thematisiert werden. Jungen tendieren dagegen dazu, auch eine rein innerwissenschaftliche Behandlung zu akzeptieren. Auch sind sie in der Regel eher geneigt, unbeliebte Tätigkeiten wie etwa das gefürchtete Rechnen doch noch leidlich interessant zu finden.

(3) Eine Gegenüberstellung der für Mädchen bzw. Jungen interessanten Inhalte und Kontexte zeigt, daß das, was für Mädchen interessant ist, auch für Jungen interessant ist. Das Umgekehrte gilt aber nicht in jedem Fall. Eine Orientierung an den Interessen der Mädchen nützt also normalerweise den Mädchen, und trifft auch auf das Interesse der Jungen.

(4) Eine Antwort auf die Frage, wie das Desinteresse der Mädchen am naturwissenschaftlichen Unterricht zu erklären sei, erhält man durch einen direkten Vergleich ihrer Interessenlage mit dem Unterrichtsangebot. Nach Einschätzung der Jugendlichen dominiert eindeutig ein Unterricht, in dem die Physik bzw. die Chemie als Wissenschaft gelehrt wird. Die für sie interessanten Kontexte kommen dagegen nur relativ selten vor. Es sei am Rande vermerkt, daß die Interessen der Jugendlichen weitgehend mit den Ergebnissen einer Expertenbefragung (Delphi-Studie) zur wünschenswerten physikalischen Bildung übereinstimmen. Für eine inhaltliche Neuorientierung des Physik- bzw. Chemieunterrichts ergibt sich also beträchtlicher Gestaltungsraum.

(5) Der Umstand, daß Jungen die naturwissenschaftlichen Fächer trotz der auch für sie großen Diskrepanz zwischen ihren Interessen und dem Unterrichtsangebot als interessant wahrnehmen, läßt vermuten, daß das Fachinteresse noch von anderen Faktoren als dem Sachinteresse maßgeblich beeinflußt wird. In der Tat können Unterschiede im Fachinteresse nur zu einem sehr geringen Teil auf Unterschiede im Sachinteresses zurückgeführt werden. Das bedeutet nicht weniger, als daß ein Schüler oder eine Schülerin, die ein hohes Sachinteresse an den Naturwissenschaften hat, sich nicht unbedingt auch für das entsprechende Schulfach interessieren muß. Der das Fachinteresse am stärksten beeinflussende Faktor hat mit der Sache "Naturwissenschaft" unmittelbar gar nichts zu tun. Es ist das Selbstvertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit. Mädchen haben aber im Vergleich zu den Jungen in aller Regel bereits zu Beginn der Sekundarstufe I ein geringeres Selbstvertrauen in die eigene Leistung in bezug auf den mathematisch/naturwissenschaftlichen Unterricht, und die Differenz zwischen den Geschlechtern nimmt im Verlauf der Sekundarstufe I noch zu.

Zusammenfassung von Kapitel 3

- Es kann keine Rede davon sein, daß sich Mädchen generell weniger als Jungen für naturwissenschaftliche Inhalte interessieren. Um Mädchen zu interessieren, kommt es neben den Inhalten vor allem auf die Kontexte an, die für die Erarbeitung der Inhalte herangezogen werden.
- Mädchen wie Jungen nehmen den naturwissenschaftlichen Unterricht als relativ fern von ihren Interessen wahr.
- Eine Orientierung des Unterrichts an den Interessen der Mädchen, kommt den Mädchen zugute, ohne die Jungen zu benachteiligen. Im Gegenteil, für sie würde der Unterricht noch interessanter.
- Das Selbstvertrauen der Mädchen, in den naturwissenschaftlichen Fächern etwas leisten zu können, ist vergleichsweise gering. Es sollte so unterrichtet werden, daß es sich positiv entwickeln kann.

Wie diese Grundsätze in konkrete unterrichtliche Maßnahmen umgesetzt werden können, soll uns im nächsten Kapitel näher beschäftigen.

4. Welche Maßnahmen sind geeignet, die Situation der Mädchen zu verbessern?

Es mangelt nicht an Vorschlägen und konkreten Unterrichtsversuchen, die Situation der Mädchen im mathematisch/naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbessern und ihnen die gleichen Chancen wie den Jungen einzuräumen. Allerdings sind diese Bemühungen nicht immer ausreichend dokumentiert, in ihren Zielen klar definiert und in ihren Wirkungen kontrolliert worden. Auch hat eine wissenschaftliche Begleitung, sofern sie überhaupt stattgefunden hat, nicht immer dafür gesorgt, daß geeignete Meßinstrumente eingesetzt wurden und ein Versuchsplan die Wirkung einzelner Maßnahmen zu unterscheiden erlaubt hätte. Deshalb lassen sich aus dem Erfolg oder Mißerfolg der meisten dieser Unternehmungen keine verallgemeinerbaren Aussagen gewinnen, die über die je spezielle Unterrichtssituation, in der sie entstanden sind, hinausgehen.

Wir wollen uns hier im wesentlichen auf diejenigen Maßnahmen beschränken, die in einem normalen schulischen Rahmen zu verwirklichen sind und deren Wirksamkeit in vorausgegangenen Schulversuchen nachgewiesen werden konnte oder sich zumin-

dest andeutungsweise gezeigt hat. Die bisher in der Literatur beschriebenen Maßnahmen lassen sich drei unterschiedlichen Richtungen zuordnen:

- Maßnahmen, die auf eine Veränderung der Unterrichtsinhalte zielen
- Maßnahmen, die auf eine Veränderung der Unterrichtsorganisation zielen
- Maßnahmen, die auf eine Veränderung der Interaktionen zielen

Im folgenden werden nur die nachgewiesenen oder mutmaßlichen Haupteffekte dieser Maßnahmen beschrieben, da die vorliegenden Untersuchungen keine Aussagen über Wechselwirkungen von gleichzeitig durchgeführten Maßnahmen zulassen. Daß aber auch solche Wechselwirkungen bedeutsam sind, ist ziemlich wahrscheinlich. Wenn z.B. der Unterricht an den Interessen der Mädchen vorbeigeht und von Lehrkräften gehalten wird, die kein mädchenfreundliches Klima zu schaffen wissen, dann dürfte eine Maßnahme wie etwa die Aufhebung der Koedukation wahrscheinlich wirkungslos sein oder könnte sogar negative Wirkungen haben. Aber auch ein an den Interessen von Schülerinnen und Schülern orientierter Unterricht kann Mädchen ausgrenzen, wenn die Aufmerksamkeit der Lehrkraft vorrangig auf die Jungen gerichtet ist.

4.1 Maßnahmen, die auf eine Veränderung der Unterrichtsinhalte zielen

(1) In vielen der neueren Lehrpläne wird gefordert, den naturwissenschaftlichen Unterricht mädchenfreundlicher zu machen. Konkrete Hinweise jedoch, wie etwa auf die Interessen der Mädchen eingegangen oder wie ihre Einstellung zum naturwissenschaftlichen Unterricht verbessert werden kann, sind selten. In dem neuen BLK-Modellprogramm bestünde aber die Möglichkeit, auch vom Lehrplan abweichende Themen zu erproben.

(2) In zahlreichen Publikationen wird über Unterrichtsthemen berichtet, von denen man annahm, daß sie für Mädchen interessant sind, z.B. die optische Abbildung mit einem vorher seziierten Rinderauge oder die Bestimmung des Blutdrucks mit einem einfachen medizinischen Gerät. Anregungen dieser Art findet man zum Beispiel in zwei Themenheften der Zeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* (Heft 1, 1990: Mädchen im Physikunterricht und Heft 6, 1998: Mädchen, Jungen und Physik).

(3) Eine systematischere Herangehensweise ist möglich, wenn man sich auf Interessenerhebungen stützt, in denen für Mädchen interessante Themen, Kontexte und Unterrichtsaktivitäten identifiziert wurden. Ergebnisse solcher Erhebungen liegen

vor allem für die Sekundarstufe I der Fächer Physik und Chemie vor (Hoffmann, Häußler, Lehrke: Die Kieler Interessenstudie: IPN-Schriftenreihe (im Druck); Gräber: Untersuchung zum Schülerinteresse an Chemie und am Chemieunterricht. In: Chemie in der Schule 39 (7/8), 1992, 270-273.)

(4) Eine andere Möglichkeit, Mädchen vor Augen zu führen, daß die Naturwissenschaften keine reine Männerdomäne sind, besteht darin, Mädchen die Gelegenheit zur Identifikation mit weiblichen Modellpersonen zu geben. Dazu gehören etwa das Studium von entsprechenden Lebensläufen, der Besuch einer Ausstellung über Naturwissenschaftlerinnen (z.B. die Ausstellung "Hypathias Töchter - Berühmte Frauen in Naturwissenschaft und Technik) oder die Einladung von Frauen mit naturwissenschaftsbezogenen Berufen in den Unterricht. Solche Formen scheinen geeignet, das Selbstvertrauen derjenigen Mädchen zu stärken, die sich zwar zu den Naturwissenschaften hingezogen fühlen, sich aber noch nicht trauen, dem nachzugehen.

(5) Da Mädchen in aller Regel weniger Erfahrungen im Umgang mit Geräten haben als Jungen, sind Unterrichtsformen angezeigt, in denen sie im Rahmen von Schülerübungen Erfahrungen aus erster Hand machen können. Systematisch gesammelte Daten über deren Wirkung liegen zwar nicht vor, jedoch berichten Lehrkräfte, daß Mädchen nach der Überwindung einer anfänglichen Scheu zunehmend an Selbstvertrauen gewinnen. Dies setzt freilich voraus, daß sie von den üblicherweise dominanteren Jungen nicht gestört werden können. Ähnliche Erfahrungen werden auch vom Informatikunterricht berichtet.

(6) Die Wirkung eines Unterrichts, der sich konsequent an den Interessen der Mädchen orientiert, konnte für den Physikanfangsunterricht in einem BLK-Modellversuch "Chancengleichheit" dokumentiert werden. Um die Vergleichbarkeit der Modellversuchsklassen mit den herkömmlich unterrichteten Kontrollklassen zu gewährleisten, orientierte sich der Unterricht strikt am Lehrplan. In den Modellversuchsklassen wurde jedoch während des gesamten siebten Schuljahrs ein Physikunterricht erteilt, der sich in der Wahl der Kontexte, in die die zu lehrenden Inhalte eingebettet waren, vornehmlich an den Interessen und Erfahrungsbereichen der Schülerinnen orientierte. So wurde zum Beispiel eine Mechanikeinheit im Kontext von Verkehrssicherheit, eine Wärmeinheit im Zusammenhang mit dem Zubereiten von Speisen unterrichtet und die akustischen Grundbegriffe anhand von selbstgebauten Musikinstrumenten erarbeitet. Ein Vorschlag, wie solche Unterrichtseinheiten entwickelt werden können, soll in Kapitel 5 unterbreitet werden.

Die am Ende jeder Unterrichtseinheit und am Schuljahresende durchgeführten Wissenstests (sie bezogen sich ausschließlich auf die Lehrplaninhalte und nicht auf die im Modellversuch thematisierten Kontexte), ergaben folgendes Bild: Die im laufenden Schuljahr erhobenen Wissensstände ließen keinen Unterschied zwischen den (koedukativ unterrichteten, ungeteilten) Modellversuchsklassen und den Kontrollklassen erkennen, wobei die Mädchen signifikant schlechtere Ergebnisse erzielten. Am Ende des Schuljahrs zeigte sich aber, daß die traditionell unterrichteten Kontrollklassen einen erheblichen Teil des Gelernten bereits wieder vergessen hatten, während bei den Modellversuchsklassen dies nicht der Fall war. Offenbar hat die Berücksichtigung des Interessen- und Erfahrungshorizonts für eine bessere Verzahnung mit dem bereits Bekannten und zu einer häufigeren Aktualisierung des Wissens außerhalb der Schule geführt, so daß eine signifikant bessere Behaltensleistung resultierte. Allerdings blieb der Wissensrückstand der Mädchen unverändert. (In dieser Beziehung war eine Kombination aus zeitweiser Aufhebung der Koedukation und interessegeleitetem Unterricht, wie er in Kapitel 4.2 beschrieben wird, wesentlich erfolgreicher).

Die Wirkung des Modellversuchsunterrichts auf die Entwicklung des Selbstvertrauens, im Fach Physik etwas leisten zu können, war bei den Mädchen im Vergleich zu den Kontrollklassen positiv. Auf einer Selbsteinschätzungsskala zeigten letztere nach einem Jahr Physikunterricht deutliche Anzeichen von Resignation. Offenbar war ihnen (sicher ohne Absicht) deutlich genug signalisiert worden, daß Physik nicht gerade zu ihren Stärken zählte. Der an ihren Interessen anknüpfende Modellversuchsunterricht mag den daran teilnehmenden Mädchen dagegen das Gefühl vermittelt haben, mit ihrem Erfahrungshorizont Ernst genommen zu werden. Bei den Jungen hatte der Modellversuchsunterricht keinen Einfluß auf ihr physikbezogenes Selbstkonzept.

Ein Einfluß auf das allgemeine, d.h. nicht auf die speziellen Unterrichtsgegenstände des Modellversuchsunterricht bezogene Sachinteresse an der Physik konnte nicht nachgewiesen werden. Sowohl die traditionell unterrichteten Kontrollklassen als auch die koedukativ unterrichteten Modellversuchsklassen erlitten im Laufe des Schuljahrs Interesseneinbußen von etwa gleicher Größe. (Auch hier war eine Kombination aus zeitweiser Aufhebung der Koedukation und interessegeleitetem Unterricht wesentlich erfolgreicher, s. Kapitel 4.2).

4.2 Maßnahmen, die auf eine Veränderung der Unterrichtsorganisation zielen

Im Zusammenhang mit Mädchenförderung wird in erster Linie eine zumindest zeitweise Aufhebung der Koedukation diskutiert, gelegentlich auch eine Verkleinerung oder Halbierung der Klassen. Monoedukativer Unterricht hat eine lange Tradition, in Deutschland heute vor allem in den meist konfessionell gebundenen Mädchenschulen. Eine Analyse der Schulabgängerinnen solcher Mädchenschulen hatte zunächst ergeben, daß diese überdurchschnittlich häufig naturwissenschaftlich/technisch orientierte Berufe wählen. Daraus war abgeleitet worden, daß Mädchenschulen per se ein für Mädchen günstiges Klima in den Naturwissenschaften schaffe. Mittlerweile haben aber Reanalysen gezeigt, daß sich die Präferenzen dieser Mädchen aus dem besonderen schulischen und elterlichen Umfeld erklären lassen. Trotzdem ist nicht von der Hand zu weisen, daß eine Aufhebung der Koedukation für Mädchen in den naturwissenschaftlichen Fächern eine vielversprechende Möglichkeit ist, ihre Skepsis und Distanz verringern zu helfen. Zu offensichtlich sind das Dominanzverhalten eines Teils der Jungen in diesen Fächern und zu unüberhörbar die Befürchtungen und Klagen der Mädchen, daß sie sich bei guten Leistungen unbeliebt machen und bei schlechten Leistungen verhöhnt werden. Außerdem erleichtert ein nach Geschlechtern getrennter Unterricht den Lehrkräften, sich gezielt mit den Stärken und Schwächen der Mädchen bzw. der Jungen zu befassen und ihr eigenes Verhalten im Unterricht zu reflektieren. Einzelne Schulkollegien sind deshalb dazu übergegangen, vor allem den Physik- und den Informatikunterricht in geschlechtshomogenen Klassen oder Teilklassen zu unterrichten. Eine Dokumentation, wie erfolgreich solche Maßnahmen sind, liegt zwar nicht vor, jedoch scheint es so, daß die bisher damit gemachten Erfahrungen für die Mädchen und die Lehrkräfte überwiegend so positiv sind, daß man dort, wo man aus Überzeugung mit dem monoedukativen Unterricht begonnen hat, diesen in der Regel fortsetzen möchte.

Der getrenntgeschlechtliche Unterricht kann natürlich dort nicht funktionieren, wo er gegen die Überzeugung der Lehrkräfte eingeführt wird und wo andere flankierende Maßnahmen, z.B. eine entsprechende Sensibilisierung der Lehrkräfte für die Situation der Mädchen (vgl. 4.3) und eine Ausrichtung an deren Interessen (vgl. 4.1) unterbleibt. Aber auch unter in dieser Hinsicht günstigen Gesichtspunkten gibt es eine Reihe ungelöster Probleme und offener Fragen. Ein Problem sind z.B. die reinen Jungenklassen, die ohne den "sozialen Kitt" der Mädchen u.U. schwer zu bändigen sind. Offen sind auch Fragen nach der Dauer und der Vollständigkeit der Geschlechtertrennung. Häufig wird ein Modell praktiziert, bei dem die Trennung nur

partiell (z.B. jede zweite Unterrichtsstunde) oder nur für ein Schuljahr durchgeführt wird. Es gibt Anzeichen dafür, daß bei einer Rückkehr zur Koedukation die für Mädchen günstigen Wirkungen der vorausgegangenen monoedukativen Phase anhalten.

Bezüglich der Maßnahme "Kleine Klasse" ist festzuhalten, daß ihr Potential von Lehrkräften meistens überschätzt wird. Eine große Anzahl von Untersuchungen belegen, daß die Klassengröße keinen nennenswerten Einfluß auf das Erreichen kognitiver Ziele hat. Allerdings können kleine Klassen von den Beteiligten als motivierend und angenehm empfunden werden und es Lehrkräften erleichtern, sich in ihrem Verhalten auf die besonderen Belange des Unterrichtens von Mädchen einzustellen.

Der bereits zitierte BLK-Modellversuch "Chancengleichheit" erlaubt auch bezüglich der Wirkung der Aufhebung der Koedukation eine Aussage. Allerdings wurde der zeitweise (d.h. jede zweite Unterrichtsstunde) getrenntgeschlechtliche Unterricht nur in einer Unterrichtsvariante erprobt, bei der auch gleichzeitig die Klasse in eine reine Mädchen- und eine Jungenhälfte geteilt wurde. Dies ist insofern zu bedauern, als in Zeiten, in denen schulische Innovationen kostenneutral zu sein haben, diese Variante kaum von Schulen praktikierbar sein dürfte. Immerhin sind die erzielten Effekte so deutlich und dank des Versuchsplans auch von der Wirkung der kleineren Klassen unterscheidbar (in einer anderen Versuchsvariante wurden die Teilklassen koedukativ unterrichtet), daß die Ergebnisse mit einiger Vorsicht auch auf ganze Klassen übertragen werden können. Nicht erprobt wurde dagegen, welche Wirkungen die Aufhebung der Koedukation als alleinige Maßnahme, d.h. ohne Unterstützung durch die Sensibilisierung der Lehrkräfte und durch das an den Interessen der Mädchen orientierte Curriculum, hat.

Mädchen und Jungen erzielten in den zeitweise monoedukativ unterrichteten Modellversuchsklassen im laufenden Schuljahr innerhalb der Meßgenauigkeit gleich gute Physikleistungen, die denen aller anderen Versuchsbedingungen signifikant überlegen sind. Am Ende des Schuljahres haben sich die monoedukativ geförderten Mädchen noch einmal verbessert und sind nun mit Abstand die beste Lerngruppe. Für die Jungen spielte es jedoch bezüglich ihrer Behaltensleistung keine Rolle, ob sie allein oder zusammen mit den Mädchen unterrichtet worden waren. Die Halbierung der Klasse allein hat dagegen zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Einfluß auf den Leistungsstand der Mädchen oder der Jungen gehabt.

Auch die affektiv-emotionalen Wirkungen der Aufhebung der Koedukation sind günstig. Im Gegensatz zu allen anderen Versuchsbedingungen war der monoedukativ erteilte Unterricht als einziger in der Lage, den sonst beobachteten Rückgang des Sachinteresses bei beiden Geschlechtern aufzuhalten. Bezüglich der Entwicklung des physikbezogenen Selbstkonzepts brachte allerdings der getrenntgeschlechtliche Unterricht keine zusätzliche, über das Maß der koedukativ unterrichteten Modellversuchsklassen hinausgehende Verbesserung.

4.3 Maßnahmen, die auf eine Veränderung der Interaktionen zielen

Unter Interaktionen wird hier das Geflecht von sozialen Austauschprozessen verstanden, das im Unterrichtsgeschehen zwischen der Lehrkraft und den Lernenden bzw. zwischen den Lernenden gesponnen wird. Dazu gehören etwa die verbal oder nichtverbal geäußerten Rückmeldungen und Erwartungen, die Gewährung bzw. die Verweigerung von Anerkennung oder die Wartezeit, die eine Lehrkraft für die Beantwortung einer Frage läßt. Man kann sich vorstellen, daß es gerade für Mädchen entscheidend sein kann, inwieweit ihnen die Lehrkraft etwas zutraut und ob sie einen Fehler machen dürfen, ohne daß ihnen der Spott der Jungen entgegenschlägt. Möglicherweise ist der getrenntgeschlechtliche Unterricht (vgl. 4.2) deshalb für die kognitive und affektive Entwicklung der Mädchen (und der Jungen) so zuträglich, weil ein Teil der Situationen, in denen Interaktionen entgleisen können, erst gar nicht auftreten können.

Es ist aber leider auch so, daß Maßnahmen zur Veränderung ungünstiger Interaktionen schwer und nur langfristig zu implementieren sind. Wie soll man Jungen in der Klassengemeinschaft dauerhaft und erfolgreich klarmachen, daß ihr Verhalten gegenüber den Mädchen dem Lern- und Unterrichtsklima schadet? Wie kann man einer Lehrkraft deutlich machen, daß sie unbewußt Signale aussendet, die Mädchen entmutigen, ohne daß solche Hinweise als persönlicher Affront aufgefaßt werden? Aber selbst wenn die Beteiligten ihr bisheriges Verhalten reflektieren lernen und ändern möchten, ist es noch ein weiter Weg von der Einsicht bis zur erfolgreichen Übernahme in das im Alltagshandeln jederzeit verfügbare Repertoire. Entsprechend schwierig ist es, abzuschätzen, ob die geringe Wirkung eines Verhaltenstrainings auf die Untauglichkeit der Trainingsmethode oder auf die noch nicht abgeschlossenen Eingliederung des gewünschten Verhaltens zurückzuführen ist. Modellversuche sind in aller Regel zu kurzlebig, als daß man hier große Wirkungen erwarten darf. Im Modellversuch "Chancengleichheit" war das nicht anders.

In der Vorbereitungsphase dieses Modellversuchs wurden eine Reihe von Anstrengungen unternommen, die teilnehmenden Lehrkräfte für die besonderen Probleme, die Mädchen im Physikunterricht haben können, zu sensibilisieren. Neben Informationen zu geschlechtsspezifischen außerschulischen Sozialisationsbedingungen und Interaktionsprozessen im Unterricht wurden u.a. auch ein Schema zur retrospektiven Selbstbeobachtung eingesetzt und zusammen mit den Lehrkräften ein Leitfaden zur Förderung des Selbstvertrauens von Mädchen entwickelt.

Um etwas über die Wirkung dieser Sensibilisierung aussagen zu können, wurde der Modellversuchsunterricht auch von Lehrkräften erprobt, die weder an der Entwicklung des Unterrichtsmaterials noch an der Sensibilisierungsphase teilgenommen hatten. Auch die Klassen dieser Lehrkräfte zeigten am Ende des Schuljahres ein Physikwissen, das denen der eigentlichen Modellversuchsklassen ebenbürtig und denen der traditionell unterrichteten Kontrollklassen signifikant überlegen war. Bezüglich des Einflusses auf das Sachinteresse und das Selbstkonzept waren die Verhältnisse ähnlich. Daraus kann geschlossen werden, daß die versuchte Sensibilisierung der Lehrkräfte keinen nachweisbaren Einfluß auf die Lernergebnisse hatte. Ob die Sensibilisierung der Lehrkräfte bei der zeitweisen Aufhebung der Koedukation zu der besseren Lernleistung beigetragen hat, konnte im Rahmen des gewählten Versuchsplans nicht geprüft werden. Einige Lehrkräfte haben am Ende des Modellversuchs jedoch gesagt, daß sie jetzt so weit wären, an ihren Verhaltensmustern zu arbeiten, und daß sie mehr Zeit dafür gebraucht hätten. Die wiederholt von der Projektgruppe angeregte retrospektive Reflexion über das eigene Verhalten im Unterricht wurde von den Lehrkräften als nicht einlösbar angesehen. Sie hielten es z.B. für sehr schwierig, im Unterricht "neben sich zu treten" und das eigene Verhalten zu beobachten, bzw. sich dieses nach dem Unterricht nochmals zu vergegenwärtigen. Eine intensive über einen längeren Zeitraum stattfindende Unterrichtsbeobachtung oder Supervision - gegebenenfalls auch eine wechselseitige Unterrichtsbeobachtung durch Kolleginnen oder Kollegen - wurde von den meisten Lehrkräften als Königsweg angesehen, obwohl sie zu Beginn des Modellversuchs diese noch nicht zugelassen hätten.

Ähnliche Erfahrungen liegen aus der Schweiz vor. In einem vom Schweizerischen Nationalfond geförderten Projekt mit ähnlicher Zielstellung (Physik für Jungen und Mädchen) wurden zusammen mit einem Teil der Lehrkräfte Strategien entwickelt, trainiert und durch verschiedene Formen der Supervision gestützt, die ein mädchenfreundliches Klassenklima schaffen sollten. (Wir werden in Kapitel 5 darauf zurückkommen).

Bei der Auswertung dieses Modellversuchs, ließ sich zwar ein signifikanter Zusammenhang herstellen zwischen der Anwendung einiger dieser Strategien und der Einstellung der Schülerinnen und Schüler zur Physik sowie ein schwächer ausgeprägter Zusammenhang mit der Lernleistung, jedoch konnte ein Einfluß des Trainings und der Supervision auf eine vermehrte Praktizierung dieser Strategien nicht nachgewiesen werden. Die Verantwortlichen resümieren ihre Ergebnisse dahingehend, daß die trainierten Lehrkräfte zwar bekundeten, sensibler geworden zu sein, daß die Zeit für das Verhaltenstraining und für die anschließende Supervision aber zu kurz war, um ihr Verhalten im Unterricht nachweisbar zu ändern.

Zusammenfassung von Kapitel 4

Folgende kognitiven und affektiven Wirkungen konnten im Rahmen von Maßnahmen, die geeignet sind, die Situation der Mädchen zu verbessern, nachgewiesen werden:

- Eine Orientierung an den **Interessen** der Mädchen hat günstige Wirkungen auf das langfristig erworbene Wissen von Mädchen und Jungen und auf das physikbezogene Selbstkonzept der Mädchen. Kurzfristig konnte keine Leistungssteigerung gegenüber Kontrollklassen nachgewiesen werden.
- Eine (zeitweise) Aufhebung der Koedukation wirkt sich insbesondere auf die Behaltensleistungen der Mädchen und ihr physikbezogenes Selbstkonzept günstig aus, wenn gleichzeitig eine Interessenorientierung stattfindet. Die (kontrollierte) Wirkung der Monoedukation allein, ist unbekannt.
- Eine (zeitweise) Halbierung der Klassen hat keine signifikanten Wirkungen auf den Leistungsstand, wirkt sich aber auf das Sachinteresse an der Physik positiv aus.
- Ein kurzfristiges Verhaltenstraining hat keinen deutlich nachweisbaren Einfluß auf das Wissen, das Sachinteresse und das Selbstkonzept.
- Keine dieser Maßnahmen ist mit einem Nachteil für die Jungen verbunden.

Die bisherigen Ausführungen geben eine erste Orientierung, wie eine Förderung von Mädchen (und Jungen) im Sinne von Modul 7 aussehen könnte. Was Lehrkräfte in den Netzwerken konkret tun könnten, um erfolgversprechende Maßnahmen in die Praxis umzusetzen, soll im nächsten Kapitel erörtert werden.

5. Wie könnten Arbeitsgruppen in den Schulen Modul 7 weiterentwickeln?

Wir beschränken uns im folgenden auf Vorschläge, die in Zusammenarbeit mit Lehrkräften entwickelt worden sind und die - ggf. in modifizierter Form - auch für die konkrete Arbeit in den Netzwerken genutzt werden könnten.

Die Vorschläge sind - sofern man ihnen folgen will - unterschiedlich schwierig in die Praxis umzusetzen. Relativ einfach realisierbar, wenn stundenplantechnisch vielleicht auch knifflig, sind die Vorschläge zur Organisation einer (zeitweisen) Aufhebung der Koedukation. Wir warnen aber ausdrücklich davor, in einer solchen organisatorischen Maßnahme ein Allheilmittel zu sehen. Wenn sie nicht von anderen, stützenden Maßnahmen begleitet wird, wird man unter Umständen die Situation der Mädchen sogar noch verschlechtern.

Solche Maßnahme sind vor allem in einer Neugestaltung der Unterrichtsinhalte und in Strategien zu sehen, die es Lehrkräften erleichtert, Mädchen benachteiligende Verhaltensmuster zu erkennen und gegebenenfalls abzubauen.

Im Vergleich zur Änderung des eigenen Unterrichtsstils sind nach unserer Erfahrung Lehrkräfte viel eher bereit, eine Änderung oder Schwerpunktverlagerung der Unterrichtsinhalte vorzunehmen. Die Bearbeitung von Unterrichtseinheiten unter einem lebensweltlichen Leitmotiv im Verbund mit den interesselördernden Kontexten, dürfte keine größeren Schwierigkeiten bereiten. Deshalb sollte man mit den dazu im folgenden gemachten Vorschlägen beginnen und sich für die Entwicklung eines Programms zur Verhaltensänderung Zeit nehmen.

Vorschlag für ein Verfahren einen gegebenen (Lehrplan-)inhalt an die Interessen von Mädchen und Jungen anzupassen

Zur Erinnerung: Erhebungen zu allgemeinen Zielen naturwissenschaftlichen Unterrichts und zu den Sachinteressen von Mädchen und Jungen haben folgendes ergeben (vgl. Kapitel 3):

- (1) Was für den naturwissenschaftlichen Unterricht aus pädagogischer Sicht wünschenswert erscheint, kommt den Interessen von Mädchen und Jungen sehr nahe.
- (2) Was für Mädchen interessant ist, ist auch für Jungen interessant, aber nicht umgekehrt. Eine Orientierung an den Interessen der Mädchen ist somit der Ansatzpunkt, den Mädchen entgegenzukommen ohne die Jungen zu benachteiligen.

- (3) Ein gegebener Inhalt kann durch die Einbettung in einen interessanten Kontext und durch die Wahl geeigneter Formen der Erarbeitung (z.B. Schülerexperimente, Gruppenarbeit) so gestaltet werden, daß das Interesse, sich mit diesem Inhalt auseinanderzusetzen, gesteigert wird. Dabei ist allerdings zu beachten, daß die Kontexte nicht nur als kurzfristiger Aufhänger dienen, sondern zu einem integralen Bestandteil des Unterrichts werden.

Eine detaillierte Auswertung der Interessenstudien führte zu einer Liste von Gesichtspunkten, die bei der konkreten Entwicklung von interessegeleiteten Unterrichtseinheiten berücksichtigt werden sollten. Wir geben diese Liste hier in der Form wieder, wie sie von den Lehrkräften des Modellversuchs "Chancengleichheit" modifiziert und zur Grundlage der Entwicklung der Unterrichtsmaterialien gemacht worden ist.

Zehn Gesichtspunkte für die Gestaltung von Unterricht, um ihn insgesamt, besonders aber für Mädchen, interessanter zu machen

1. Wie wird Schülerinnen und Schülern Gelegenheit gegeben, zu staunen und neugierig zu werden, und wie wird erreicht, daß daraus ein Aha-Erlebnis wird?
2. Wie wird an außerschulische Erfahrungen angeknüpft, die zur Vermeidung geschlechtsspezifischer Dominanzen Mädchen und Jungen in gleicher Weise zugänglich sind?
3. Wie wird es Schülerinnen und Schülern ermöglicht, aktiv und eigenständig zu lernen und Erfahrungen aus erster Hand zu machen?
4. Wie wird erreicht, daß Schülerinnen und Schüler einen Bezug zum Alltag und zu ihrer Lebenswelt herstellen können?
5. Wie wird dazu angeregt, die Bedeutung der Naturwissenschaften für die Menschen und die Gesellschaft zu erkennen und danach zu handeln?
6. Wie wird der lebenspraktische Nutzen der Naturwissenschaften erfahrbar gemacht?
7. Wie wird ein Bezug zum eigenen Körper hergestellt?
8. Wie wird die Notwendigkeit und der Nutzen der Einführung und des Umgangs mit quantitativen Größen verdeutlicht?
9. Wie wird sichergestellt, daß den Formeln ein qualitatives Verständnis der Begriffe und ihrer Zusammenhänge vorausgeht?
10. Wie kann vorzeitige Abstraktion vermieden werden zugunsten eines spielerischen Umgangs und unmittelbaren Erlebens?

Die Grundidee, mit dieser Liste konstruktiv umzugehen, ist einfach. Ein gegebenes Unterrichtsthema wird daraufhin befragt, wo es etwas zu Staunen gibt, worin die mutmaßlichen Vorerfahrungen liegen, welche Möglichkeiten für Erfahrungen aus erster Hand (z.B. Schülerversuche) gesehen werden etc. Dieses Ausloten eines Themas geht im allgemeinen schnell und ohne größere Mühe vor sich, und es werden einem Thema oft ganz neue Seiten abgewonnen. Die Schwierigkeiten beginnen, wenn es darum geht, aus dieser Ideensammlung einen geschlossenen Unterrichtsentwurf zu machen. Die unverbunden nebeneinanderstehenden Gesichtspunkte verleiten nämlich dazu, z.B. den lebenspraktischen Nutzen an einem bestimmten technischen Objekt, den Körperbezug an der Physik eines Sinnesorgans oder den Gesellschaftsbezug an der wirtschaftlichen Bedeutung einer bestimmten Technologie in den Unterricht tragen zu wollen. Häufig sind diese spontanen Einfälle für sich allein genommen überzeugend, passen aber nicht so recht zusammen. Um einer ungunstigen Zerstückelung des Unterrichts vorzubeugen, hat sich folgendes Prinzip bewährt:

Ein Unterrichtsthema wird von vorneherein auf einen für Schülerinnen und Schüler interessanten Bereich thematisch begrenzt. Man könnte auch sagen: Jedem Thema wird ein bestimmtes Leitmotiv unterlegt, und die Auslotung im Sinne der 10 Gesichtspunkte erfolgt innerhalb der durch das Leitmotiv vorgegebenen Grenzen.

So sind zum Beispiel im Modellversuch "Chancengleichheit" die vorgegebenen fünf Lehrplanthemen in folgender Weise (leitmotivisch) umgedeutet worden:

Schallerzeugung und Schallausbreitung

→ *Wir bauen Musikinstrumente und messen Lärm*

Geschwindigkeit und Kraft

→ *Wir untersuchen den Fahrradhelm und messen Geschwindigkeiten und Kräfte*

Wärmeausbreitung, Ausdehnung bei Erwärmung, Temperaturmessung

→ *Wärme und Wärmequellen beim Zubereiten von Speisen*

Elektrischer Strom, Magnetismus

→ *Von einfachen Schaltungen und raffinierten Schaltern*

Die geradlinige Ausbreitung des Lichts

→ *Wir machen Bilder*

Die Entwicklung der Materialien von der ersten Skizze bis zur Endfassung wurde im großen und ganzen für jede Unterrichtseinheit in folgenden Schritten durchgeführt:

- (1) Finden eines geeigneten Leitmotivs. Dieser Schritt erforderte meistens mehrere Anläufe. So waren z.B. in der Wärmeeinheit zunächst auch "Wärmeschutz im Haus" und in der Optikeinheit "Beleuchtung im Theater" Kandidaten, die dann aber wegen ihres Mädchen weniger ansprechenden technischen Charakters bzw. ihres ungewohnten Ambientes wieder verworfen wurden.
- (2) Ausloten des Themas innerhalb des durch das Leitmotiv vorgegebenen Grenzen anhand der 10 Gesichtspunkte
- (3) Erarbeiten einer ersten Unterrichtsskizze auf der Grundlage der in (2) zusammengetragenen Stichworte und unter Berücksichtigung der dem Thema innewohnenden physikalischen Sachlogik
- (4) Detailliertes Ausarbeiten der Unterrichtsskizze in Form von Beschreibungen einzelner Unterrichtsaktivitäten und der zu erreichenden Lernergebnisse, Sammeln von Hintergrundmaterial etc.
- (5) Entwickeln eines Wissenstests zur Überprüfung des Lernerfolgs und Erarbeiten eines die wesentlichen Inhalte der Unterrichtseinheit zusammenfassenden Textes, der als Lernunterlage für die Schülerinnen und Schüler konzipiert war
- (6) Erproben der Unterrichtseinheit und Vorgeben des Wissenstests
- (7) Erstellen einer "Wunschliste" von jeder Lehrkraft, was geändert und was beibehalten werden sollte, und Überarbeiten der Einheit.

Für die Endfassung wurde eine Form gewählt, die großzügig genug ist, um situationsbedingte Abweichungen oder Umstellungen sowie eigene Ergänzungen zu ermöglichen, aber auch detailliert genug, um nicht an der Entwicklung beteiligten Unterrichtspraktikern verständlich zu machen, was und wie es gemeint ist.

In Kapitel 6 geben wir ein Beispiel. Die vollständigen in diesem Rahmen entwickelten Materialien sind in einem gesonderten Band erschienen:

Walter Faißt, Peter Häußler et al.: Physik-Anfangsunterricht für Mädchen *und* Jungen - Konzeption und fünf ausgearbeitete Unterrichtsbeispiele.
IPN - Materialien. Kiel: IPN, 1994.

Vorschläge zur Einrichtung geschlechtshomogener Lerngruppen

Wie in Kapitel 4 näher ausgeführt worden ist, haben sich verschiedene Formen der Aufhebung der Koedukation im naturwissenschaftlichen Unterricht als für die Mädchen günstig erwiesen. Positive Erfahrungen liegen vor allem für den Anfangsunterricht vor.

Von Seiten der am Modellversuch "Chancengleichheit" beteiligten Lehrkräfte wurde die Trennung von Mädchen und Jungen insbesondere im Zusammenhang mit Schülerversuchen als hilfreiche Maßnahme angesehen. An Organisationsmodellen wurden zusätzlich zu der im Modellversuch praktizierten Variante (Trennung in jeder zweiten Unterrichtsstunde) folgende Möglichkeiten vorgeschlagen:

Die Klasse könnte in geschlechtshomogene Gruppen über einen Zeitraum von nur wenigen Wochen geteilt werden.

Wo eine Trennung nach Geschlechtern schwierig ist, könnte ein zusätzliches Angebot für Mädchen (etwa im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft) eine Alternative sein.

Getrenntgeschlechtlicher Unterricht könnte auch für die Mädchen bzw. die Jungen zweier Parallelklassen organisiert werden. Die letztgenannte Variante hätte auch den Vorteil, daß sie (fast) kostenneutral durchzuführen wäre.

Die Dauer der Monoedukation sollte sich an der Entwicklung des naturwissenschaftsbezogenen Selbstkonzepts orientieren. Hat sich das Selbstvertrauen der Mädchen, auch in den Naturwissenschaften etwas leisten zu können, hinreichend stabilisiert, könnte zur Koedukation zurückgekehrt werden.

Vorschläge zur Entwicklung von Strategien zur Verbesserung des Interaktionsgeschehens

Will man das Interaktionsgeschehen im Unterricht verändern, sollte man sich zunächst sowohl das unterschiedliche Verhalten von Mädchen und Jungen als auch die eigenen internalisierten Rollenstereotype und geschlechterbezogenen Verhaltensweisen bewußt machen. Darauf aufbauend können dann unterschiedliche Strategien zur Veränderung des Interaktionsgeschehens erprobt werden.

(1) Das Beispiel "Physik für Mädchen und Jungen"

Im Rahmen des in der Schweiz durchgeführten Modellversuchs "Physik für Mädchen und Jungen" wurden mit in Zusammenarbeit mit den teilnehmenden Lehrkräften folgende Strategien vorgeschlagen und ihre Wirksamkeit auf die Einstellung der Schülerinnen und Schüler und in abgeschwächter Form auf die Lernleistung nachgewiesen:

- Mädchen und Jungen die gleiche Aufmerksamkeit widmen
- Genügend Zeit für die Beantwortung einer Frage lassen
- Positive Rückmeldungen geben
- Mädchen nicht nur für Fleiß, sondern auch für ihre Physikleistungen loben
- Den Eindruck vermeiden, Physik sei Männersache oder nur etwas für Hochbegabte
- Den Mädchen signalisieren, daß sie nicht weniger weiblich sind, wenn sie sich für Physik interessieren und in diesem Fach etwas leisten
- Die unterschiedlichen Vorerfahrungen von Mädchen und Jungen berücksichtigen
- Physik, wo immer möglich, auf menschliches Tun beziehen
- Diskussionen anregen
- Getrenntgeschlechtliche Gruppen für Diskussionen und Schülerübungen einrichten
- Kooperation fördern und Konkurrenz unterdrücken.

(2) Das Beispiel "Modellversuch Chancengleichheit"

Im Rahmen des in Schleswig-Holstein durchgeführten Modellversuchs "Chancengleichheit" wurde zusammen mit den Lehrkräften ein Leitfaden zur Förderung des Selbstvertrauens von Mädchen, in den naturwissenschaften etwas leisten zu können, entwickelt. Mädchen scheinen schlechte "Futterverwerter" zu sein, wenn es darum geht, ein positives Selbstbild über die eigene Leistungsfähigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht aufzubauen. Während Jungen gute Leistungen in der Regel in eine Stärkung ihres Selbstvertrauens umzusetzen vermögen und bei Mißerfolgen geneigt sind, die Gründe eher bei anderen oder in widrigen Umständen als bei sich selbst zu suchen, verfügen Mädchen offenbar in geringerem Maße über solche Fähigkeiten. Während Jungen eher dazu neigen, gute Leistungen auf eigene Fähigkeiten und ungenügende Leistungen, wenn schon auf die eigenen Person, dann auf fehlende Anstrengung zurückzuführen, tendieren Mädchen weniger dazu, gute Leistungen auf eigene Kompetenz zurückzuführen. Vielmehr führen sie gute

Leistungen häufig auf eigene Anstrengung und das Wohlwollen der Beurteiler zurück und ungenügende Leistungen auf mangelnde Begabung. In diesem Sinne wurden zunächst typische Unterrichtssituationen gesammelt, die für die Entwicklung des Selbstbildes von Mädchen kritisch sind, also etwa Situationen in denen Mädchen übergangen, bloßgestellt oder entmutigt werden. Für diese Situationen wurden dann nach Verhaltensweisen gesucht, die auf die Entwicklung des Selbstbildes einen positiven bzw. einen negativen Einfluß haben könnten. Sowohl der Katalog der Situationen, als auch die in der jeweiligen Situation förderlichen bzw. ungeeigneten Verhaltensweisen wurden über einen längeren Zeitraum ergänzt und überarbeitet. Hier einige Beispiele.

Situation 1: Ein Mädchen signalisiert bei einer relativ leichten Anforderung Hilfslosigkeit.
--

Dies kann als Indikator für geringes Selbstvertrauen in die eigene Leistung gewertet werden. Eine andere Interpretationsmöglichkeit wäre, daß das Mädchen mit ihrer Hilfslosigkeit kokettiert, um Aufmerksamkeit zu erlangen.

Verhalten, das nicht geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Die Hilfestellung wird bereitwillig gewährt. das würde das Selbstbild der eigenen Unfähigkeit nur noch verstärken, auch dann, wenn die gezeigte Hilfslosigkeit zunächst nur zur Erlangung von Aufmerksamkeit gedacht war.
- b) Wiederholen (betonen oder hervorheben), daß das Mädchen etwas nicht kann
- c) Einen guten Schüler auffordern: "Komm, erklär ihr das mal"

Verhalten, das geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Das akzeptiere ich nicht. Ich halte dich nicht für so dumm, wie du jetzt tust. (Ich bin sicher, daß du da auch alleine draufkommst.) Fang erst einmal an.
- b) Die Frage ernstnehmen und nachfragen: Wie weit bist du gekommen? Was genau hast du nicht verstanden? Impulse geben als Hilfe zur Selbsthilfe.
- c) Setzt euch mal in Gruppen zusammen (bildet mit euren Sitznachbarinnen oder -nachbarn Zweier- oder Dreiergruppen) und versucht das zu lösen.

Situation 2:	Ein Junge macht sich (wiederholt) über den Beitrag eines Mädchens lustig.
--------------	---

Verhalten, das nicht geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Die Bemerkung wird ignoriert (signalisiert Zustimmung)

Verhalten, das geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Die Bemerkung wird aufgegriffen und darauf hingewiesen, daß dieses Verhalten weder kollegial noch hilfreich ist.
Es wird vereinbart, daß zukünftig über Beiträge von Mitschülerinnen und Mitschülern keine abwertenden Bemerkungen gemacht werden sollen. Die Frage an das Mädchen wird neu gestellt. In der Folge wird zunächst auf diese Vereinbarung verwiesen. Wenn dies nicht hilft, wird mit der Klasse gemeinsam überlegt, wie dies zu ändern ist.
Es ist abzuwägen, ob das betroffene Mädchen dadurch eventuell nicht noch stärker in den Mittelpunkt rückt und sich noch stärker bloßgestellt fühlen kann. Gegebenenfalls sollte man eine entsprechende Situation mit Jungen als Zielscheibe der Belustigung als Ausgangspunkt für die Vereinbarung nehmen.
- b) Ich (die Lehrkraft) toleriere das nicht und setze als fachliche und menschliche Autorität Schranken.
- c) Zu Beginn einer der folgenden Stunden wird das Problem angesprochen: mir ist aufgefallen, daß sich einige von euch über die Beiträge von Mitschülerinnen und Mitschülern lustig machen; Toleranz einfordern.

Situation 3:	Einem Mädchen soll mitgeteilt werden, daß man mit ihrer Leistung zufrieden ist
--------------	--

Verhalten, das nicht geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Das Lob bezieht sich auf "weibliche" Tugenden: Mühe, Ordentlichkeit, Fleiß. Das signalisiert, daß die Leistung hinsichtlich Originalität und eigenständiger gedanklicher Leistung nicht lobenswert ist. Wenn die Leistung außer der Mühe und Sorgfalt tatsächlich nicht lobenswert ist, sollte man lieber überhaupt nicht darauf eingehen.
- b) Das Lob bezieht sich auf das Lösen leichter Aufgaben, so daß Lob und Leistung in keinem ausgewogenen Verhältnis stehen. Das kann signalisieren, daß ihr auch nicht mehr zugetraut wird.

Verhalten, das geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Das Lob nimmt (falls das berechtigt ist, sonst kann es als Ironie mißdeutet werden) explizit Bezug darauf, daß es eine originelle oder eigenständige geistige Leistung ist
- b) Zufriedenheit signalisieren, vor allem auch durch nonverbale Gestik
- c) Im Unterricht darauf zurückgreifen und die Schülerin dabei namentlich nennen

- d) Wenn es im Unterricht nicht möglich war, dann möglichst nach dem Unterricht, die Schülerin kurz auf ihren guten Beitrag ansprechen.

Die Kombination von b) und c) scheint besonders günstig zu sein.

Situation 4:	Einem Mädchen soll mitgeteilt werden, daß man mit ihrer Leistung nicht zufrieden ist
--------------	--

Verhalten, das nicht geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Es wird deutlich gemacht, daß aufgrund ihrer mangelnden Begabung von ihr auch nichts anderes erwartet wurde. Das signalisiert, daß die Situation ausweglos und jede Anstrengung zum Scheitern verurteilt ist.
- b) Im Zusammenhang mit der Bewertung einer Leistung als magelhaft wird "anerkannt", daß sich die Schülerin bemüht hat (signalisiert, du hast dich zwar angestrengt, aber deine Fähigkeiten reichen nicht aus)

Verhalten, das geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

Generell: Spekulationen über die Begabung haben im Unterricht nichts zu suchen. Äußerungen zur Begabung sind, wenn überhaupt auf Einzel- oder Beratungsgespräche zu beschränken.

- a) Es wird deutlich gemacht, daß man von ihr mehr erwartet hätte und daß, wenn sie mehr tun würde, auch bessere Leistungen erzielen würde. Das signalisiert, daß ihr bessere Leistungen zugetraut werden. (Wird von einigen Lehrkräften als problematisch gesehen)
- b) Der Schülerin Mut machen und gemeinsam mit ihr Vorschläge erarbeiten, was sie machen kann, um ihre Leistung zu verbessern.

Situation 5: Ein Mädchen traut sich nicht, eine eigene Idee beizusteuern
--

Verhalten, das nicht geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Die Passivität ignorieren und damit akzeptieren. Das signalisiert, daß mehr Aktivität auch nicht erwartet wird.
- b) Die Passivität vor der Klasse ansprechen, ohne unterstützende Maßnahmen zu ergreifen, die das Mädchen aus seiner Passivität herausholt
- c) Das Mädchen nur zu Wiederholungsaufgaben und "leichten" Aufgaben heranziehen, und den Jungen die "eigentlichen" Aufgaben stellen.
- d) Das Mädchens ermuntern durch Formulierungen, die eher zu einer Blockade führen, wie z.B.: nun sei einmal etwas kreativ!

Verhalten, das geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Die Ideen in Stillarbeit (oder in Kleingruppen) entwickeln und aufschreiben lassen. Das Mädchen oder eine Mädchengruppe bitten, die Idee vorzutragen.
- b) Das Mädchen zur Vorführung von Experimenten (Demonstrationsexperimenten) heranziehen.
- c) Das Mädchen lange genug ermunternd anschauen (nonverbale Aufforderung). Wenn sie dem Blick standhält auffordern, ihre Ideen zu äußern. Bei richtiger Antwort unterstützende Rückmeldung: "warum meldest du dich nicht?"

Situation 7: Ein Junge dokumentiert seine Überlegenheit mit Begriffen und Kenntnissen über Sachverhalte, die noch nicht Thema des Unterrichts waren.

Generell: Inwieweit es sich dabei um gesichertes Wissen oder nur um "Scheinwissen" handelt, wird häufig im Unterricht nicht hinterfragt. Dies führt zu einer Verunsicherung der Mädchen und steigert ihr Unterlegenheitsgefühl. Häufig werden auch Begriffe eingestreut, die in dem gerade behandelten Zusammenhang nichts verloren haben.

Verhalten, das nicht geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Die Begriffe unhinterfragt und ohne eine Erläuterung als selbstverständlich voraussetzen und ggf. im folgenden Unterricht aufgreifen
- b) Die Begriffe kurz erläutern und den folgenden Unterricht darauf aufbauen

Verhalten, das geeignet ist, das Selbstbild positiv zu beeinflussen:

- a) Nachfassen, inwieweit der Junge die Begriffe selbst verstanden hat
- b) Wenn der Beitrag zu weit vorgreift oder das Stundenziel vorwegnimmt: einsichtig machen, daß der Beitrag zur Zeit nicht so gut paßt, eventuell später wieder aufgreifen

Möglichkeiten, sich das Interaktionsgeschehen im Unterricht zu vergegenwärtigen, wie etwa gegenseitige Hospitationen mit bestimmten Beobachtungsvereinbarungen, die Erfassung des Schülerverhaltens anhand eines vorgegebenen Kriterienkatalogs oder die Benutzung eines Schemas zur retrospektiven Selbstbeobachtung, werden in folgendem Bericht erläutert:

Lore Hoffmann, Peter Häußler, und Sabine Peters-Haft (1997). An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht. Ergebnisse eines Modellversuchs. IPN 155. Kiel: IPN.

6. Unterrichtsbeispiele

Gelegentlich wird die Vermutung geäußert, die Vorschläge zur Entwicklung eines an den Interessen der Jugendlichen orientierten Unterrichts, wie wir sie in Kapitel 5 dargelegt haben, wären in erster Linie für den Anfangsunterricht brauchbar. In höheren Jahrgangsstufen müsse man aber doch irgendwann zur Sache kommen, und spätestens dann würde die Fachsystematik im Vordergrund stehen müssen und die lebensweltlichen Einbettungen hätten zurückzutreten. Dem können wir aufgrund des Forschungsstandes nicht zustimmen. Wir vertreten vielmehr den Standpunkt, daß sich eine fachsystematische und eine lebensweltliche Orientierung naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht ausschließen, sondern sich gegenseitig stützen: Die Anbindung der Inhalte an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sorgt dafür, daß sie die Sinnhaftigkeit naturwissenschaftlichen Tuns erfassen können. Die Bezugnahme auf das verfügbare, in den Naturwissenschaften angesammelte Wissen sorgt für die Entwicklung einer Begrifflichkeit, die über das an konkrete Situationen gebundene Wissen hinausgeht und eine Verallgemeinerung ermöglicht, die die Vielzahl der episodenhaften Einzelfälle einschließt.

Auch in den nachfolgenden Beispielen sollte deutlich werden, daß die Verzahnung von Lebenswelt und Systematik der wissenschaftlichen Disziplinen nicht auf eine bestimmte Altersstufe beschränkt oder an ein bestimmtes Niveau der Behandlung im Unterricht gebunden ist. Wenn die ausgearbeiteten Beispiele ausschließlich dem Anfangsunterricht zuzuordnen sind, dann liegt das daran, daß sie im Zusammenhang mit einem Modellversuch für siebente Klassen entstanden sind.

6.1 Unterrichtsbeispiele für den Physik-Anfangsunterricht

Unterrichtsbeispiel 1:

Schallerzeugung und Schallausbreitung

→ *Wir bauen Musikinstrumente und messen Lärm*

Bei dieser Unterrichtseinheit soll es (laut Lehrplan) um eine Einführung in die Akustik gehen, bei der im wesentlichen einige Grundbegriffe wie Schwingung, Frequenz, Tonhöhe, Schwingungsweite (Amplitude) und Lautstärke geklärt werden und einfache Vorstellungen zur Erzeugung, Ausbreitung und Wahrnehmung von Schall vermittelt werden. Bei der Diskussion darüber, welches Leitmotiv einer solchen Einführung zu unterlegen wäre, schälten sich sehr bald zwei Möglichkeiten heraus: (1) Der Bau von Musikinstrumenten und das Erarbeiten der Grundbegriffe und der Vorstellungen am Beispiel der selbstgebauten Instrumente und (2) das Phänomen

Lärm, die Wirkungen von Lärm und Möglichkeiten des Lärmschutzes. Beide Auslegungen erschienen sowohl vom Lehrplan als auch von der Interessenlage der Schülerin-nen und Schüler geeignet, und da sie sich gegenseitig auch keine Konkurrenz machen, wurde beschlossen, in einem ersten Teil die **Musikinstrumente** zu bauen und die Grundlagen zu erarbeiten und in einem zweiten Teil den **Lärm** in den Mittelpunkt zu stellen (mit einer Überleitung durch eine Rockband!).

Beim Ausloten des Themas anhand der

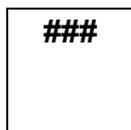
"Zehn Gesichtspunkte für die inhaltliche Gestaltung von Unterricht, um ihn insgesamt, besonders aber für Mädchen, interessanter zu machen", wurden folgende Stichworte gesammelt:

1. Wie wird Schülerinnen und Schülern Gelegenheit gegeben, zu staunen und neugierig zu werden, und wie wird erreicht, daß daraus ein Aha-Erlebnis wird?
Allmähliches Verstummen einer Schallquelle in einem Rezipienten beim Herauspumpen der Luft; Resonanzphänomene an Musikinstrumenten; Flackern einer Kerze vor einem Baßlautsprecher
2. Wie wird an außerschulische Erfahrungen angeknüpft, die zur Vermeidung geschlechtsspezifischer Dominanzen Mädchen und Jungen in gleicher Weise zugänglich sind?
Erfahrungen mit Musikinstrumenten; Hörerfahrungen (angenehme und unangenehme Empfindungen); Belästigung durch Lärm
3. Wie wird es Schülerinnen und Schülern ermöglicht, aktiv und eigenständig zu lernen und Erfahrungen aus erster Hand zu machen?
Bau von Musikinstrumenten unterschiedlicher Art; Schülerversuche zur Tonhöhe und Lautstärke mit diesen Instrumenten; Versuche zum Lärmschutz und Lärmpegelmessungen in der Umgebung der Schule
4. Wie wird erreicht, daß Schülerinnen und Schüler einen Bezug zum Alltag und zu ihrer Lebenswelt herstellen können?
Lärmschutzmaßnahmen in der Umgebung; Lärm in Discos
5. Wie wird dazu angeregt, die Bedeutung der Naturwissenschaften für die Menschen und die Gesellschaft zu erkennen und danach zu handeln?
Physikalische Methoden zur Lärmbekämpfung; Notwendigkeit von Lärmschutzverordnungen
6. Wie wird der lebenspraktische Nutzen der Naturwissenschaften erfahrbar gemacht?
Kompensation von Gehörschäden durch Hörhilfen; Möglichkeiten, Lärm zu vermeiden oder durch Lärmschutzmaßnahmen zu verringern
7. Wie wird ein Bezug zum eigenen Körper hergestellt?
Subjektive Empfindungen gegenüber Schallereignissen; Gehörschäden; "Hören" mit dem ganzen Körper; Trommelfell als schwingende Membran
8. Wie werden die Notwendigkeit und der Nutzen der Einführung und des Umgehens mit quantitativen Größen verdeutlicht?

Zusammenhänge (etwa zwischen Frequenz und Tonhöhe) werden nur als "je-desto-Beziehungen" eingeführt.

9. Wie wird sichergestellt, daß den Formeln ein qualitatives Verständnis der Begriffe und ihrer Zusammenhänge vorausgeht? Entfällt (s. Punkt 8)
10. Wie kann vorzeitige Abstraktion vermieden werden zugunsten eines spielerischen Umgangs und unmittelbaren Erlebens?
Die akustischen Grundbegriffe Frequenz und Amplitude werden anhand selbstgebauter Musikinstrumente eingeführt. Die Schallausbreitung wird durch Mitschwingen der umgebenden Materie (z.B. Luft) erklärt. Auf die Abstraktion, daß die Schallausbreitung auch als Energieausbreitung gedacht werden kann, wird verzichtet.

Die Ausarbeitung führte schließlich nach dem in Kapitel 5 näher beschriebenen Verfahren zu folgendem detailliertem Unterrichtsentwurf. Folgende graphische Symbole sollen die Übersicht über das Unterrichtsbeispiel erleichtern:



steht für den ersten von mehreren thematisch geschlossenen Blöcken, die jeweils einige Unterrichtsstunden umfassen. Es bleibt Ihnen überlassen, wie Sie die beschriebenen Unterrichtsaktivitäten ergänzen oder modifizieren und welche Sie zu einer Unterrichtsstunde zusammenfassen möchten.

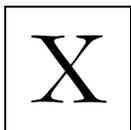
Jeder Block ist in einzelne Unterrichtsabschnitte unterteilt. Diese überwiegend in Frageform formulierten Unterrichtsabschnitte innerhalb eines Blockes erscheinen jeweils eingerahmt:

Um was geht es in diesem Unterrichtsabschnitt?

In jedem Unterrichtsabschnitt werden Hinweise gegeben in Form von:



Hier werden Unterrichts-**A**ktivitäten vorgeschlagen



Hier werden umfangreichere **E**xperimente beschrieben



Das soll in diesem Unterrichtsabschnitt gelernt werden!

Unterrichtsbeispiel 1: Wir bauen Musikinstrumente und messen Lärm

Grundlagen der Schallerzeugung und Schallausbreitung (ca. 5 Unterrichtsstunden)

###

Wie können wir verschiedene Schallquellen ordnen?

A

Die von der Lehrkraft und eventuell von Schülerinnen und Schülern mitgebrachten Schallquellen (z.B. Gitarre, Blockflöte, Glocke, Tambourin, Rassel, Trommel) werden zunächst vorgestellt und die Schallereignisse beschrieben.

Dabei gibt es verschiedene Ordnungskriterien, z.B.
nach der Art der Schallerzeugung,
nach Instrumentengruppen,
nach Tönen und Geräuschen

Worin unterscheidet sich das Gehörte?

!

Im Unterrichtsgespräch soll geklärt werden:
Töne kann man nachsingen, Geräusche kann man nicht nachsingen.
(Zu beachten ist, daß diese Klassifizierung evtl. schon aus dem Musikunterricht bekannt ist.)

Was ist die Ursache des Schalls?

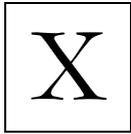
A

Es wird gezeigt bzw. erfühlt, daß eine Membran, eine Glocke, eine Saite oder ein einseitig eingeklemmtes Lineal schwingt.

!

Gemeinsame Ursache für Töne und Geräusche sind Schwingungen der Schallquelle.

Wie kommt der Schall von der Schallquelle zum Ohr?



Demonstrationsexperiment: Vor einem Lautsprecher wird eine Kerze aufgestellt und das Flackern beobachtet. (Wer über einen Baßlautsprecher verfügt, kann auch die Schulkinder direkt den Schall mit dem ganzen Körper spüren lassen).
Demonstrationsexperiment: Eine Stimmgabel bringt eine zweite (identische) zum Mitschwingen.



Von der Schallquelle wird die Schwingung auf die Luft der Umgebung übertragen. Dabei schwingt (schwingen) die Luft (die Luftteilchen) wie vorher die Schallquelle hin und her.

Diese Hin- und Herbewegung der Luft überträgt sich auf die Kerze, die zweite Stimmgabel, das Trommelfell des Ohres ... und bringt diese zum Mitschwingen.

Diese Übertragung erfordert eine gewisse Zeit. (Hinweis: Die Schallgeschwindigkeit wird im 3. Unterrichtsbeispiel gemessen).

Bau einfacher Musikinstrumente



Die Schülerinnen und Schüler bauen in kleinen Gruppen nach Anleitung (s. die Kopiervorlagen auf den nächsten Seiten) einfache Musikinstrumente der verschiedenen Instrumentengruppen (Fingerklavier, Schlauchflöte, Panflöte, Zupfbaß, Banjo, Harfe).

Anmerkungen:

Zur Einführung der Begriffe Frequenz und Amplitude ist der Zupfbaß am besten geeignet. Er sollte deshalb auf jeden Fall gebaut werden, zumal er einfach herzustellen ist.

Die Harfe und das Fingerklavier sind von Hörungeübten schwer zu stimmen.

Welche physikalischen Größen bestimmen die Tonhöhe und die Lautstärke des Schalls?



Ein Notenblatt (s. Kopiervorlage) wird projiziert und erörtert, daß es Angaben über die Tonhöhe, die Tonlänge und die Lautstärke enthält.

Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, auf ihren Instrumenten laute und leise, hohe und tiefe Töne zu erzeugen.



1. Die Lautstärke wird durch die Größe der Auslenkung der Saiten (Zupfbaß, Harfe, Banjo) oder der Fingerklaviertasten bzw. der Stärke des Anblasens beim Flöten bestimmt. Je größer die Auslenkung bzw. je stärker angeblasen wird, um so lauter ist der erzeugte Ton.

2. Die Tonhöhe hängt bei den Saiteninstrumenten von der Spannung der Saiten ab (je straffer, um so höher ist der Ton). Beim Fingerklavier und den Flöten hängt die Tonhöhe von der Länge ab. Je länger die Klaviertasten bzw. je länger die Flöten, um so tiefer ist ihr Ton.

Die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde nennt man die Frequenz. Sie wird in der Einheit Hertz (abgekürzt Hz) angegeben.

Beispiel: Eine Stimmgabel, die 440 Schwingungen in einer Sekunde ausführt, hat eine Frequenz von 440 Hz.

Hinweis: Hier bietet es sich an, die Hörgrenzen zu bestimmen und über die Hörgrenzen von Tieren zu sprechen (s. Kopiervorlage)

Kann sich Schall auch im luftleeren Raum ausbreiten?

A

Demonstrationsexperiment: Klingel im Rezipienten

!

Im luftleeren Raum kann sich Schall nicht ausbreiten, weil die Schwingungen nicht weitergegeben werden können.

Ist Luft der einzige Träger für den Schall?

A

Schülerübung: Schnurtelefon z.B. mit Joghurtbecher bauen.
Demonstrationsexperimente: Stimmgabel oder Spieluhr mit und ohne Resonanzkörper (Tischplatte, Stirn).
Eine Unterwasserschallquelle installieren (z.B. Klingel mit Batterieantrieb in wasserdichter Gefrierbox).

Im Unterrichtsgespräch kann auf die Schallausbreitung unter Wasser (Wale, Delphine, Geräusche von Motorboote) eingegangen werden.

!

Träger für Schall können auch feste und flüssige Stoffe sein.

###

Lärmmessung und Lärmschutz (ca. 2 - 3 Unterrichtsstunden)

Was ist Lärm?

A

Der Klasse werden ohne weiteren Kommentar von einer Kassette unangenehme Geräusche (mittlerer Schallpegel 85...90 dB(A)) vorgespielt. Nach etwa drei Minuten folgt mit gleicher Lautstärke Discomusik. Zwei SchülerInnen haben vor der Stunde -ohne Mitwissen der anderen- den Auftrag erhalten, während der gesamten Demonstration die Mimik und das Verhalten ihrer Mitschülerinnen und -schüler zu beobachten, um es anschließend zu beschreiben.

!

Lärm ist eine subjektive, also vom Erleben jedes einzelnen abhängige Empfindung.

Wie kann man die Lautstärke messen?

Vortrag der Lehrkraft: Der Lärmpegelmesser wird vorgestellt und die dB(A)-Skala in Verbindung mit der Folie "Gesetzliche Richtwerte für Lärm" erläutert.

X

Versuch: Nach vorheriger Schätzung werden einige Lärmpegelmessungen durchgeführt (z.B. Hörprobe aus dem 1. Versuch (Discomusik, Geräusche) oder Lärmpegel eines Walkmans in der für die Kinder gewohnten Lautstärke oder Straßenlärm). Die gemessenen Werte (z.B. 90 dB am Kopfhörer eines Walkman) werden an der Tafel zusammengestellt

!

Menschen sind häufig - manchmal sogar freiwillig - Lautstärken ausgesetzt, die gesundheitsschädlich sind.
Für viele Bereiche (z.B. Lärm am Arbeitsplatz/Verkehrslärm) ist eine Lärmmessung (Messung der Schall-Lautstärke) notwendig.

X

Vergleich des Schallpegels von zwei identischen Schallquellen (z.B. zwei Klingeln) mit dem von nur einer Schallquelle.

!

Bei Verdoppelung der Lärmquelle zeigt der Schallpegelmesser nicht etwa das Doppelte, sondern 3 dB(A) mehr an.

Unter welchen Bedingungen führt Lärm zu gesundheitlichen Schädigungen?

A

Vortrag der Lehrkraft: Das Risiko, einen Hörverlust zu erleiden, steigt einerseits mit dem mittleren Schallpegel, andererseits mit der Dauer der Lärmeinwirkung. Im allgemeinen gilt Schall ab 85 dB(A) über den ganzen Tag als gefährlich. Andererseits entsprechen aber 85 dB(A) für 8 Stunden in der Wirkung 91 dB(A) für nur 2 Stunden (Walkman/Discolärm). Gesundheitliche Schäden durch Lärm erfahren weite Teile der Bevölkerung in Form von Schlaflosigkeit, Magenbeschwerden, mangelnder Konzentrationsfähigkeit.

Wie kann man sich vor Lärm schützen?

Es werden verschiedene Materialien bereitgestellt, die geeignet sein könnten, den Schallpegel einer Lärmquelle (z.B. einer Klingel) zu reduzieren (offene Holzkiste, Pappkarton, Schaumstoffmatte, Styropor, Rezipient, Kleidungsstücke).

X

Es soll zunächst mit jedem einzelnen Teil aus der Materialsammlung der Einfluß auf die Lärminderung gemessen werden. Die SchülerInnen messen nach jeder Maßnahme den Schallpegel. Dann werden alle Maßnahmen in ihrer Gesamtwirkung untersucht.

!

Der **direkte Schall** durch die Luft wird durch "Wände" mehr oder weniger behindert. Der **Körperschall** über den Boden (Tisch) wird durch eine weiche Unterlage verringert. Die größte Lärminderung erhält man durch eine Kombination aller Maßnahmen.

Die "Wand" behindert zwar die Schallausbreitung nach draußen, doch wie wirkt sie sich auf der der Lärmquelle zugewandten Seite aus?

X

- Lärmquelle und Lärmpegelmessgerät werden unter eine Glasglocke (Rezipient) gestellt und der Lärmpegel gemessen.
- Die Messung wird bei abgenommener Glasglocke wiederholt.
- Die Glasglocke wird mit Eierkartons ausgekleidet.

An einer Wand wird der Schall reflektiert. Außen wird es deshalb leiser, innen lauter. Der **Reflexionschall** kann gemildert werden, wenn die Wand mit weichem Material gepolstert ist.

!

Materialien, die den Schall reflektieren, werden schalldämmend genannt. Materialien, die den Schall verschlucken (absorbieren) werden schalldämpfend genannt.

Wie kann man sich zusätzlich vor Lärmbelästigung schützen?

A

Schülerinnen und Schüler erhalten Gelegenheit, Maßnahmen zum "persönlichen Gehörschutz" (Gehörschutzkapseln, Ohrstöpsel) kennenzulernen.

Welche Lärmschutzmaßnahmen gibt es in der Umwelt, und wie wirken sie?

Lärmschutzwälle und -wände, Lärmschutzfenster, Schalldämpfer bei Motoren, weiche Unterlage unter lauten Geräten, Trittschalldämmung von Fußböden, Luftfugen zwischen Reihenhäusern.

Der diese Unterrichtseinheit zusammenfassende Schülertext wird im Anhang wiedergegeben.

Unterrichtsbeispiel 2:

Geschwindigkeit und Kraft

→ *Wir untersuchen den Fahrradhelm und messen Geschwindigkeiten und Kräfte*

Bei dieser Unterrichtseinheit geht es (laut Lehrplan) darum, den Begriff der Geschwindigkeit als Quotient aus Weg und Zeit einzuführen und für den Fall gleichförmiger Bewegungen die graphische Darstellung in einem Weg-Zeit-Diagramm zu behandeln. Kräfte sollen als Ursache für Verformungen eingeführt werden. Neben der Einheit Newton für die Kraft ist auch der Vektorcharakter von Kräften zu behandeln.

Bei der Suche nach einem schülergemäßen Leitmotiv standen wir vor zwei Schwierigkeiten:

Einmal ist die Kopplung von Kraft und Geschwindigkeit insofern wenig glücklich, als Kräfte und Geschwindigkeiten eben gerade nicht über eine einfache Beziehung miteinander verbunden sind. Vielmehr sind ja Kräfte und Geschwindigkeitsänderungen zueinander proportional und Geschwindigkeitsänderungen als Indikator für das Auftreten von Kräften sollen gerade nicht thematisiert werden.

Zum anderen ist die Mechanik bekanntermaßen ein relativ "trockenes" Gebiet, und es fällt nicht leicht, Beispiele zu finden, bei denen die Mädchen nicht schon von vorneherein einen gewissen Erfahrungsrückstand haben.

Ein am Modellversuch teilnehmender Lehrer hatte die Idee, den Unterricht auf die Physik des Fahrradhelms zu zentrieren. Dafür spricht, daß hier die Begriffe Geschwindigkeit und Kraft auf ganz natürliche Weise zusammenkommen: Einerseits ist es die wesentliche Aufgabe eines Fahrradhelms, sich bei einem Aufprall zu verformen, um so die auf den Kopf wirkenden Kräfte klein zu halten. Andererseits ist die maßgebende Größe für die Gefährlichkeit eines Sturzes oder eines Aufpralls die Geschwindigkeit der am Unfall Beteiligten.

Es kommt hinzu, daß die IPN - Interessenstudie Physik ein großes Interesse an Sicherheitsfragen ergeben hat. So haben z.B. in der 7. Klassenstufe etwa 60% der Mädchen und etwa 70% der Jungen ein großes bzw. sehr großes Interesse an der Frage, "wie die Wahrscheinlichkeit eines Verkehrsunfalls und die Schwere der Unfallfolgen mit zunehmender Geschwindigkeit wachsen". Ähnlich hoch liegen die Interessensbekundungen, "sich ein Sicherheitsfahrzeug auszudenken, in dem auch bei schweren Unfällen Fahrer und Beifahrer wenig oder nichts passiert."

Als relativ schwierig wurde es dagegen angesehen, die Begriffe Geschwindigkeit und Kraft bei der Einbettung in eine sicherheitstechnische Fragestellung mit genügender (und gewohnter) physikalischer/mathematischer Präzision behandeln zu können.

Die Diskussion darüber hat dann schließlich zu einem Kompromiß geführt. Der **Fahrradhelm unter dem Sicherheitsaspekt** soll Leitmotiv sein, aber zur Präzisierung der Begriffe Geschwindigkeit und Kraft soll es auch "klassische" Einschübe geben, in denen, losgelöst vom Leitmotiv, in gewohnter Weise unterrichtet wird. Das Ausloten des Themas führte zu folgenden Stichworten:

1. Wie wird Schülerinnen und Schülern Gelegenheit gegeben, zu staunen und neugierig zu werden, und wie wird erreicht, daß daraus ein Aha-Erlebnis wird?

Schon ganz wenig "Knautschmaterial" hat erstaunliche Wirkungen, wenn es darum geht, etwas Zerbrechliches vor Schaden zu bewahren; unerwartete Ergebnisse beim Zusammenwirken dreier richtungsverschiedener Kräfte; bei der Messung der Schallgeschwindigkeit wird die Zeitdifferenz zwischen optischem und akustischem Signal als erstaunlich groß empfunden

2. Wie wird an außerschulische Erfahrungen angeknüpft, die zur Vermeidung geschlechtsspezifischer Dominanzen Mädchen und Jungen in gleicher Weise zugänglich sind?

Erfahrungen mit weichen und harten Materialien, elastische und unelastische Verformungen, Funktion von Matten im Sportunterricht, Verkehrssituationen, Fahrradfahren

3. Wie wird es Schülerinnen und Schülern ermöglicht, aktiv und eigenständig zu lernen und Erfahrungen aus erster Hand zu machen?

Schülerversuche zum Geschwindigkeitsbegriff, zum Reaktionsweg, zur Schallgeschwindigkeit, zum Hook'schen Gesetz; Auswertung der eigenen Messungen in Diagrammen

4. Wie wird erreicht, daß Schülerinnen und Schüler einen Bezug zum Alltag und zu ihrer Lebenswelt herstellen können?

Bedeutung des Fahrradhelms für die Verringerung des eigenen Unfallrisikos; Kräftespiel in Alltagssituationen (z.B. beim Tragen von Taschen, Spannen von Seilen, Befestigen mit Gurten); Umgang mit physikalischen Einheiten (km/h , N)

5. Wie wird dazu angeregt, die Bedeutung der Naturwissenschaften für die Menschen und die Gesellschaft zu erkennen und danach zu handeln?

Physikalische Unfallforschung (Videofilm), Verhütung oder Minderung der Schäden bei Unfällen

6. Wie wird der lebenspraktische Nutzen der Naturwissenschaften erfahrbar gemacht?

Möglichkeit, die Schäden bei Fahrradunfällen durch Tragen eines Helms zu mindern; systematische Vorgehensweise, um etwas über den Einfluß verschiedener Parameter auf einen Vorgang herauszufinden (exemplifiziert am Einfluß von Geschwindigkeit, Dicke und Material des Polsters auf das Zerschlagen eines Eies)

7. Wie wird ein Bezug zum eigenen Körper hergestellt?

Was beim Aufprall auf ein Hindernis geschehen kann; wie man sich vor Schäden schützen kann; Belastbarkeit von Körperteilen; Muskelkraft

8. Wie wird die Notwendigkeit und der Nutzen der Einführung und des Umgehens mit quantitativen Größen verdeutlicht?

Messung von Kräften zur richtigen Dimensionierung von Schutzhelmen; Messung von Geschwindigkeiten zur Kontrolle von Verkehrsteilnehmern; beides setzt präzise Meßvorschriften voraus

9. Wie wird sichergestellt, daß den Formeln ein quantitatives Verständnis der Begriffe und ihrer Zusammenhänge vorausgeht?

Den Zusammenhang zwischen Weg und Zeit (bei einer gleichförmigen Bewegung) erleben die Schülerinnen und Schüler zunächst durch aktives Tun: In gleichmäßigen Zeitabständen werden die zurückgelegten Wege markiert und umgekehrt werden Zeiten gemessen, die für bestimmte Wege erforderlich sind. Dann folgt eine Übertragung der Meßwerte in ein Achsenkreuz und eine qualitative Diskussion, was die Steigung der Geraden mit der Geschwindigkeit zu tun hat. Erst dann erfolgt die mathematische Formulierung des Zusammenhangs. Ähnliches gilt für die Behandlung des Hook'schen Gesetzes. Zunächst werden verschiedene Verformungen betrachtet und beschrieben (elastische, unelastische). Erst dann wird nach einer gemeinsamen Ursache einer speziellen elastischen Verformung (Wirkung einer Gewichtskraft auf eine Spiralfeder) gesucht und eine Gesetzmäßigkeit gefunden und an anderen Beispielen wieder relativiert.

10. Wie kann vorzeitige Abstraktion vermieden werden zugunsten eines spielerischen Umgangs und unmittelbaren Erlebens? s. Punkt 9

Unterrichtsbeispiel 3:

Wärmeausbreitung, Ausdehnung bei Erwärmung, Temperaturmessung

→ *Wärme und Wärmequellen beim Zubereiten von Speisen*

Bei dieser Unterrichtseinheit geht es (laut Lehrplan) um die verschiedenen Arten, wie sich Wärme ausbreitet (Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung), um den Zusammenhang zwischen Ausdehnung und Erwärmung und um die Temperaturmessung.

Nachdem andere Kandidaten für ein geeignetes Leitmotiv als zu technisch (Wie kann man ein Haus vor Wärmeverlusten schützen?) bzw. zu komplex (Wie kann man es durch Kleidung und Raumklima schaffen, sich "wärmewohl" zu fühlen?) ausgeschieden waren, wurde als Leitmotiv **"Wärme und Wärmequellen beim Zubereiten von Speisen"** gewählt. Die Zubereitung von Speisen schien uns deshalb besonders geeignet, weil hier die gesamte vom Lehrplan geforderte Physik in einen lebensweltlichen Zusammenhang gebracht werden kann: Die verschiedenen Wärmegeräte der Küche (z.B. Herdplatte, Umluftbackofen, Elektrogrill) nutzen unterschiedliche Wärmeausbreitungsarten und im Zusammenhang mit der Temperaturmessung (Backofentemperatur, Erwärmen im Wasserbad) spielt auch die Ausdehnung bei Erwärmung eine Rolle. Während der Erprobung konnte nicht festgestellt werden, daß sich die Jungen durch den Bezug zur Küche düpiert bzw. die Mädchen in eine ihnen unangenehme Rolle gedrängt fühlten.

Das Ausloten des Themas führte zu folgenden Stichworten:

1. Wie wird Schülerinnen und Schülern Gelegenheit gegeben, zu staunen und neugierig zu werden, und wie wird erreicht, daß daraus ein Aha-Erlebnis wird?

Metall fühlt sich bei Zimmertemperatur kälter an als Kunststoff, bei Temperaturen über der Körpertemperatur aber wärmer. Das kann mit der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeit von Metall und Kunststoff und mit der Besonderheit des menschlichen Wärmesinns erklärt werden. Schülerinnen und Schüler haben überwiegend die Vorstellung, daß ein Grill oder ein Infrarotstrahler die umgebende Luft erhitzen. Sie sind deshalb überrascht, daß es wie im Fall der Wärmestrahlung einen Wärmetransport gibt, an dem die Materie nicht beteiligt ist.

2. Wie wird an außerschulische Erfahrungen angeknüpft, die zur Vermeidung geschlechtsspezifischer Dominanzen Mädchen und Jungen in gleicher Weise zugänglich sind?

Thermoskanne;

Wärmequellen in der Küche: Gasherd, Elektroherd (Kochplatten, Kochfeld), Gas- und Elektrobackofen (konventionell und Umluft), Tauchsieder, Wärmeplatte;

.Schlechte Wärmeleiter: Topflappen, Topfgriffe aus Kunststoff oder Holz

Gute Wärmeleiter: Topfböden, Besteck aus Metall;

3. Wie wird es Schülerinnen und Schülern ermöglicht, aktiv und eigenständig zu lernen und Erfahrungen aus erster Hand zu machen?

Schülerversuche zum menschlichen Wärmesinn, Eichen eines Thermometers, Garen von Kartoffeln; Protokollieren der Vorgänge

4. Wie wird erreicht, daß Schülerinnen und Schüler einen Bezug zum Alltag und zu ihrer Lebenswelt herstellen können?

Alle behandelten Phänomene des Wärmetransports und die Temperaturmessungen werden in lebensweltlichen Situationen erarbeitet.

5. Wie wird dazu angeregt, die Bedeutung der Naturwissenschaften für die Menschen und die Gesellschaft zu erkennen und danach zu handeln?

Dieser Gesichtspunkt kann hier nur am Rande behandelt werden, etwa als technischer Fortschritt bei der Zubereitung von Speisen und bei modernen Textilien. Auch der Energieaspekt (Kochen mit Restwärme, guter Kontakt zwischen Herdplatte und Kochtopf) kann gestreift werden.

6. Wie wird der lebenspraktische Nutzen der Naturwissenschaften erfahrbar gemacht? *siehe die Punkte 2 bis 5*

7. Wie wird ein Bezug zum eigenen Körper hergestellt?

Behandlung des menschlichen Wärmesinns, Verhaltensregeln bei Verbrennungen oder Verbrühungen, Funktion der Kleidung für das Wohlbefinden, Vermeidung von Unterkühlung oder Überhitzung des Körpers

8. Wie wird die Notwendigkeit und der Nutzen der Einführung und des Umgehens mit quantitativen Größen verdeutlicht?

Eingehen auf Situationen, in denen beim Kochen oder backen eine ganz bestimmte Temperatur eingehalten werden muß; Nützlichkeit eines geeichten Thermometers; Festlegen von Fixpunkten

9. Wie wird sichergestellt, daß den Formeln ein qualitatives Verständnis der Begriffe und ihrer Zusammenhänge vorausgeht?

*Es werden keine Formeln erarbeitet. Alle Begriffe werden aus lebensweltlichen Zusammenhängen heraus auf einer qualitativen Ebene entwickelt. Also etwa:
Ein Gegenstand kann mehr oder weniger warm sein. Ein warmer Gegenstand hat eine höhere Temperatur als ein weniger warmer. Seine Temperatur kann auf dreierlei Weise erhöht werden:*

- *er wird mit einem anderen warmen Gegenstand in Kontakt gebracht (Wärmeleitung): Herdplatte - Kochtopf*
- *er wird von warmer Luft oder warmem Wasser umströmt (Wärmeströmung): Umluftbackofen, Haartrockner*
- *er wird von einem Wärmestrahler angestrahlt (Wärmestrahlung): Grill, Ultrarotstrahler, jeder heiße Gegenstand*

Daß eine Erwärmung auch durch Verrichten von Arbeit auftreten kann, wird hier nicht behandelt.

10. Wie kann vorzeitige Abstraktion vermieden werden zugunsten eines spielerischen Umgangs und unmittelbaren Erlebens? *s. die Punkte 2,3,4 und 9.*

6.2 Unterrichtsbeispiel für im Fach Physik fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler

Im Rahmen eines Seminars für Lehramtsanwärter entstanden die beiden folgenden Unterrichtsskizzen:

Unterrichtsbeispiel 4:

Kernphysik

→ *Nutzen und Gefahren von Anwendungen der Kernphysik*

1. Unterrichtsblock: Was ist Radioaktivität?

- Verschiedene Arten der Radioaktivität
- Nachweismethoden
- Zerfallsgesetz
- Aufbau des Atoms

2. Unterrichtsblock: Wie wird Radioaktivität und Kernphysik angewandt?

- Kernreaktoren
- Kernwaffen
- Ionisierende Strahlung in der Medizin
- Altersbestimmung

3. Unterrichtsblock: Welcher Nutzen und welche Gefahren sind mit diesen Anwendungen verbunden?

- Die Energiekrise
- Der Fall Tschernobyl
- Die Entsorgungsproblematik
- Der Fall Hiroshima und das atomare Gleichgewicht
- Chancen und Risiken der Nuklearmedizin