

3.1 Kontextorientierung und Alltagsbezug¹

Rainer Müller

3.1.1 Die „synthetische Wirklichkeit“ im Physikunterricht

Im Zusammenhang mit TIMSS und PISA wird immer wieder ein Problem des deutschen Physikunterrichts angesprochen: Schülerinnen und Schüler können zwar einigermaßen gut immer wieder geübte Routineaufgaben lösen, die Anwendung des Gelernten in offeneren Aufgabenstellungen, die sich auf Kontexte außerhalb des Unterrichts beziehen, gelingt jedoch meist nicht. Schülerinnen und Schüler schaffen es offenbar nicht, flexibel in Alltagskontexten einsetzbares Wissen zu erwerben.

Wenn man „typischen“ Physikunterricht mit unbefangenen Augen betrachtet, muss einen das eigentlich nicht so stark wundern. Sehr leicht erkennt man einen Sachverhalt, den man als die „synthetische Wirklichkeit“ bezeichnen kann. Damit ist gemeint, dass sich der Unterricht seine eigene Realität schafft, die von der Lebenswelt weitgehend abgekoppelt ist und daher zu nicht übertragbarem, „trägem“ Wissen führt. Man kann die synthetische Wirklichkeit im Physikunterricht an folgenden Symptomen erkennen:

1. *Im Physikunterricht sieht man Dinge, die man sonst nirgendwo sieht.* Kraftmesser, Massestücke, Netzwürfel, Demonstrationsspulen, Verstärker, Stativmaterial. Die Liste könnte man noch sehr lange fortsetzen. Blättert man die Kataloge der Lehrmittelfirmen durch, findet man praktisch kein Gerät, das an irgendeinen Gegenstand außerhalb des Physikunterrichts erinnert. In Schüleraugen sehen die vielen „Kästen“ alle gleich aus und die „Spezialteile“ für einzelne Versuche merkwürdig bis befremdlich.
2. *Im Physikunterricht verwendet man Wörter, die man sonst nirgendwo benötigt.* Beispiele für Wörter, denen ein Mensch in einem durchschnittlichen Leben ausschließlich im Physikunterricht begegnet, sind Reuterlampe, Wellrad, Hangabtriebskraft, Normalkraft, Konduktorkugel. Auch diese Liste könnte man noch weiter fortsetzen. Dazu kommen Wörter, die man zwar kennt, die aber in der Physik eine andere oder im Vergleich zum Alltag sehr spezielle Bedeutung haben: Kraft, Energie, Leistung, Arbeit, Wärme, Ladung, Trägheit.
3. *Im Physikunterricht tut man Dinge, die man sonst nirgendwo tut.* Man schaut auf eine Kugel, die an einem Faden hängt und zählt, wie oft sie hin und her schwingt. Oder man notiert Zeigerausschläge in Tabellen. Daneben lernt man Gesetze (z. B. Trägheitsgesetz), die dem gesunden Menschenverstand und den eigenen Vorstellungen eklatant zu widersprechen scheinen.

An Belegen der geschilderten Art zeigt sich die synthetische Wirklichkeit: Die Begriffe und Inhalte des Physikunterrichtes werden in einem reinen Schulkontext erlebt. Inhaltlich hat die Schulwirklichkeit mit „der Welt draußen“ kaum etwas zu tun. Für Schülerinnen und Schüler ist es schwer, Verbindungen mit bekannten Begriffen, Erfahrungen und Vorstellungen herzustellen, „Anschauung“ zu gewinnen.

Das Geschehen lässt sich gut mit dem von Wittgenstein stammenden Begriff des *Sprachspiels* erfassen. Ein Sprachspiel ist ein „in sich geschlossenes System der Verständigung“, dessen Regeln die Beteiligten durch den Gebrauch erlernen. Aussagen besitzen nur innerhalb des Sprachspiels Bedeutung, sie sind nicht nach außen übertragbar: „Die Grenzen meiner Sprache sind die Grenzen meiner Welt“ (s. Abschnitt 6.1).

¹ erschienen in: Helmut F. Mikelskis: *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*, Cornelsen, Berlin (2006).

Die Vermutung, dass im Physikunterricht ein Sprachspiel in einer sehr engen Welt stattfindet, wird durch etliche Befunde gestützt: Man weiß, dass Schülerinnen und Schüler ihren Vorstellungen widersprechende Aussagen der Physik oft zwar für den Unterricht akzeptieren (sie halten sich an die Regeln des Sprachspiels), aber sie glauben nicht an ihre Gültigkeit im wirklichen Leben. Außerhalb des Klassenraums wird das Sprachspiel nicht mehr gespielt.

Dem hermetischen (d. h. in sich abgeschlossenen, sich selbst genügenden) Charakter einer Physikstunde entspricht auch ihr weitgehend ritualisierter Ablauf. Leisen (1999) hat ein typisches „Unterrichtsdrehbuch“ einer Physikstunde wie folgt beschrieben:

1. Die Stunde beginnt mit der Demonstration eines physikalischen Phänomens oder mit einer themenbezogenen Problemfrage.
2. Es folgt eine Erörterung von Hypothesen oder Lösungsansätzen im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch, das auf einen vorbereiteten Versuchsaufbau hinausläuft.
3. Im Demonstrationsexperiment unter Schülermitwirkung wird die Hypothese bestätigt oder die Problemlösung experimentell belegt.
4. Die Ergebnisse werden unter Einbindung von Schülerbeiträgen an der Tafel dokumentiert und von den Schülern in das Heft übernommen.
5. Die Stunde schließt mit weiterführenden Fragen, weiteren Anwendungsbeispielen, Ergänzungen oder experimentellen Demonstrationen.

Ähnliche Muster zeigen sich auch in Videostudien, die zum Ziel haben typische Muster unterrichtlichen Handelns („Skripte“) zu identifizieren (Seidel et al. 2002).

Wenn man nach dem Ursprung der Monokultur dieses Unterrichtsdrehbuchs fragt, stößt man nicht auf sachlogische oder lernpsychologische Erwägungen. Historisch ist es aus dem Versuch hervorgegangen, den Prozess der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in der Schule nachzubilden, in der Hoffnung, die Schülerinnen und Schüler damit an die wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen heranzuführen. Da dies nicht in der angestrebten Weise zu gelingen scheint, ist es erlaubt, über alternative Modelle nachzudenken.

Man kann das Problem der synthetischen Wirklichkeit noch einmal aus einem anderen Winkel beleuchten, indem man einen Schritt zurücktritt und versucht, das traditionelle Selbstverständnis des Physikunterrichts zu beschreiben: Im Physikunterricht wird angestrebt, einen möglichst großen Vorrat an Wissen und Können bereitzustellen, damit ihn die Schülerinnen und Schüler später einmal anwenden können. Aber dieses „später einmal“ findet nicht in der Schule statt, und für die meisten Schülerinnen und Schüler kommt es nie.

Die folgende Metapher kann den Sachverhalt illustrieren: Zu Weihnachten hat man einen großen Werkzeugkasten geschenkt bekommen, mit allen Werkzeugen, die man jemals brauchen wird. Die optimale Ausgangssituation ist scheinbar hergestellt. Aber kann man nun einen Tisch bauen? Nein, denn man hat niemals in einer konkreten Situation gelernt, das Werkzeug auch wirklich anzuwenden. Das Werkzeug ist nutzlos, wenn man nicht damit umgehen kann.

Ähnliches gilt für den Physikunterricht: Wissen, das abgelöst von seinen Anwendungen gelehrt und gelernt wird, ist in Situationen, wo es gebraucht würde, oft nicht verfügbar, weil seine praktische Nutzung nicht mitgelernt wurde.

Die moderne konstruktivistisch geprägte Sichtweise des Lernens (s. Abschnitt 2.1) unterstützt diese Auffassung. Das sogenannte „situierte Lernen“ spielt in ihr eine große Rolle. Weinert (1998) bemerkt (viel allgemeiner als in einem nur physikalischen Zusammenhang): „Wissen wird in der Regel mit einer gewissen sachlogischen Systematik vermittelt und erworben. Lan-

ge Zeit galt es als unumstritten, ob die auf diese Weise aufgebauten schulischen Kenntnisse auch im alltäglichen oder beruflichen Leben genutzt werden können. Inzwischen gibt es gravierende Zweifel. Systematisch erworbenes Wissen – so die These – ist anders strukturiert, anders organisiert und anders abrufbar als es die meisten praktischen Anwendungssituationen erfordern. Prinzipiell verfügbares Wissen bleibt deshalb oft tot, träge und ungenutzt, obwohl man es eigentlich zur Lösung bestimmter Probleme braucht. Die Diskrepanz zwischen Lern- und Anwendungsbedingungen ist in der Regel sehr groß.“

Ähnlich argumentieren Reinmann-Rothmeier und Mandl (2001): „Ausgangspunkt von Lernprozessen sollten authentische Probleme sein, die aufgrund ihres Realitätsgehalts und ihrer Relevanz dazu motivieren, neues Wissen oder neue Fertigkeiten zu erwerben. Die Lernumgebung ist so zu gestalten, dass sie den Umgang mit realistischen Problemen und authentischen Situationen ermöglicht und anregt. Der Vorteil: Situiertheit und Authentizität sichern einen hohen Anwendungsbezug beim Lernen.“²

Wie aber lassen sich diese Ratschläge im Physikunterricht umsetzen? Es gibt eine Reihe von Vorschlägen, die im Folgenden vorgestellt werden sollen.

3.1.2 Alltagsbezug und authentische Kontexte

Die Forderung nach mehr Alltagsbezug im Physikunterricht und offeneren, authentischeren Problemstellungen wird schon seit langer Zeit erhoben, um die oben beschriebenen Probleme zu mildern. In der Schulpraxis herrscht auch Einigkeit über das Ziel, den Alltagsbezug im Unterricht zu fördern. Die Realisierung dieses Ziels scheint bisher aber noch nicht in ausreichendem Maß gelungen zu sein. Es ist daher lohnend, sich näher anzuschauen, auf welche Weise Alltagskontexte in den Physikunterricht eingebunden werden können.

Man kann zwei Ausprägungsstufen der Alltagsorientierung im Unterricht unterscheiden (die natürlich fließend ineinander übergehen):

1. Fachlich orientiertes Lernen mit eingebetteten Alltagsbezügen

Der Unterricht geht in dieser Variante gemäß der physikalischen Fachsystematik vor, die sich in den traditionellen Lehrplaninhalten widerspiegelt. Die Alltagsbezüge äußern sich darin, dass die Unterrichtsinhalte in mannigfaltiger Weise immer wieder auf Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler bezogen werden. Experimente werden oft mit Alltagsgegenständen bzw. als Freihandexperimente durchgeführt.

2. Lernen anhand authentischer Kontexte

Hier geht der Unterricht von einer konkreten, möglichst authentischen Problemsituation aus (die natürlich so ausgewählt worden ist, dass man an ihr etwas Physikalisches lernen kann). Im Mittelpunkt steht das Problem. Die Physik ist dabei zunächst nur soweit von Interesse wie sie zur Lösung des Problems benötigt wird. Das Lernen orientiert sich nicht primär an der physikalischen Fachsystematik. Daher müssen zurückliegende Unterrichtsinhalte (oder sogar noch gar nicht behandelte Sachverhalte) in den Unterricht eingebunden werden. Viele authentische Probleme halten sich nicht an Fächergrenzen, so dass sich in diesen Fällen fachübergreifender Unterricht zwangsläufig einstellt. Oft ist man stärker an qualitativen Argumenten interessiert, um das Problem zu durchdringen und zu gliedern (s. Abschnitt 1.1).

Die beiden Ausprägungsstufen beziehen sich allein auf die inhaltlichen Aspekte des Unterrichts, nicht auf die methodischen. Insbesondere ist die zweite Variante nicht mit Projektun-

² In der Lernpsychologie finden zunehmend auch emotionale Aspekte des Lernens Beachtung. Von der Wichtigkeit der Emotionen für das Lernen wusste schon Goethe: „So gab man ehemals, indem ein Grenzstein gesetzt wurde, den umstehenden Kindern tüchtige Ohrfeigen, und die ältesten Leute erinnern sich noch genau des Ortes und der Stelle“ (Wilhelm Meisters Lehrjahre / IV. Buch, 18. Kapitel).

terricht oder Ähnlichem zu verwechseln. In beiden Varianten sind offene Unterrichtsformen ebenso möglich wie ein hohes Maß an Lehrersteuerung. In der Regel müssen in der zweiten Variante aufgrund der höheren Komplexität der Probleme sogar mehr Impulse von der Lehrerin oder dem Lehrer ausgehen.

Während das Einbinden von Alltagsbezügen in den traditionellen Unterricht schon seit langem angestrebt wird – und moderne Schulbücher dies berücksichtigen – wird die zweite Variante erst seit Labuddes „Erlebniswelt Physik“ (1993) und Muckenfuß' Konzeption des „Lernens in sinnstiftenden Kontexten“ (1995) in stärkerem Maß wahrgenommen. Der Ansatz des IPN-Curriculums 9/10 verfolgte in den 70er Jahren mit Themen wie „Energieversorgung durch Kernkraftwerke“, „Steuerung und Automation“ oder „Elektronik“ eine Form von Kontextorientierung. In den USA hat Bloomfield mit „How things work“ einen sehr qualitativ orientierten Ansatz entwickelt, in dem Physik dadurch gelernt wird, dass man die Funktionsweise von Objekten aus dem Alltag untersucht (Bloomfield 2001).

Das Lernen in Kontexten findet in Deutschland zunehmend Beachtung und hält immer mehr Einzug in Lehrpläne und Empfehlungen (z. B. Lehrplan NRW, Sekundarstufe II von 1999). Stellvertretend für viele Empfehlungen sei hier aus den Empfehlungen des ISB (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München) von 2000 zitiert: „Erfolgreiches Lernen sollte aus Problemsituationen heraus erfolgen [...]. Es genügt also nicht, eine beliebige Anwendungssituation herzustellen; die Schüler sollten durch den aufgeworfenen Kontext so intensiv angesprochen werden, dass sie das im Raum stehende Problem zu ihrem eigenen machen.“

Welche Alltagskontexte eignen sich als Ausgangspunkt für das Physiklernen in authentischen Kontexten? Die bisher umfangreichste konkrete Ausarbeitung liegt von Bloomfield (2001) vor. Er richtet sich an Nebenfach-Studierende, und daher ist das mathematische Niveau sehr niedrig. Der physikalische Anspruch ist zum großen Teil geringer als an einer deutschen Oberstufe. Einige ausgewählte Beispiele für Alltagskontexte und die entsprechenden physikalischen Inhalte sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Alltagskontext	Physikalische Inhalte
Warum fliegt ein Heißluft- oder Heliumballon?	Druck, Dichte, Temperatur, Auftrieb, Archimedisches Prinzip, Gesetz des idealen Gases
Wasserversorgung von Häusern	Hydrostatik, Hydrodynamik, Bernoulli-Gleichung
Glühlampen	Elektromagnetisches Spektrum, Plancksches Strahlungsgesetz, Stefan-Boltzmann-Gesetz
Wie kann man elektrostatisch Luft reinigen?	Elektrische Ladung, Coulomb-Kraft, elektrostatische potentielle Energie, Spannung
Elektrische Stromversorgung	Gleich- und Wechselstrom, Ohmsches Gesetz, Transformator, elektrische Leistung
Fotoapparate	Strahlenoptik, Linsen, reelle und virtuelle Bilder, Brennweite, Blendenzahlen, Belichtungszeiten
Karussell und Achterbahn	Kreisbewegung, Zentripetalkraft, Schwerelosigkeit

Im integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht ist es ebenfalls nahe liegend, Themen aus der Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler zum Ausgangspunkt zu nehmen. Im Rahmen des Pilotprojekts PING wurde am IPN ein Curriculum für die Klassen 5 – 10 mit Materialien für die folgenden Themenkreise entwickelt (Auswahl):

Klassenstufe	Themenkreise
5 – 6	Ich und das Wasser, Ich und die Luft, Ich und die Sonne, ...
7 – 8	Wir orientieren uns, Wir bewegen uns fort, Wir stellen Werkzeuge her, ...
9 – 10	Menschen nutzen Energie neu, Menschen erfinden Verkehrsmittel, Menschen erzeugen neue Stoffe, ...

3.1.3 Empirische Befunde zum Physikinteresse

Eine der Hoffnungen, die man der Integration von Alltagskontexten in den Physikunterricht verbindet, ist die Steigerung des Schülerinteresses am Fach Physik. Dass Physik nicht das Lieblingsfach der meisten Schülerinnen und Schüler ist, dürfte jeder Physik-Lehrkraft klar sein. Insbesondere Mädchen bezeichnen Physik häufig als das am wenigsten beliebte Schulfach (s. Abschnitt 2.2). Das Einbeziehen von interessanten lebensweltlichen Themen in den Unterricht soll die Motivation der Schülerinnen und Schüler steigern.

In der Interessenstudie des IPN ist das Thema Schülerinteressen in großem Umfang untersucht worden. Basierend auf den Daten dieser Untersuchung kann man empirisch gut abgesicherte Aussagen über die Struktur des Physikinteresses von Schülerinnen und Schüler treffen (eine Übersicht über die Forschungsergebnisse findet man z. B. in Häußler et al. (1998)).

Der folgende Befund vor allem ist im gegenwärtigen Zusammenhang relevant: Es konnten unter den untersuchten Schülerinnen und Schülern drei verschiedene Interessentypen identifiziert werden. Diese drei Gruppen unterscheiden sich in ihrem relativen Interesse für die drei folgenden Bereiche möglicher Unterrichtsinhalte:

1. Interessensbereich *Physik und Technik*: Hier geht es um die „reine“ Physik, unabhängig von konkreten Anwendungen sowie um technische Anwendungen der Physik – also das, was man traditionell mit Physikunterricht in Verbindung bringt.
2. Interessensbereich *Mensch und Natur*: In diesem Bereich geht es um das Verstehen von Naturphänomenen (z. B. Farben, Regenbogen) und um physikalische Fragestellungen, die den menschlichen Körper betreffen (Blutdruck, Sehvorgang, medizinische Anwendungen der Physik, Sport).
3. Interessensbereich *Gesellschaft*. Dieser Bereich bezieht sich auf die gesellschaftliche Bedeutung von Physik, beispielsweise die Diskussion friedlicher und militärischer Nutzungen der Resultate physikalischer Forschung.

Die drei Interessentypen, die aus den empirischen Daten identifiziert werden konnten, interessieren sich für Themen aus diesen Bereichen in unterschiedlichem Maße (vgl. Häußler et al. 1998):

Typ A: Dieser Interessentyp interessiert sich etwa gleich stark für alle der drei Interessensbereiche. Er ist an allen Inhalten und Tätigkeiten im Physikunterricht interessiert, auch wenn es darum geht, quantitativ zu experimentieren oder etwas zu berechnen. Meist handelt es sich um Jungen. Etwa 20% der Schülerinnen und Schüler gehören diesem Typ an.

Typ B: Dieser Interessentyp ist vor allem am Bereich „Mensch und Natur“ interessiert. Die anderen Bereiche werden als deutlich weniger interessant empfunden. Gerne werden praktische Tätigkeiten durchgeführt (etwas basteln oder bauen). Dieser Interessentyp

umfasst etwa 55% der Schülerinnen und Schüler, etwa gleich viel Jungen wie Mädchen. Die Physiknoten liegen dabei meist im mittleren Bereich.

Typ C: Hier ist vor allem der Bereich „Gesellschaft“ von Interesse, mit Einschränkungen auch „Mensch und Natur“, jedoch kaum „Physik und Technik“. Die persönliche Bedeutung der Physik für die Menschen ist am ehesten interessant (z. B. in der Medizin mit Hilfe von Physik anderen Menschen helfen). Etwa 25% der Schülerinnen und Schüler fallen in diese Kategorie, hauptsächlich Mädchen. Die Physiknoten in dieser Gruppe liegen eher im schlechteren Bereich.

Das Interesse am Fach Physik hängt also gar nicht so sehr vom behandelten Teilbereich ab (etwa Optik oder Mechanik), sondern in viel stärkerem Maß von der Einbettung der behandelten Themen in Kontexte aus Alltag und Technik. Das den Unterrichtsinhalten entgegengerichtete Interesse hängt, insbesondere bei Mädchen, empfindlich vom Kontext ab. Immer wieder zitiert wird z. B. der Befund, dass sich zum Inhaltsbereich „Pumpe“ über 80% der Mädchen für ein Kunstherz interessieren, aber nur 40% für die Funktionsweise einer Erdölpumpe. Jungen sind an beidem gleichermaßen zu 60% interessiert.

In der Konsequenz bedeutet das: Wählt man für seinen Unterricht Kontexte aus dem Interessenbereich „Mensch und Natur“, ist der Anteil der Schülerinnen und Schüler, die von den Unterrichtsinhalten angesprochen werden, vermutlich am größten. Insbesondere die Themen „Physik und Medizin“, „Physik und der menschliche Körper“ und „Physik und Sport“ stoßen dabei auf großes Interesse.

3.1.4 Fachsystematik vs. Kontexte

Die Forderung nach Lehren und Lernen in authentischen Kontexten erscheint sehr einleuchtend. Aber wenn dieses Rezept so einfach wäre, wie es sich anhört würde es im Unterricht sicher schon mit weitaus größerer Selbstverständlichkeit praktiziert, als es derzeit der Fall ist. Die Kontextorientierung ist in zweifacher Hinsicht problematisch:

a) „Vorgebliche“ Kontexte

Authentische Kontexte werden vorgegaukelt, wo in Wirklichkeit keine sind. Ausgehend vom fachsystematisch durchgeplanten Lernstoff wird ein Kontext als „Feigenblatt“ gesucht, um die Lernsituation für die Lernenden vermeintlich interessanter zu gestalten. Ganz regelmäßig tauchen diese Feigenblätter in der „Motivationsphase“ zu Beginn einer Unterrichtseinheit auf. Charakteristischerweise wird der vorgebliche Kontext, zu deren Lösung der physikalische Inhalt angeblich eingeführt wurde, im weiteren Verlauf der Stunde mit keinem weiteren Wort erwähnt.

Auch Übungsaufgaben sind beliebte Tummelplätze für vorgebliche Kontexte. Ein Beispiel ist die folgende Aufgabe: „Ein Weitspringer hat eine Absprunggeschwindigkeit von 9,5 m/s und springt unter einem Winkel von 28° ab. Berechne die Sprungweite.“ Obwohl Sport sicher ein motivierendes Thema ist, handelt es sich hier um eine Fragestellung, die so in der Realität niemals auftauchen würde. Bei Sportveranstaltungen werden sicherlich nicht die Absprunggeschwindigkeit und der Absprungwinkel gemessen, um die Sprungweite zu bestimmen. Auch sonst fällt es schwer, sich eine Situation vorzustellen, in der diese Frage gestellt würde. Die primäre Absicht bei dieser Frage ist auch nicht, etwas über Weitsprung zu lernen. Die Formel für die Weite beim schrägen Wurf soll geübt werden, und der Weitsprung dient hier eben als Feigenblatt („Motivationskleister“).

b) Episodenhafte Lernsituationen

Ein zweiter problematischer Aspekt beim Lernen in Kontexten ist der möglicherweise episodenhafte Charakter der Lernsituationen. Damit eine tragfähige Wissensbasis entsteht, muss

das Gelernte mit bereits vorhandenem Wissen vernetzt werden. Die gelernten Inhalte müssen sich in einen größeren Zusammenhang einbetten lassen. Wenn die Lernsituationen den Lernenden eine solche Vernetzung nicht anbieten, kann das Wissen nur punktuell bleiben. Beim Lernen in Kontexten findet das Lernen – erwünschtermaßen – situiert statt. Das Abstrahieren des Gelernten vom Kontext und das Herstellen von Querverbindungen sind bei dieser Zugangsweise natürlich erschwert.

Die lernpsychologische Empfehlung zum Umgang mit diesem Problem ist das mehrfache Behandeln der gleichen Inhalte in multiplen Kontexten. Aus praktischen Gründen, insbesondere auch wegen der knappen Zeit, dürfte dies in den meisten Fällen jedoch kaum praktikabel sein.

In der Physik kommt – wie in vielen anderen in sich vernetzten Disziplinen – hinzu, dass das Lernen nicht einfach irgendwo beginnen kann, wie die Kontexte es gerade erfordern. Es gibt elementare Grundlagen und darauf aufbauendes Wissen. Historisch hat sich zur Organisation des physikalischen Wissens die Fachsystematik der Physik herausgebildet, die den Stoff in eine Reihe von Themenfeldern (wie Optik, Mechanik) gliedert und innerhalb dieser Themenfelder vom Einfachen zum Komplizierten voranschreitet. Im Kopf eines Experten ist die physikalische Fachsystematik ein höchst effizientes Wissensnetzwerk – für lernende Novizen allerdings nur sehr bedingt. Dass dieses Wissensnetzwerk den Lernenden Probleme bereitet, zeigt der normale Physikunterricht, der ja im Wesentlichen an der Fachsystematik ausgerichtet ist. Er leidet an der übergroßen Abstraktheit der Fachsystematik, mit der die Effizienz der Wissensorganisation erkauft wird und die sich in den eingangs geschilderten Erfahrungen niederschlägt.

3.1.5 Fachsystematik und Kontexte verzahnen

Einzelnen betrachtet weisen sowohl das Lernen in Kontexten als auch das fachsystematisch geprägte Lernen Vorzüge wie Probleme auf. Die Herausforderung besteht darin, die beiden Zugänge so zu kombinieren, dass die Nachteile beider möglichst vermieden und die Vorteile genutzt werden.

Dass es sich bei „Fachsystematik vs. Kontextorientiertheit“ nur um eine scheinbare Dichotomie handelt und für einen erfolgreichen Unterricht beide gebraucht werden, führt auch Weinert (1998) an der bereits zitierten Stelle aus:

„Inzwischen lässt sich die wissenschaftlich fundierte Schlussfolgerung ziehen, dass Lernen sowohl sachsystematisch als auch situiert erfolgen muss. Mit anderen Worten: Neben einem wohlorganisierten disziplinären Wissenserwerb bedarf es von Anfang an einer Nutzung des erworbenen Wissens in lebensnahen, transdisziplinären, sozialen und problemorientierten Kontexten. Die Förderung sowohl des situierten als auch des systematischen Lernens ist eine wesentliche Bedingung für den Erwerb intelligenten, flexibel nutzbaren Wissens. [...] Nur wer neben der sachlogischen Systematik des Wissens auch die situativen Kontexte seiner möglichen Anwendung mitgelernt hat, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass es in lebenspraktischen, variablen Kontexten kreativ angewandt wird.“

Ähnlich argumentieren Häußler et al. (1998): „In manchen fachdidaktischen Diskussionen kommt die Fachsystematik nicht besonders gut weg. Sie gilt vielen als eine Art Bollwerk, hinter dem sich unbelehrbare Lehrkräfte verschanzen, um sich gegen eine Modernisierung des Unterrichts zu wehren. Wir sind dagegen der Auffassung, dass sich eine Erneuerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, die ausschließlich innerhalb der fachsystematischen Grenzen erfolgt, ebenso erschwert ist wie bei einem Verzicht auf die Fachsystematik. Würde sich der Unterricht nämlich nur an der Fachsystematik orientieren, so wäre der Zugang für den überwiegenden Teil der Schülerschaft versperrt [...]. Würde die Fachsystematik dagegen zu-

gunsten einer Orientierung an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler gänzlich verbannt werden, so käme ein Unterricht heraus, der wegen seines episodenhaften Charakters ebenfalls nicht besonders effektiv wäre. Es geht vielmehr darum, Unterricht so zu gestalten, dass sowohl eine systematische Entwicklung der Begrifflichkeit als auch eine Anbindung an die Lebens- und Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler möglich ist.“

Bezogen auf das Lernen von Physik bedeutet das: Es muss gelingen, die gegliederte Struktur des Wissensnetzes von der physikalischen Fachsystematik zu übernehmen, gleichzeitig aber die interessefördernde Wirkung der Kontexte zu nutzen und mit ihnen authentische Lerninhalte bereitzustellen.

Dabei bedeutet: „Die Struktur der Fachsystematik übernehmen“ nicht das unreflektierte Festhalten an einer tradierten Abfolge von Inhalten, sondern die Orientierung am logischen Aufbau des physikalischen Gedankengebäudes. Entscheidend ist der „rote Faden“, der das Lernen strukturiert und das Einbetten des Gelernten in das vorhandene Wissensnetz erleichtert.

Die Besonderheit (und Schwierigkeit) des hier vorgestellten Zugangs liegt darin, dass die zu behandelnden Kontexte so ausgewählt und elementarisiert werden müssen, dass die Verzahnung Fachsystematik/Kontexte auch wirklich gelingt. Es sollen sich Fragestellungen und Problemsituationen ergeben, die glaubwürdig und authentisch sind. Gleichzeitig soll ein relativ eng umgrenztes physikalisches Thema anhand der Fragestellung gelernt werden, d. h. der physikalische Inhalt soll im jeweiligen Kontext möglichst „in Reinform“ erschlossen werden.

Um das Problem der „vorgeblichen Kontexte“ zu vermeiden und die Kontexte glaubwürdig gestalten zu können, ist ein wesentlich größerer Anteil an erzählenden Elementen wünschenswert als im Physikunterricht bisher üblich. Im Idealfall sollten die Schülerinnen und Schüler zusammen mit den physikalischen Inhalten auch etwas Neues über den jeweiligen Kontext gelernt haben.

Eine Schwierigkeit ist unvermeidlich: Das Lernen in authentischen Lernsituationen ist nicht einfacher, sondern schwieriger als das Lernen der schon „destillierten“ Lerninhalte des traditionellen Wegs. Die Gegenstände des wirklichen Lebens sind eben oft „sperrig“ und fügen sich nicht zwanglos in die Struktur der physikalischen Begrifflichkeiten ein. Hierzu sind drei Leitlinien zu beachten:

1. Besondere Sorgfalt bei der Auswahl der Kontexte ist geboten. Sie sollen so beschaffen sein, dass ein einzelner physikalischer Inhalt sich in dem zu Grunde gelegten Kontext besonders erschließt (z. B. schräger Wurf beim Weitsprung, Trägheitsgesetz beim Thema Auffahrunfall/Sicherheitsgurt).
2. Ein vielfach betontes Anliegen des Physikunterrichts ist das Erlernen der Fähigkeit zur Modellbildung und des reflektierten Umgangs mit Modellen. Beim Lernen in Kontexten ergibt sich die Notwendigkeit dazu auf natürliche Weise. Ohne Modellbildung sind die Probleme (wegen ihres sperrigen Charakters) einer physikalischen Analyse kaum zugänglich. Dieses „Zähmen der Probleme“ durch Modellbildung ist aber auch ganz charakteristisch für die Vorgehensweise von Physikern im „echten Leben“.
3. Das Einarbeiten in die Kontexte, die dazu erforderlichen narrativen Elemente, die Modellbildung und die inhärente Komplexität authentischer Probleme machen das hier beschriebene Vorgehen natürlich sehr zeitintensiv. Das bedeutet: Es muss eine Auswahl sorgfältig zu behandelnder Lerninhalte getroffen werden, anderes wird dafür vernachlässigt. Die Forderung nach exemplarischem Lernen wird seit sehr langer Zeit erhoben; selten wird sie befolgt. Lernen in Kontexten macht das exemplarische Lernen zu einer Notwendigkeit.

3.1.6 Beispiele für kontextorientierte Unterrichtsmaterialien

a) Labuddes „Erlebniswelt Physik“

In seinem Buch „Erlebniswelt Physik“ von 1993 (und in vielen Zeitschriftenartikeln) gibt Peter Labudde Anregungen für kontextorientiertes Lernen. Nur ein Beispiel sei herausgegriffen und etwas ausführlicher erläutert: Die Physik im Schwimmbad.

Dass es sich hier um einen Kontext handelt, zu dem die Schülerinnen und Schüler Interesse und Vorerfahrungen mitbringen, steht außer Frage. Aber kann man mit einem solchen Thema auch „ernsthaften Unterricht“ machen? Labudde gibt eine ganze Reihe von Themenvorschlägen, die man – je nach Altersstufe – im Zusammenhang mit einem Schwimmbadbesuch behandeln kann. Das Entscheidende ist für ihn jedoch die *originale Begegnung* mit den Unterrichtsinhalten, die ein wirklicher Schwimmbadbesuch den Schülerinnen und Schülern ermöglicht. Es geht um die „Intensität und Qualität der Begegnung zwischen Jugendlichen und Physik. [...] Eine wirkliche Begegnung zu ermöglichen bedeutet hier, individuelle Fragen und Hypothesen zu ermöglichen. Es bedeutet, eine Begegnung zwischen dem Vorverständnis des Jugendlichen auf der einen Seite und wissenschaftlichen Inhalten und Methoden auf der anderen Seite zu initiieren [...] Die wirkliche Begegnung ist deshalb so wichtig, weil es für den Lern- und Erziehungsprozess ein ganz wesentlicher Unterschied ist, ob jemand als Lernender zum Beispiel Wellenphänomene in einer 50 cm x 50 cm kleinen Wellenwanne im Physikzimmer vorgeführt bekommt oder ob er Wellenphänomene im großen Schwimmbad, draußen im Leben, beobachten und mitgestalten kann. Es ist auch ein markanter Unterschied, ob ein Lernender beim Tauchen den Wasserdruck auf den Ohren spürt oder ob er ein Demonstrationsexperiment mit kleiner Glaswanne und Druckdose sieht.“ (Labudde 1993, S. 113f, S. 118).

Labudde gibt einige Anregungen für fruchtbare Unterrichtsinhalte, die von einem Schwimmbadbesuch angeregt werden können:

- Kann ich bewegungslos „auf dem Wasser liegen“?
Diese Frage entstammt dem Themenkreis „Schwimmen, Schweben, Sinken“ im Zusammenhang mit den Begriffen Auftrieb und Dichte. Verwandte Fragen sind: Hilft es, die Lungen ganz mit Luft zu füllen? Schwimmen dicke Personen leichter als dünne? Wie tief sinkt ein Schiff im Wasser ein und wovon hängt die Einsinktiefe ab?
- Wann gibt es beim Tauchen einen Druck auf den Ohren?
Nimmt der Druck mit der Tiefe gleichmäßig zu? Das Ohr ist als Messinstrument zu ungenau, um dies klären zu können. Messgeräte werden benötigt. Macht es einen Unterschied, ob ein Ohr nach oben, unten, links oder rechts zeigt (Isotropie des Drucks)? Spielt es für den Wasserdruck eine Rolle, ob ich in einem großen See tauche oder in einem kleinen Sprungbecken (Unabhängigkeit von Form und Größe des Wasservolumens)?
- Ist Wasser blau, grün oder durchsichtig?
Dazu muss man klären, wann ein Gegenstand überhaupt blau grün oder durchsichtig erscheint. Welche Rolle spielt es, ob der Gegenstand selbst leuchtet oder ob er angestrahlt wird? Wieso ist das Wasser hell, wenn doch das Sonnenlicht an der Wasseroberfläche reflektiert wird.

Dies sind nur einige der Themen, die Labudde einem Schwimmbadbesuch abzugewinnen weiß. Dem didaktischen Geschick der Lehrkraft obliegt es, dafür zu sorgen, dass der nachfolgende Unterricht nicht den oben angesprochenen episodenhaften Charakter annimmt. Das sinnvolle Anknüpfen an die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler und das Einbetten des neu zu Lernenden in das vorhandene Wissensnetzwerk ergeben sich nicht von selbst, sondern müssen planvoll herbeigeführt werden.

b) Bergers medizinische Kontexte

Berger (2000, 2001) hat für die Oberstufe Materialien zu bildgebenden Verfahren in der medizinischen Diagnostik ausgearbeitet und evaluiert. Ausgangspunkt war der oben beschriebene Sachverhalt, dass medizinische Themen gerade bei Mädchen auf erhöhtes Interesse stoßen. Berger bettete daher traditionelle Lehrplanthemen der Oberstufe (Wellenlehre bzw. Röntgenstrahlung) in die medizinischen Kontexte „Ultraschalldiagnostik“ und „Computertomografie“ ein.

Auf welche Weise kann man mit einem Thema wie „Computertomografie“ physikalische Inhalte vermitteln? Berger schlägt den folgenden Unterrichtsverlauf vor:



Abb. 1: Computertomografische Aufnahme: Gezeigt ist ein horizontaler Querschnitt durch den Rumpf eines Menschen. Lunge, Herz und Wirbelsäule sind gut zu erkennen.

1. Prinzip der Computertomografie

Mit dem Schul-Röntgengerät wird demonstriert, dass man durch das gewöhnliche Röntgen keine Tiefeninformation erhält. Das Röntgenbild ist eine flache Projektion, aus dem man die räumliche Lage, z. B. eines Tumors, nicht entnehmen kann. Eine computertomografische Aufnahme (CT-Aufnahme) erlaubt Querschnittsaufnahmen durch den Körper und eine bessere Weichteil-Darstellung (Abb. 1).

Das Prinzip des CT-Aufnahmeverfahrens ist in Abb. 2 gezeigt. Röntgenstrahlung durchdringt den Körper des Patienten und wird dabei teilweise absorbiert. Die durchgegangene Strahlung wird von einem Detektor registriert, ganz wie bei einer gewöhnlichen Röntgenaufnahme. Das Besondere bei der Computertomografie besteht darin, dass nicht nur ein Einzelbild aufgenommen wird, sondern der Körper aus verschiedenen Richtungen durchstrahlt wird. Dadurch lässt sich die räumliche Verteilung des absorbierenden Gewebes rekonstruieren.

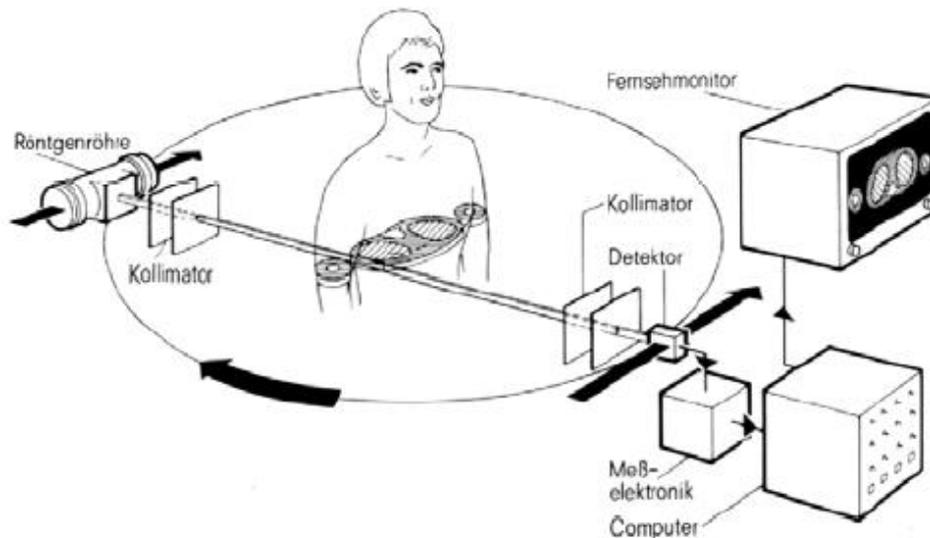


Abb. 2: Prinzip der Computertomografie

2. Prinzip der Bildentstehung

Wie errechnet der angeschlossene Computer aus den Messwerten das Querschnittsbild? Der Schichtquerschnitt wird in Pixel aufgeteilt (z. B. 512 x 512). Jedem Pixel werden dann Grauwerte zugeordnet, die der Absorption im entsprechenden Volumenelement des Körpers entsprechen. Eine häufig benutzte Methode dazu ist die Rückprojektion, die von Berger an einem 4 x 4-Modell erläutert wird (Abb. 3): „Da der Ort der Schwächung dem Computer nicht bekannt ist, verteilt er die vom Detektor gemessene Strahlungsstärke gleichmäßig auf alle Elemente entlang des Strahlwegs. Dies wird für alle Richtungen wiederholt und für jedes Pixel am Schluss alle Beiträge aufsummiert. Das am stärksten absorbierende Pixel kann dann dadurch identifiziert werden, dass die Summe den kleinsten Wert von allen Pixeln hat.“

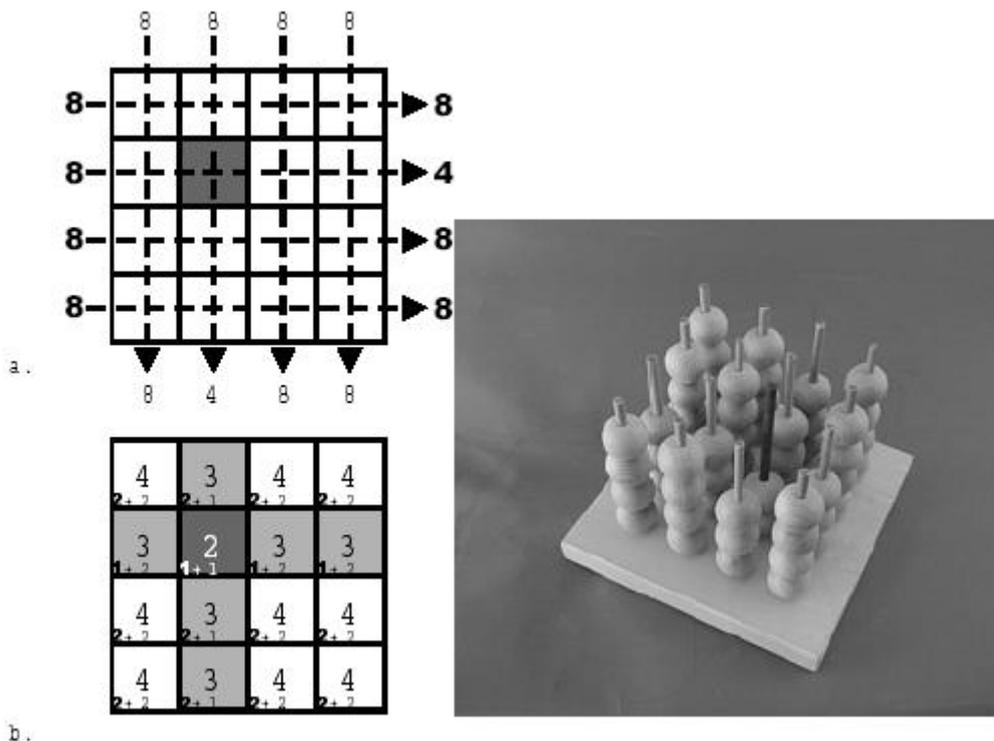


Abb. 3: Didaktisches Modell der Rückprojektion

3. *Wie entsteht Röntgenstrahlung?*

An dieser Stelle wird die Brücke zu den traditionellen Unterrichtsinhalten geschlagen und die aus dem Kontext nahe liegende Frage gestellt, wie denn Röntgenstrahlung eigentlich erzeugt werden kann.

4. *Absorption von Röntgenstrahlung, Halbwertsdicke*

Da die Funktionsweise der Computertomografie wesentlich auf der Absorption der Röntgenstrahlung beruht, kann dieses Lehrplanthema auf natürliche Weise eingebunden werden.

5. *Biologische Wirkung von Röntgenstrahlung*

Auch die Frage, was die Röntgenstrahlung im menschlichen Körper alles bewirkt, ergibt sich unmittelbar aus dem Kontext. Eine CT-Aufnahme ist radiologisch belastender als eine konventionelle Röntgenaufnahme. Man muss also Vorteile und Risiken gegeneinander abwägen.

Man erkennt, dass es gelingt, viele der etablierten Lehrplanthemen aus dem Kontext „Computertomografie“ heraus sinnvoll anzusprechen. Der Kontext wird hierbei im Sinne der oben angesprochenen zweiten Ausprägungsstufe „ernst genommen“, d. h. im Mittelpunkt steht das Verständnis der Computertomografie. Es wird nicht nur zur Illustration eingesetzt. Die physikalischen Fragen ergeben sich aus dem Kontext.

Berger konnte in einer empirischen Studie (Berger 2000) zeigen, dass der Lernerfolg beim kontextorientierten Unterricht etwa gleich groß wie beim herkömmlichen Unterricht ist, dass aber das Interesse der Schülerinnen und Schüler deutlich höher ist. Insbesondere profitierten diejenigen Schülerinnen, deren Physikinteresse eher unterdurchschnittlich ist.

Neben den hier vorgestellten Themen hat Berger auf ähnliche Art und Weise Unterrichtsmaterialien zu den Kontexten „Mikrowellenofen“ und „Rasterelektronenmikroskop“ ausgearbeitet (Berger 2002, 2003).

c) IPN-Projekt „Chancengleichheit“

Auf einem ganz anderen Anspruchsniveau, nämlich dem des Anfangsunterrichtes, sind die Materialien gehalten, die im Rahmen des IPN-Projektes „Chancengleichheit – Veränderung des Anfangsunterrichtes Physik/Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Kompetenzen und Interessen von Mädchen“ entwickelt wurden (Faißt et al. 1994). Beispiele für ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien sind: „Wir untersuchen den Fahrradhelm und messen Geschwindigkeiten und Kräfte“, „Wärme und Wärmequellen beim Zubereiten von Speisen“ oder „Wir machen Bilder“.

d) Materialien aus Zeitschriften

In physikdidaktischen Zeitschriften gibt es eine ganze Reihe von Themenheften und Einzelartikeln zu biologischen, medizinischen und technischen Kontexten im Physikunterricht. Eine ausführliche Literaturübersicht findet man in den Artikeln von Berge (2004) und Wiesner (2005).

e) piko – Physik im Kontext

Das Projekt piko (Physik im Kontext) des IPN ist ein Modellprogramm zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Physikunterricht. Zu den Zielen des Projekts gehört

das Einbetten neuer Inhalte aus Kontexte Alltag, Gesellschaft und Technik in den Unterricht. Damit sollen Bezüge zur Lebenswelt der Schüler geschaffen werden.

Das Wort „Kontext“ wird bei piko in einem weiten Sinn verstanden und umfasst z. B. auch den „Kontext Lernumgebung“ und außerschulische Kontexte (s. Abschnitt 5.2). Die Initiatoren des Projekts beziehen sich bei der Gestaltung der methodischen Aspekte des Unterrichts auf die Ergebnisse der oben erwähnten Videostudien. Die folgenden Aspekte des „normalen“ Unterrichts werden als verbesserungsbedürftig identifiziert (piko 2004):

- Der Unterricht ist stark lehrerzentriert (ca. 20% Schülerarbeitsphasen)
- Beim Klassengespräch dominiert ein eng geführtes fragend-entwickelndes Verfahren.
- Experimente spielen eine große Rolle – aber Schülerinnen und Schüler haben wenig Gelegenheiten für eigenständiges Planen, Durchführen und Auswerten der Experimente.
- Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen spielen nur eine geringe Rolle.
- Der Unterricht bietet in der Regel wenig Gelegenheiten für die aktive und eigenständige Auseinandersetzung mit dem Stoff.
- Das Denken der meisten Lehrkräfte über „guten“ Unterricht ist sehr „stofforientiert“.
- Wichtige Forschungsergebnisse zum Lernen naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien sind kaum bekannt.

Daher sollen nicht nur stofflich-thematische Aspekte bei der Entwicklung neuer Unterrichtsmaterialien eine Rolle spielen. Auch die Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen wird als wesentlich angesehen: „Wichtige Kompetenzen, die Schüler in diesem Zusammenhang erwerben sollen, sind das Beobachten, Messen und Erklären, das Konstruieren, das Planen und Auswerten von Experimenten, das Aufstellen, Prüfen und Revidieren von Modellen und das naturwissenschaftliche Diskutieren, Argumentieren und Problemlösen. Dazu gehört unter anderem, ein naturwissenschaftliches Denken bei Schülerinnen und Schülern zu entwickeln und einem unangemessenen Bild physikalischer Erkenntnisgewinnung entgegen zu wirken. Schüler sollen zum Beispiel lernen, zwischen der Modellebene und der Ebene des physikalischen Phänomens bzw. der experimentellen Daten zu unterscheiden und im argumentativen Diskurs auf die eine oder andere Ebene Bezug zu nehmen“ (piko 2004; zum Arbeiten mit Modell s. Abschnitt 4 in diesem Buch).

Literatur:

O. E. Berge, Medizin für den Physikunterricht. Unterricht Physik 15 (2004), Nr. 82, S. 4.

R. Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik - ein Weg zu interessanterem Physikunterricht, Logos-Verlag Berlin (2000);

R. Berger, Plus Lucis 3/2001: <http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/013/Medizin.pdf>

R. Berger, Das Mikrowellengerät - ein interessanter Küchenhelfer, Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 2/51, S. 9 (2002).

R. Berger, Physik und Technik des Rasterelektronenmikroskops, Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 2/52, S. 36 (2003).

L. Bloomfield, How things work – the physics of everyday life, 2nd Ed., Wiley, New York (2001).

W. Faißt et al., Physik-Anfangsunterricht für Mädchen *und* Jungen, IPN, Kiel (1994).

P. Häußler et al., Perspektiven für die Unterrichtspraxis, IPN, Kiel (1998), S. 166

ISB (Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung München): Methodiküberlegungen für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Sinnstiftende Kontexte, München (2000).

P. Labudde, Erlebniswelt Physik, Dümmler, Bonn (1993)

J. Leisen, Lehrerbildung nach TIMSS, Vortrag auf der MNU-Bundesfachleitertagung Kassel (1999); zitiert nach Schecker & Klieme (2001)

H. Muckenfuß, Lernen im sinnstiftenden Kontext, Cornelsen, Berlin (1995).

piko (Physik im Kontext): <http://www.uni-kiel.de/piko/> (2004).

Reinmann-Rothmeier und Mandl, Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. - In: A. Krapp, B. Weidenmann (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. 4. Aufl., Beltz, Weinheim (2001).

H. Schecker, E. Klieme, Mehr Denken, weniger Rechnen, Physikalische Blätter 57 (2001), S. 113.

T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, M. Euler, H. Geiser, L. Hofmann, M. Lehrke, C. T. Müller, R. Rimmele: „Jetzt bitte alle nach vorn schauen“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse, Unterrichtswissenschaft 30 (2002), S. 52.

F. E. Weinert, Lehrerkompetenz als Schlüssel der inneren Schulreform, Schulreport 2/98 (1998), S. 24.

H. Wiesner, Lebendige Physik – Physikunterricht interessanter und fächerübergreifend gestalten, Unterricht Physik 16 (2005), Nr. 85/86, s. 4.