

## **PIKO-BRIEFE**

### **DER FACHDIDAKTISCHE FORSCHUNGSSTAND KURZGEFASST**

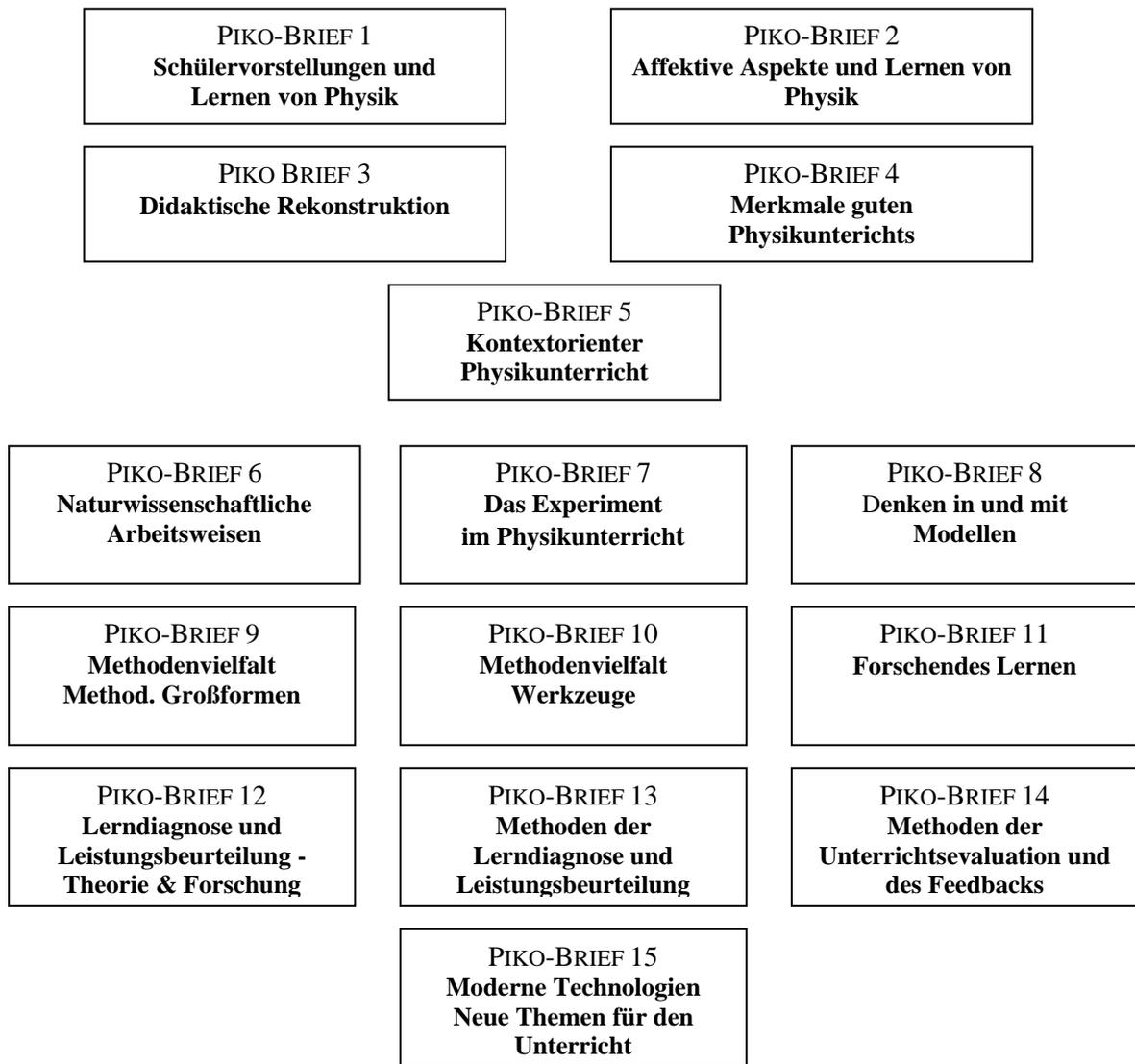
Autor: Reinders Duit



Mit der Serie von PIKO-BRIEFEN soll versucht werden, wichtige Ergebnisse naturwissenschaftsdidaktischer Forschung zugänglich zu machen. Sie sind kurz (zwischen vier und acht Seiten lang), sie fassen den Forschungsstand mit Blick auf Möglichkeiten zur Verbesserung der Unterrichtspraxis zusammen und geben Hinweise auf weiterführende Literatur. Sie sollen Lehrkräfte unterstützen, über ihren Unterricht unter der Perspektive der fachdidaktischen Erkenntnisse nachzudenken.

- Die PIKO-BRIEFE 1 bis 4 enthalten den Kern der didaktischen Konzeption des Projekts PHYSIK IM KONTEXT. Im ersten Brief steht die „konstruktivistische“ Sichtweise vom Lehren und Lernen im Mittelpunkt. Damit ist gemeint, dass den Schülerinnen und Schülern Wissen nicht einfach übergeben werden kann. Vielmehr ist Lernen immer ein aktiver Prozess, bei dem Wissen von jedem Lernenden eigenständig neu „konstruiert“ werden muss. Es wird gezeigt, welche Rolle Alltagsvorstellungen beim Lernen spielen und welche Möglichkeiten es gibt, diese scheinbar „falschen“ Vorstellungen im Unterricht zu berücksichtigen. Der folgende Brief diskutiert, welche Bedeutung den affektiven Aspekten (vor allem Motivation, Interesse und Selbstkonzept) beim Lernen von Physik zu zuschreiben ist. Dabei geht es auch um die Frage, wie man Mädchen für das Lernen von Physik stärker begeistern kann. Der dritte Brief greift die Grundlagen der ersten beiden Briefe auf. Er stellt ein Modell für die Unterrichtsplanung vor, bei dem die fachliche Sachstruktur sowie die Vorstellungen und Interessen, die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen, gleichgewichtig zu berücksichtigen sind. Der vierte Brief präsentiert schließlich Merkmale des Physikunterrichts, die sich in Untersuchungen als effizient erwiesen haben und die deshalb als Merkmale „guten“ Unterrichts bezeichnet werden. Sie sollen als Orientierung für die Planung des Unterrichts dienen.
- Im Brief 5 wird erläutert, was in PHYSIK IM KONTEXT unter „Kontext“ verstanden wird und welche Verbesserung des Physikunterrichts von einem „Kontextorientierten Unterricht“ erwartet werden kann.
- Mit den Briefen 6 bis 8 werden Möglichkeiten vorgestellt, wie man die Schülerinnen und Schüler mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen („Erkenntnismethoden“) vertraut machen kann.
- Die Briefe 9 bis 11 dienen dazu, die Entwicklung der Lehr-Lern-Kultur im Unterricht nachhaltig zu fördern. Auf der Basis der im ersten Brief eingeführten konstruktivistischen Sichtweise des Lehrens und Lernens wird das heutige Wissen zu Unterrichtsmethoden mit dem Ziel zusammengefasst, die Schülerinnen und Schüler zu aktivieren und ihre Lernprozesse nachhaltig zu unterstützen.
- Die Briefe 12 und 13 befassen sich mit dem wichtigen Aspekt der Leistungsbeurteilung der Schülerinnen und Schüler, der Brief 14 untersucht Möglichkeiten, den Unterricht selbst zu evaluieren und auf dieser Basis Feedback an die Schülerinnen und Schüler zu geben.
- Schließlich widmet sich der letzte Brief der dritten Leitlinie von PHYSIK IM KONTEXT, wie moderne Technologien in den Unterricht so eingeführt werden können, dass den Schülerinnen und Schülern verständlich wird, welche Bedeutung physikalische Erkenntnisse für die Entwicklung aktueller Technik haben.

Die kleine Serie der PIKO-BRIEFE kann selbstverständlich nicht das gesamte Forschungswissen, das für die Planung und Durchführung des Physikunterrichts relevant ist, vorstellen und erschließen. Hinweise in den Briefen verweisen in vielen Fällen weiter. Wir sind allerdings der Auffassung, dass es sich dabei um ein fachdidaktisches Basiswissen handelt, das eine verlässliche Grundlage auf dem Weg zum guten Unterricht bietet.



### *Übersicht über die PIKO-BRIEFE*

In den PIKO-BRIEFEN wird in der Regel auf **PIKO-UNTERRICHTSENTWÜRFE** verwiesen.  
Sie sind im Band zum Projekt **PHYSIK IM KONTEXT** erschienen.<sup>1</sup>

*Alle Hinweise auf Quellen im Internet wurden im Februar 2010 überprüft.*

#### **Autoren der Piko-Briefe (Stand Februar 2010)**

**Bell, Thorsten**, Dr, Freiligrathstraße 2, 24116 Kiel, dtbell@arcor.de

**Duit**, Reinders, Prof i.R., Dr Dr hc, Heisterkamp 14, 24211 Preetz, rduit@t-online.de

**Girwidz**, Raimund, Prof. Dr, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, girwidz@ph-ludwigsburg.de

**Mikelskis-Seifert**, Silke, Prof Dr, Pädagogische Hochschule Freiburg, silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

**Rabe**, Thorid, Dr, Universität Potsdam, rabeth@uni-potsdam.de

**Wodzinski**, Christoph T., Dr, Rendsburger Landstr. 55, 24211 Kiel, ctwodzinski@web.de

**Tesch**, Maike, Dr, IPN Kiel – Abt. Didaktik der Physik, tesch@ipn.uni-kiel.de

**Ziegelbauer**, Sascha, Dr, Universität Jena, sascha.ziegelbauer@uni-jena.de

<sup>1</sup> Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Seelze: Friedrich Verlag.



***Kurz zusammengefasst: Vorstellungen bestimmen das Lernen, weil man das Neue nur durch die Brille des bereits Bekannten "sehen" kann***

Wenn Schülerinnen und Schüler in den Physikunterricht hinein kommen, so haben sie in der Regel bereits in vielfältigen Alltagserfahrungen tief verankerte Vorstellungen zu den Begriffen und Phänomenen und Prinzipien entwickelt, um die es im Unterricht gehen soll. Die meisten dieser Vorstellungen stimmen mit den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen nicht überein. Hier liegt eine Ursache vieler Lernschwierigkeiten. Die Schüler verstehen häufig gar nicht, was sie im Unterricht hören oder sehen und was sie im Lehrbuch lesen. Lernen bedeutet, Wissen auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen aktiv aufzubauen. Der Unterricht muss also an den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen und ihre Eigenaktivitäten fordern und fördern. Er muss darüber hinaus für die wissenschaftliche Sicht werben, d.h. die Schüler davon überzeugen, dass diese Sicht fruchtbare neue und interessante Einsichten bietet (Jung, 1986; Duit, 2009).

***Zur Rolle der Schülervorstellungen beim Lernen***

Schülervorstellungen haben beim Lernen von Physik eine Doppelrolle: Sie sind einerseits notwendiger Anknüpfungspunkt des Lernens – andererseits aber auch Lernhemmnis. Lernen von Physik, so zeigt sich in allen Studien, ist vor allem deshalb so schwierig, weil die tief in Alltagserfahrungen verankerten Schülervorstellungen das Verstehen der physikalischen Begriffe und Prinzipien nicht ohne weiteres erlauben. Warum sind die Schülervorstellungen zugleich Ausgangspunkt des Lernens und Lernhemmnis? Wenn wir etwas hören, sehen, lesen oder anderweitig erfahren, so versucht das Gehirn die eingehenden Sinneseindrücke zu interpretieren. Das ist nur auf der Basis der bereits vorhandenen „Vorstellungen“ möglich. Das „Neue“ kann immer nur aus der Perspektive des bereits „Vorhandenen“ interpretiert werden. Es liegt auf der Hand, dass das „Neue“ anders interpretiert wird, als es z. B. von der Lehrkraft gemeint war. Missverständnisse zwischen der Lehrkraft und den Schülerinnen und Schüler sind so die Folge.

Die wichtigsten Erkenntnisse zur Rolle von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen beim Lernen von Physik kann man in zwei „Hauptsätzen“ zusammenfassen:

- (1) *Jede Schülerin, jeder Schüler macht sich ihr bzw. sein eigenes Bild von allem, was im Unterricht präsentiert wird – was die Lehrkraft sagt oder an die Tafel schreibt, was bei einem Experiment zu beobachten ist, was auf einer Zeichnung zu sehen ist, usw.*
- (2) *Das Bemühen der Lehrkraft, alles fachlich richtig zu erklären, führt insbesondere am Beginn des Unterrichts über ein neues Thema häufig dazu, dass die Schülerinnen und Schüler etwas aus der Sicht der Physik Falsches lernen.*

Der zweite Hauptsatz ist ein Folgesatz des ersten. Werden diese beiden „Hauptsätze“ nicht berücksichtigt, wird das Lernen von Physik erschwert.

### ***Die konstruktivistische Sicht des Lernens - Aktiv konstruieren, nicht passiv übernehmen***

In der Lehr- und Lernforschung wird die vorstehend skizzierte Sicht des Lernens in der Regel als „konstruktivistisch“ bezeichnet (Gerstenmaier & Mandl, 1995). Damit ist gemeint, dass die Lernenden sich ihr Wissen auf der Grundlage der bereits vorhandenen „Vorstellungen“ selbst *konstruieren* müssen. Die Lernenden sind folglich für ihr Lernen selbst verantwortlich. Wem der Terminus „konstruieren“ zu technisch klingt, sollte ihn durch „erarbeiten“ ersetzen. *Jeder ist seines Wissens Schmied* – dies ist die zentrale Aussage der konstruktivistischen Sicht des Lernens.

Im Schulalltag scheint eine andere Sicht zu dominieren: Wissen kann von der Lehrkraft (bzw. von einem Lehrbuch) an die Schülerinnen und Schüler weitergegeben, gewissermaßen transportiert werden. Sie speichern dieses Wissen ab. Schülerinnen und Schüler gehen in aller Regel von dieser Sicht aus; aber auch viele Lehrerinnen und Lehrer scheinen ihren Unterricht auf dieser Sicht aufzubauen.

Einfaches Weiterreichen von Wissen ist aus dem folgenden Grund nicht möglich. Sinnesdaten, die der Lernende empfängt, haben keine ihnen gewissermaßen innewohnende Bedeutung. Die Sinnesdaten erhalten diese Bedeutung für den Empfangenden erst dadurch, dass dieser ihnen eine Bedeutung verleiht. Lehren und Lernen hat mit dem folgenden



Dilemma zu tun. Der Lehrer sendet ein Signal an den Lernenden, schreibt zum Beispiel einen Satz an die Tafel oder sagt einen Satz in einem Gespräch. Dieser Satz hat für den Lehrer im Rahmen seiner Vorstellungen eine ganz bestimmte Bedeutung. Der Lernende verfügt aber über diese Vorstellungen noch gar nicht, sondern ist zur Interpretation des Satzes auf seine vorhandenen Vorstellungen angewiesen. Häufig verleiht er demselben Satz eine andere Bedeutung als der Lehrer. Ein entsprechendes Problem gibt es, wenn der Lernende in einer Gesprächssituation eine Antwort an den Lehrer gibt. Der Lehrer wird der Antwort auf der Basis seiner

Vorstellungen in der Regel eine (etwas oder gänzlich) andere Bedeutung unterlegen, als sie vom Lernenden gemeint war. Der hier mit „Zirkel des Verstehens des Verstehens“ bezeichnete Aspekt wird in der Pädagogik „hermeneutischer Zirkel“ genannt. Er gilt für jede Kommunikation- und Gesprächssituation. Auch im Alltag reden Gesprächspartner häufig aneinander vorbei, sie verstehen sich nicht. Im Unterricht sind Missverständnisse eher die Norm als die Ausnahme.

Die Rollen der Lernenden und Lehrenden ist in den beiden Sichtweisen grundverschieden. In der „Transportsicht“ sind die Lernenden eher passive Empfänger, in der konstruktivistischen Sicht aktive Konstrukteure des eigenen Wissens. Die Rolle der Lehrenden wechselt vom Übergeben des Wissens zur nachhaltigen Unterstützung der Lernprozesse der Lernenden, sie werden gewissermaßen zu „Entwicklungshelfern“.

### ***Konzeptwechsel***

Lernen der Physik kann man als Konzeptwechsel ansehen. Damit ist gemeint, dass die Schülerinnen und Schüler von einem Konzept (ihren Schülervorstellungen) zu einem neuen Konzept (der physikalischen Sichtweise) wechseln müssen. Dieser Wechsel bedeutet nicht, dass die Schülervorstellungen völlig aufgegeben werden. Es hat sich gezeigt, dass dies nicht gelingt. Meist kommen die Schülerinnen und Schüler nur einen (kleinen) Schritt in Richtung auf die physikalische Sichtweise voran. Es kann deshalb lediglich das Ziel des Unterrichts sein, sie Schritt für Schritt zu überzeugen, dass die physikalische Sichtweise *in bestimmten Situationen* angemessener und fruchtbarer ist als ihre Schülervorstellungen.

### ***Multiple Konzeptwechsel***

Es ist bisher vorwiegend von Schülervorstellungen zu physikalischen Phänomenen, Begriffen und Prinzipien die Rede gewesen. In der Tat stehen Konzeptwechsel auf dieser Ebene im Mittelpunkt des Physikunterrichts. Allerdings sind zwei Aspekte zu berücksichtigen.

Erstens umfasst die physikalische Grundbildung, wie sie heute (z.B. in den *Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss*, Schecker, 2007) vertreten wird, nicht allein oder vorwiegend das Verstehen physikalischer Begriffe und Prinzipien sondern auch das Verständnis physikalischer Denk- und Arbeitsweisen sowie Vorstellungen *über* die (Natur der) Physik als Wissenschaft (PIKO-BRIEF 6). Es wird argumentiert, dass man physikalische Begriffe und Prinzipien nur dann angemessen verstehen kann, wenn man ebenfalls mit Vorstellungen *über* die Physik vertraut ist. Dies wird zum Beispiel sehr deutlich beim Modellbegriff. Lernschwierigkeiten beim Erlernen des Teilchenmodells haben u.a. auch damit zu tun, dass die Schülerinnen und Schüler nur sehr vage und unscharfe Vorstellungen davon haben, was die Rolle eines Modells in der Physik ist (PIKO-BRIEF 8).

Physikunterricht muss also miteinander verknüpfte Konzeptwechsel auf der Ebene der Begriffe und Prinzipien und der Ebene der Vorstellungen *über* Physik unterstützen. Ein Konzeptwechsel auf einer weiteren Ebene kommt hinzu, nämlich auf der Ebene der Vorstellungen der Lernenden über ihren Lernprozess. Die für das Erlernen des Neuen aus konstruktivistischer Sicht notwendige selbständige, aktive Auseinandersetzung mit den von der Lehrkraft bereitgestellten Lernangeboten ist nur auf der Basis einer angemessenen Vorstellung vom Lernen möglich.

### ***Überzeugen – nicht allein der logischen Einsicht vertrauen***

Lernen ist nie allein Sache rationaler Einsicht, immer spielen Bedürfnisse, Interessen und Einstellungen, kurz „affektive“ Aspekte, hinein (PIKO-BRIEF 2). Schülerinnen und Schüler halten „hartnäckig“ an ihren Schülervorstellungen fest. Die Änderung ihrer tief verankerten Vorstellungen ist mit logischer Einsicht allein nicht zu erreichen. Es gibt eine Reihe von Beispielen aus der Literatur, dass Schülerinnen und Schüler zwar die physikalische Sicht verstehen, sie aber nicht für „wahr“ halten. Dass ein beleuchteter Körper (z.B. ein Buch) Licht aussendet, ist für viele Schülerinnen und Schüler zunächst absurd. Einige meinen nach langwierigen Bemühungen des Lehrers zwar, die physikalische Sicht verstanden zu haben – aber sie glauben sie nicht.

### ***Zum Umgang mit Schülervorstellungen: Anknüpfen – Umdeuten – Konfrontieren***

Grundsätzlich kann man *kontinuierliche* und *diskontinuierliche* Lernwege unterscheiden (Jung, 1986). Bei den kontinuierlichen Wegen versucht man, einen „bruchlosen“ Weg von den Schülervorstellungen zu den physikalischen Vorstellungen zu finden. Dabei knüpft man an Vorstellungen an, deren Alltagsverständnis nicht oder möglichst wenig mit dem physikalischen Verständnis kollidiert. Die Lernenden werden Schritt für Schritt zur physikalischen Sicht geführt. Eine Variante des bruchlosen Weges besteht darin, dass man den Schülerinnen und Schülern klar macht, dass sie mit ihrer Vorstellung durchaus etwas Richtiges meinen, dass man aber in der Physik anders darüber spricht. Beim einfachen elektrischen Stromkreis haben die meisten Schülerinnen und Schüler z.B. die Vorstellung, der Strom werde im elektrischen Gerät verbraucht und deshalb sei der Stromfluss in der Rückleitung kleiner als in der Hinleitung. Hier kann man versuchen, diese Vorstellung „umzudeuten“. Man erklärt den Lernenden, dass sie etwas Richtiges meinen, dass man dies in der Physik aber anders nennt, nämlich „Verbrauch“ (genauer: Umwandlung) von Energie.

Diskontinuierliche Wege setzen auf die plötzliche Einsicht, die ein *kognitiver Konflikt* erlaubt. Es werden Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler der physikalischen Sicht gegenübergestellt oder es wird gezeigt, dass der vorhergesagte und der tatsächliche Ausgang eines Experiments nicht übereinstimmen. Die Literatur zeigt, dass in aller Regel ein kognitiver Konflikt nicht ausreicht, um die Lernenden von der physikalischen Sicht zu überzeugen – häufig verstehen die Schülerinnen und Schüler überhaupt nicht, worin der Konflikt besteht und was er bedeutet (Duit, Treagust, & Widodo, 2008).

### ***Unterrichtsstrategien, die Konzeptwechsel unterstützen***

Die in der Literatur vorgeschlagenen Unterrichtsstrategien für erfolgreiche Konzeptwechsel folgen grob betrachtet den folgenden Schritten (Duit, Treagust, & Widodo, 2008):

- *Vertraut machen mit den Phänomenen*
- *Bewusstmachen der Schülervorstellungen*
- *Einführung in die physikalische Sichtweise*
- *Anwendung der neuen Sichtweise*
- *Rückblick auf den Lernprozess*

Dieses Schema erlaubt selbstverständlich viele Variationen. Auf den zweiten Schritt wird bisweilen verzichtet, um hartnäckiges Verteidigen der Schülervorstellungen zu vermeiden. Dann muss im Vorfeld der Unterrichtsplanung sichergestellt werden, dass man einen „Bypass“ findet, der gewissermaßen an den Schülervorstellungen vorbei zum Verständnis der physikalischen Sicht führt. Wichtig ist der letzte Schritt, der Rückblick – gerade darauf wird im Unterricht allerdings häufig verzichtet.

### ***Lernen von Physik als Einleben in eine neue „Kultur“ bzw. als Erlernen einer neuen Sprache***

Lernen von Physik kann als Einleben der Schülerinnen und Schüler in eine neue Denkweise (Kultur) bzw. auch als Erlernen einer neuen Sprache angesehen werden. Geht man von dieser Sicht aus, so bedarf Lernen von Physik eines langen Atems. Was z.B. den Kraftbegriff ausmacht oder was ein Modell in der Physik bedeutet, lernt man nicht in einem Schritt, sondern in langen geduldigen Bemühungen, die Schritt für Schritt zur physikalischen Sicht führen.

### ***Kennzeichen erfolgreichen Unterrichts***

Das Erfolgsrezept für einen Unterricht, der die Schülerinnen und Schüler von ihren Vorstellungen zu den physikalischen Vorstellung führt, gibt es nicht. Kurz zusammengefasst sind aber die folgenden Kennzeichen von entscheidender Bedeutung (vgl. PIKO-BRIEF 4):

- *Die Schülervorstellungen ernst nehmen, sie ausdrücklich bei der Unterrichtsplanung berücksichtigen, sie im Unterricht ggf. zur Sprache bringen.*
- *Die Themen des Unterrichts in sinnstiftende Kontexte einbetten, damit sie den Schülerinnen und Schülern als lernenswert erscheinen.*
- *Nicht allein Lernangebote machen, sondern diese nachhaltig unterstützen. Freiräume für eigenständiges Erarbeiten des eigenen Wissens schaffen.*

Zentral wichtig ist, dass die Unterrichtsplanung und Unterrichtsdurchführung auf der oben skizzierten „konstruktivistischen“ Sicht des Lernens basiert. Lehrerinnen und Lehrer müssen sich der beiden oben genannten „Hauptsätze“ jederzeit im Klaren sein. Nur so lassen sich Lernangebote so unterstützen, dass sie tatsächlich Lerngelegenheiten bieten.

**Zitierte Literatur**

- Duit, R. (1993). Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 4, Heft 16, 1993, 4-10.
- Duit, R. (2009). Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler, Hrsg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 605-630). Berlin: Springer.
- Duit, R., Treagust, D., & Widodo, A. (2008). Teaching science for conceptual change: Theory and practice. In S. Vosniadou, Ed., *International handbook of research on conceptual change* (pp. 629-646). New York, London: Routledge.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 876-888
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34, 2-6.
- Schecker, H. (2007). Die Bildungsstandards Physik – Orientierungsrahmen für den Unterricht. *Unterricht Physik*, 18, Heft 97, 4-11.

**Weitere Hinweise**

- (1) Was hier kurz zusammengefasst ist, kann man genauer im oben zitierten Artikel von Duit (2009) nachlesen. Dort finden sich auch weitere Literaturhinweise.
- (2) Eine weitere zusammenfassende Darstellung: Kapitel 6 „Welche Perspektiven eröffnet die Forschung zu vorunterrichtlichen Vorstellungen und zum Lernprozess“ (S. 169 bis 219) in: P. Häußler u.a. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- (3) Im Rahmen der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Physik“ (Friedrich Verlag, Velber) sind drei Themenhefte zur Rolle von Alltagsvorstellungen erschienen:
  - ◆ Alltagsvorstellungen. April 1986.
  - ◆ Schülervorstellungen - neue Unterrichtsansätze in der Elektrizitätslehre. März 1993.
  - ◆ Alltagsvorstellungen im Physikunterricht II - Optik/Mechanik/Teilchen.
- (4) Wiesner, H., Hrsg. (2008). Physikunterricht an Schülervorstellungen orientiert. *Praxis der Physik*, 57, Heft 6/2004.
- (5) Dieser Band enthält eine Sammlung von Artikeln, die in verschiedenen Zeitschriften zum Thema der Alltagsvorstellungen erschienen sind:  
Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M., Hrsg. (2004). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.
- (6) Wer Arbeiten zu einem bestimmten Thema sucht, sei auf die umfassende Bibliographie STCSE (Students' and Teachers' Conceptions and Science Education) des IPN verwiesen:  
(<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>)

**Hinweise auf PIKO-UNTERRICHTSENTWÜRFE**

Der vorliegende Piko-Brief diskutiert grundlegende Aspekte des Lehrens und Lernens, die in allen Unterrichtsentwürfen eine wichtige Rolle spielen. Wie der Unterricht an vorunterrichtlichen Schülervorstellungen anknüpfen kann, wird in den folgenden Unterrichtsentwürfen gezeigt:

- Vorstellungen zu Schwimmen und Sinken am Beginn der Sekundarstufe I (Unterrichtsentwurf 5.1)
- Vorstellungen zum Planetensystem, zu Finsternissen und Mondphasen (Unterrichtsentwurf 5.2)
- Vorstellungen zur Funktion von Hebeln (Unterrichtsentwurf 5.5)
- Teilchenvorstellungen, Vorstellungen zu Modellen (Unterrichtsentwurf.5.12)

**PIKO-BRIEF NR. 2** (FEBRUAR 2010)**Affektive Aspekte und Lernen von Physik**

Autorin: Thorid Rabe



**Kurz zusammengefasst: Affektive Aspekte bestimmen tiefgreifend mit, wie Schülerinnen und Schüler lernen, und ihre Entwicklung ist ein wichtiges Ziel des Unterrichts**

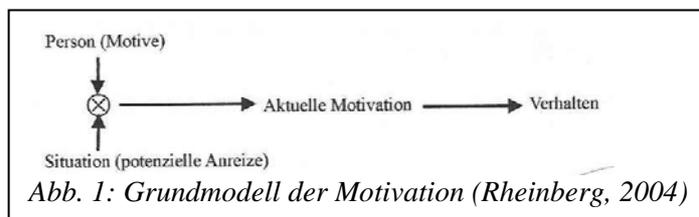
Im PIKO-BRIEF 1 (Schülervorstellungen und Lernen von Physik) wird betont, dass Lernen nie allein Sache rationaler Einsicht ist, sondern dass immer Bedürfnisse, Interessen und Einstellungen, also „affektive“ Aspekte, das Lernen mitbestimmen. Die Rolle dieser Aspekte soll hier unter die Lupe genommen werden. Sie bestimmen alle Phasen eines Lernprozesses, nämlich die Aktivierung zum Lernen, die Orientierung und Richtung des Lernprozesses sowie schließlich das langfristige Ergebnis. Die Steuerung der Aufmerksamkeit beim Lernen hängt von affektiven Aspekten ab, mit der Aufmerksamkeit ist die Tiefe der Verarbeitung verknüpft. Eine besondere Rolle spielen hier: *Motivation, Interesse, Selbstkonzept* (d.h. das Vertrauen, eine die Physik betreffende Aufgabe lösen zu können) und *Einstellungen*.

Affektive Aspekte sollten aber nicht allein als wichtige Faktoren gesehen werden, die Lernen tiefgreifend mitbestimmen. Die Entwicklung dieser affektiven Aspekte ist auch als eigenständiges Ziel des Physikunterrichts zu sehen. Sie bestimmen, ob und in welcher Tiefe naturwissenschaftlich bestimmte Themen ernsthaft wahrgenommen und verstanden werden. Nur dann, wenn z.B. Interesse an einem Thema vorhanden ist und somit die Bereitschaft besteht, sich näher damit zu befassen, können die wichtigen Ziele einer naturwissenschaftlichen Grundbildung – wie sie beispielsweise in den Bildungsstandards im Mittelpunkt stehen – erreicht werden. In gleicher Weise sind bestimmte Einstellungen – wie zum Beispiel eine kritisch konstruktive Einstellung zu Fragen der Energieversorgung – ein eigenständiges Ziel des Physikunterrichts.

Bei der Berücksichtigung von Interesse, Motivation, Selbstkonzept und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler geht es also nicht darum, den Spaßfaktor des Physikunterrichts und dadurch vordergründig die Beliebtheit des Faches zu erhöhen. Vielmehr soll einerseits Lernen ermöglicht und unterstützt werden, indem „positive Gefühle“ für dieses Lernen geweckt werden. Andererseits sind ein nachhaltiges Interesse an der Physik, ihren Anwendungen und ihrer Bedeutung für Alltag und Gesellschaft sowie bestimmte Einstellungen wichtige eigenständige Ziele des Unterrichts.

**Motivation**

Unter Motivation wird in der Psychologie der „Antrieb“ zum Lernen und Handeln verstanden,



das auf ein positiv bewertetes Ziel gerichtet ist. Der Anlass zum Lernen kann innerhalb oder außerhalb der Person liegen. *Intrinsische* Motivation bedeutet, dass die Handlungen um ihrer selbst willen ausgeführt werden. So bearbeitet

eine Schülerin eine Aufgabe zur Solarenergie besonders intensiv, weil dieses Thema für sie eine persönliche Bedeutung hat und weil sie gerne im Internet recherchiert, wie es für die Lösung der Aufgabe nötig ist. Bei der *extrinsischen* Motivation liegt der Lernanreiz außerhalb der Person. Hier werden Handlungen nicht um ihrer selbst willen ausgeführt, sondern in der Erwartung positiver Konsequenzen (wie einer guten Zensur) oder zur Vermeidung negativer Konsequenzen. So bearbeitet z.B. eine andere Schülerin die Aufgabe zur Solarenergie ledig-

lich, um Sanktionen, wie eine schlechte Note zu, vermeiden. Ob und wie Schülerinnen und Schüler – *intrinsisch* oder *extrinsisch* motiviert – eine Motivation in Handlung umsetzen, hängt davon ab, ob ihnen das Ziel erreichbar erscheint und welche Widerstände ggf. zu überwinden sind. Erscheint es als eher aussichtslos, das erhoffte Ziel zu erreichen, muss eine große Willensanstrengung aufgebracht werden, um die notwendige Handlung durchzuführen.

*Intrinsische* Motivation, also das Handeln aus einem inneren Antrieb heraus, gilt als pädagogisch erwünscht. Deci und Ryan (1993) betonen in ihrer „Selbstbestimmungstheorie“ der Motivation, dass diese Motivation nur dann auftritt (Abb. 2), wenn die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit haben, erleben zu können, dass sie die Aufgabe bewältigen können, und die Möglichkeit haben, sie eigenständig und selbstbestimmt durchzuführen. Forschungsergebnisse zeigen, dass Lernergebnisse bei intrinsischer Motivation in aller Regel besser ausfallen, dass diese Art der Motivation in der Praxis aber nicht die Regel ist.

- (1) Erleben von Kompetenz.
- (2) Erleben von Autonomie.
- (3) Selbstbestimmung des Lernens.

Abb. 2: Bedingungen intrinsischer Motivation

motivation, dass diese Motivation nur dann auftritt (Abb. 2), wenn die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit haben, erleben zu können, dass sie die Aufgabe bewältigen können, und die Möglichkeit haben, sie eigenständig und selbstbestimmt durchzuführen. Forschungsergebnisse zeigen, dass Lernergebnisse bei intrinsischer Motivation in aller Regel besser ausfallen, dass diese Art der Motivation in der Praxis aber nicht die Regel ist.

## Interesse

Interesse beschreibt die Beziehung des Lernenden zu einem „Lerngegenstand“. Die Person verbindet positive Gefühle mit dem Gegenstand des Interesses und bringt ihm eine gewisse Wertschätzung entgegen. Der Gegenstand des Interesses und die mit ihm verbundenen Handlungen heben sich auf diese Weise von anderen ab und werden als positiv erlebt. Als Folge entsteht der Wunsch, über den Gegenstand mehr zu erfahren, das Wissen über ihn zu erweitern und sich mit ihm näher zu beschäftigen. Das *individuelle Interesse* ist ein relativ stabiles Persönlichkeitsmerkmal, das immer wieder aufgerufen und aktuell wirksam werden kann. Über die *Interessantheit* der Lernumgebung lässt sich zunächst ein *zeitlich begrenztes Interesse* erreichen, das zu einer interessenorientierten Auseinandersetzung führen und so das individuelle Interesse fördern und weiterentwickeln kann. Wie oben ausgeführt, haben Interessen im Physikunterricht eine doppelte Funktion. Sie stellen die Motivation bereit, die zum effizienten Lernen nötig ist (s.o.). Sie sind insofern Voraussetzung zum Lernen, als sie zum Lernen anregen. Die Entwicklung und nachhaltige Förderung des Interesses ist aber auch ein eigenständiges Ziel des Unterrichts.

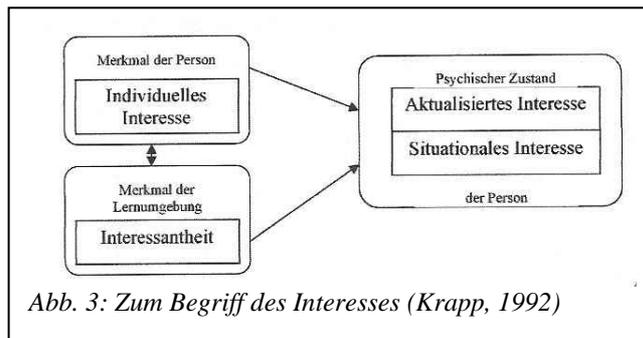


Abb. 3: Zum Begriff des Interesses (Krapp, 1992)

mit ihm näher zu beschäftigen. Das *individuelle Interesse* ist ein relativ stabiles Persönlichkeitsmerkmal, das immer wieder aufgerufen und aktuell wirksam werden kann. Über die *Interessantheit* der Lernumgebung lässt sich zunächst ein *zeitlich begrenztes Interesse* erreichen, das zu einer interessenorientierten Auseinandersetzung führen und so das individuelle Interesse fördern und weiterentwickeln kann. Wie oben ausgeführt, haben Interessen im Physikunterricht eine doppelte Funktion. Sie stellen die Motivation bereit, die zum effizienten Lernen nötig ist (s.o.). Sie sind insofern Voraussetzung zum Lernen, als sie zum Lernen anregen. Die Entwicklung und nachhaltige Förderung des Interesses ist aber auch ein eigenständiges Ziel des Unterrichts.

### Fachinteresse:

- Am Schulfach Physik

### Sachinteresse:

- An Themen der Physik, Begriffen, Prinzipien, Erkenntnismethoden
- An Anwendungen der Physik in Technik, Alltag, Gesellschaft
- An Tätigkeiten, die man bei der Beschäftigung mit Physik ausführen kann

Abb.4: Fachinteresse versus Sachinteresse

Zu unterscheiden sind das *Fachinteresse* und das *Sachinteresse*. Das Fachinteresse kennzeichnet die Vorliebe für das Schulfach Physik, das Sachinteresse die Vorliebe für die Physik und ihre Anwendungen. Es zeigt sich, dass das Sachinteresse wohl entwickelt sein kann, während das Fachinteresse – häufig wegen der dort vorherrschenden Unterrichtsmethoden – gering ist.

- Über die friedliche und die militärische Nutzung von Beobachtungssatelliten diskutieren und ihre Bedeutung einschätzen.
- Mehr darüber erfahren, wie Farben am Himmel zustande kommen.
- Mehr Einblick erhalten, welche kraftsparenden Geräte in einer Autowerkstatt verwendet werden.
- Ein Gerät bauen, mit dem man radioaktive Strahlen nachweisen kann.
- Die Stromstärken beim Anschluss elektrischer Geräte berechnen.

*Abb. 5: Beispiele für Items eines Interessentests (Häußler u.a., 1998, S. 139)*

Es gibt eine große Anzahl von Untersuchungen zum Interesse von Schülerinnen und Schülern. In der Regel verwendet man Tests, bei denen die Schülerinnen und Schüler den Grad ihrer Zustimmung zu den Aussagen

auf einer Skala (hier von sehr groß bis sehr gering) einschätzen (Abb. 5).

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Studien - kurz zusammengefasst – sind:<sup>1</sup>:

- Das Sachinteresse der Mädchen ist generell deutlich geringer als bei den Jungen. Für die Mädchen gehört Physik zu den unbeliebtesten Fächern. Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, dass Physik das einzige Schulfach ist, bei dem die Mädchen im Schnitt schlechtere Leistungen erzielen als die Jungen.
- Das Interesse ist für Mädchen wie Jungen stark abhängig vom Kontext, in den die physikalischen Inhalte eingebettet sind.
- Die Einbettung in alltägliche Erfahrungen ist generell Interesse fördernd, für Mädchen jedoch nur, wenn sie dabei auf Erfahrungen zurückgreifen können, die sie selbst gemacht haben können.
- Inhalte mit einer emotional getönten Komponente, also etwa Phänomene, über die man staunen kann und die zu einem Aha-Erlebnis führen, werden generell als interessant empfunden. Mädchen sind dabei eher über ein die Sinne und das Fühlen unmittelbar ansprechendes Erleben (z.B. Naturphänomene, aber auch „mystische“ Ereignisse) zu erreichen und weniger über erstaunliche technische Errungenschaften. Jungen fasziniert hingegen gerade dies.
- Das Interesse an der gesellschaftlichen Bedeutung der Physik ist generell hoch, bei Mädchen umso höher, je älter sie sind und je deutlicher eine unmittelbare Betroffenheit angesprochen wird.
- Das Interesse an einem Bezug zum eigenen Körper ist generell groß. Dazu gehören Anwendungen in der medizinischen Diagnostik und Therapie, Gefährdung der Gesundheit und Erklärungen der Funktionsweise von Sinnesorganen.
- Das Entdecken oder Nachvollziehen von Gesetzmäßigkeiten um ihrer selbst willen, wird als weniger interessant empfunden, insbesondere, wenn es um eine quantitative Beschreibung geht. Wo gerechnet werden muss, schwindet das Interesse.
- In eine ähnliche Richtung weist der Befund, dass Mädchen wie Jungen es vorziehen, im Physikunterricht praktische Tätigkeiten durchzuführen wie Versuche aufbauen und durchführen oder etwas auszuprobieren. Theoretische Tätigkeiten wie Aufgaben bearbeiten oder Vorhersagen zum Versuchsausgang zu machen sind weniger attraktiv.

### ***Selbstkonzept***

Hier geht es um die Selbstwahrnehmung, die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, Physik zu verstehen und zu lernen. „Für Physik war ich schon immer unbegabt“ ist eine Einschätzung, der man immer wieder begegnet. Dahinter steckt ein bestimmtes *Selbstkonzept*, also was eine Person über sich selbst – hier hinsichtlich des Lernens von Physik – denkt: Was kann ich gut, was kann ich schlecht, welche Eigenschaften sind charakteristisch für mich? Diese Vorstellungen über sich selbst sind weiter verbunden mit Bewertungen der Eigenschaften und Fähigkeiten, die sich zu einem bestimmten *Selbstwertgefühl* zusammenfügen. Empfinde ich das, was ich kann, insgesamt als positiv oder halte ich es für ungenügend. Dies ist mit einer *Selbstwirksamkeitserwartung* verbunden: Was traue ich mir zu, kann ich auch schwierige Ziele mit meinen Fähigkeiten erreichen? Je positiver das *Selbstkonzept* ist, desto eher ist eine Person bereit, sich intensiv mit einer Sache zu befassen und desto länger hält sie

<sup>1</sup> Zu beachten ist hier, dass Aussagen zu Unterschieden zwischen Mädchen und Jungen pauschale Einschätzungen sind und im Einzelfall nicht zutreffen müssen.

angesichts von Misserfolgen auch durch. Das Selbstkonzept bestimmt weiterhin mit, welche Interessen sich ausbilden, ob eine Person sich z.B. zutraut, bestimmte physikalische Inhalte und Tätigkeiten durchzuführen. Wie das Interesse wird das Selbstkonzept in der Regel mit

- Ich verstehe / behalte den Stoff in Physik ...
- Meine Leistungen in Physik sind nach meiner Einschätzung ...
- Ich beteilige mich am Physikunterricht ...
- Ich glaube, dass mich die anderen im Physikkurs für .... halten.
- Ich erwarte, dass in Zukunft meine Leistungen in Physik ... sein werden.

Abb. 6: Beispiele für Items eines Tests zum Selbstkonzept (Hoffmann et al., 1997)

einem Test untersucht. Bei Items des Tests in Abb. 6 werden die Schülerinnen und Schüler gebeten, ihre Einschätzungen zu den Aussagen auf einer 5-stufigen Skala (*sehr gut bis sehr schlecht*) einzuordnen.

Wie Untersuchungen zeigen, fällt das Selbstkonzept hinsichtlich des Lernens von Physik bei den Mädchen in der Regel geringer aus als bei den Jungen. Es nimmt im Verlaufe der Sekundarstufe I ab. Mädchen begründen gute Leistungen in Physik mit Fleiß und Anstrengung und dem Wohlwollen der Lehrkraft, schlechte Leistungen hingegen mit mangelnden Fähigkeiten. Jungen sehen gute Leistungen als Resultat ihrer Fähigkeiten, schlechte Leistungen haben ihre Ursache darin, dass sie sich zu wenig Mühe gemacht haben.

### Wie man das Interesse im Unterricht fördern kann

#### *Intrinsische Motivation ermöglichen*

Es ist oben betont worden, dass *intrinsische* Motivation sich nur bilden kann, wenn es den Schülerinnen und Schüler möglich ist, die *Kompetenz*, über die sie verfügen und die *Autonomie* des eigenen Handelns zu erleben, sowie *selbstbestimmt* lernen zu können. Prenzel (1994) hat auf dieser Grundlage prägnant formuliert, was das für die Gestaltung des Unterrichts bedeutet (Abb. 7).

<b>Interesse wird beeinträchtigt</b>	<b>Interesse wird gefördert</b>
Minutiöses Vorschreiben, wie Schüler Aktivitäten auszuführen haben. Entziehen oder Einengen von Spielräumen und Wahlmöglichkeiten.	Durch Anbieten von Spielräumen und durch Hinweise auf Wahlmöglichkeiten Schülern die Möglichkeit geben, sich als selbstbestimmt handelnd zu erleben.
Rückmeldungen über Lernfortschritte und Defizite, die vom Schüler weniger als Informationen über den Könnensstand denn als massive Kontrolle empfunden werden müssen.	Durch informierende Rückmeldungen und durch ein Anlegen individueller Bezugsnormen Schülern die Möglichkeit geben, die eigene Kompetenz zu erfahren.
Geringe soziale Einbeziehung oder Einbindung, die Schüler nicht als Person ernst nimmt oder akzeptiert und durch mangelnde Partnerschaftlichkeit und Kooperation gekennzeichnet ist.	Durch partnerschaftlichen und kooperativen Umgang Schülern die Möglichkeit geben, sich persönlich als angenommen und sozial einbezogen zu empfinden.

Abb. 7: Zur Förderung des Interesses (Prenzel, 1994)

Es gilt also, den Unterricht so zu gestalten, dass sich niedriger Leistungs- und Sozialdruck und eine insgesamt schülerzentrierte Unterrichtsgestaltung positiv auswirken können:

- Individuelle Bezugsnormen für Rückmeldungen wählen.
- Lern- und Leistungsphasen trennen.
- Wo es möglich ist, das optimale Anforderungsniveau der individuellen Schülerinnen und Schüler finden und im Unterricht durch Differenzierung realisieren.
- Positives Feedback geben<sup>2</sup>.
- Schülerinnen und Schüler an der Gestaltung ihrer Lernwege mitwirken lassen und Spielräume für Kreativität anbieten.

<sup>2</sup> s. PIKO-BRIEF 14

### *Zur fachlichen Gestaltung des Unterrichts*

Die oben genannten Studien zum Interesse von Schülerinnen und Schülern und zu Möglichkeiten, das Interesse zu fördern lassen sich wie folgt zusammenfassen.

- Den Schülerinnen und Schülern Gelegenheiten geben und Zeit lassen zum Staunen.
- Aspekte der gesellschaftlichen Bedeutung von Physik diskutieren.
- Lebensnahe Kontexte für die physikalischen Inhalte wählen.
- Bezüge zum eigenen Körper herstellen.
- Den Nutzen verdeutlichen, wenn im Unterricht gerechnet wird.

### **Einstellungen**

Mit Einstellungen bezeichnet man ein breites Spektrum von Vorlieben, Ablehnungen, kritischer Distanz und dergleichen. Dabei gibt es Überschneidungen zu Aspekten, die vorstehend mit Motivation, Interesse und Selbstkonzept bezeichnet wurden. Für die Planung von Physikunterricht sind Einstellungen zur Nutzung und Bedeutung physikalischer Begriffe, Prinzipien, sowie Denk- und Arbeitsweisen im gesellschaftlichen Raum, insbesondere bei brisanten Problemen wie zur Sicherheit von Kernkraftwerken oder zur Energieversorgung insgesamt (Mikelskis, 2006) wichtig. Ihre unverzichtbare Rolle im Konzert mit den kognitiven Aspekten des Lernens wird zum Beispiel in den aktuellen Bildungsstandards betont. Einstellungen werden, wie die anderen vorstehend diskutierten affektiven Aspekte, in der Regel mit Fragebögen untersucht. Wegen der Vielfalt dessen, was mit Einstellungen bezeichnet wird, kann hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

### **Zitierte Literatur**

- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38, 747-770.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtsplanung*. Kiel: IPN (Kapitel 3: Welche Perspektiven eröffnet die Interessenforschung; 119-146).
- Hoffmann, L., Häußler, P., & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht. Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs*. Kiel: IPN.
- Mikelskis, H. (2006). Den Physikunterricht legitimieren. In H. Mikelskis, Hrsg., *Physikdidaktik - Praxishandbuch für die Sekundarstufe II und II* (pp. 11-51). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Prenzel, M. (1994). Mit Interesse ins dritte Jahrtausend! Pädagogische Überlegungen. In N. Seibert & H.J. Serve, Hrsg., *Bildung und Erziehung an der Schwelle zum dritten Jahrtausend* (pp. 1314-1339). München: Wittich.
- Rheinberg, F. (2004). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.

### **Hinweise zum Weiterlesen**

- Häußler, P., Hoffmann, L., Langeheine, R., Rost, J., & Sievers, K. (1996). Qualitative Unterschiede im Interesse an Physik und Konsequenzen für den Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2, Heft 3, 57-69.
- Rabe, T. (2006). Motivation, Interesse und Selbstkonzept im Physikunterricht. In H. Mikelskis, Hrsg., *Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. (pp. 253-269). Berlin: Cornelsen Scriptor, 253-269.
- Wodzinski, R. (2009). Mädchen im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & Häußler, P., Hrsg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp.583-604). Berlin: Springer.
- Murphy, P. & Whitelegg, E. (2006). *Girls in the Physics Classroom – A review of the research on the participation of girls in physics*. London, United Kingdom: Institute of Physics (kostenloser download: [http://www.iop.org/activity/education/Making\\_a\\_Difference/Policy/file\\_6574.pdf](http://www.iop.org/activity/education/Making_a_Difference/Policy/file_6574.pdf))

Hollins, M., Murphy, P., Ponchaud, B. & Whitelegg, E.: *Girls in the Physics Classroom – A teachers' guide for action*. London, United Kingdom: Institute of Physics  
(kostenloser download: [http://www.iop.org/activity/education/Making\\_a\\_Difference/Policy/file\\_22225.pdf](http://www.iop.org/activity/education/Making_a_Difference/Policy/file_22225.pdf))

### **Weitere Hinweise**

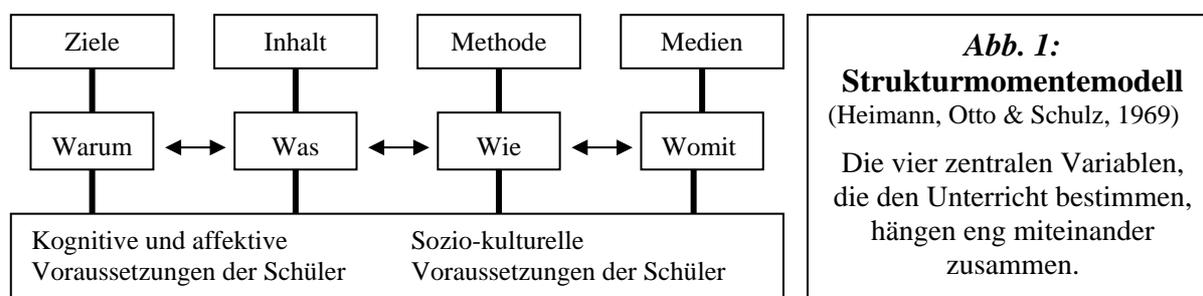
Die Rolle affektiver Aspekte beim Lehren und Lernen von Physik spielt in einer Reihe weiterer PIKO-BRIEFE eine wichtige Rolle. Auf PIKO-BRIEF 1, in dem die konstruktivistische Sichtweise des Lehrens und Lernens im Mittelpunkt steht, ist bereits verwiesen worden. In den PIKO-BRIEFEN 3 und 4 geht es um die Berücksichtigung affektiver Aspekte bei der Unterrichtsplanung – auch bei der fachlich orientierten Planung. Im PIKO-BRIEF 5 zum Kontextorientierten Unterricht wird herausgearbeitet, dass „sinnstiftende Kontexte“ Interesse wecken und von den Schülerinnen und Schülern als authentisch und damit als „lernenswert“ wahrgenommen werden. Zu den Zielen des Experimentierens im Physikunterricht (PIKO-BRIEF 6) zählt auch, dass Experimente das Interesse am Unterricht und damit am Lernen von Physik steigern können. In den drei PIKO-BRIEFEN zu Unterrichtsmethoden (9, 10, und 11) stehen Methoden im Mittelpunkt, bei denen die in Abb. 2 genannten Bedingungen intrinsischer Motivation (Erleben von Kompetenz, Erleben von Autonomie und Selbstbestimmung des Lernens) gegeben sind. Solche Aspekte spielen auch im PIKO-BRIEF 14 zu Methoden der Unterrichtsevaluation und des Feedbacks eine wichtige Rolle.

In Übereinstimmung mit den Leitlinien von PHYSIK IM KONTEXT – hier insbesondere der Leitlinie 1 zur Lehr-Lern-Kultur – kommen in den zwölf PIKO-UNTERRICHTSENTWÜRFEN vor allem Unterrichtsmethoden zum Zuge, bei denen die Schülerinnen und Schüler eigenständig und selbstbestimmt arbeiten können, die also den Bedingungen intrinsischer Motivation entsprechen. Deshalb finden sich in den Unterrichtsentwürfen viele Beispiele, wie diesbezügliche affektive Aspekte im Unterricht in Betracht gezogen werden können.

### *Fachliche Aspekte und Perspektiven der Schülerinnen und Schüler bei der Unterrichtsplanung gleichgewichtig berücksichtigen*

Unterricht ist durch ein komplexes Zusammenspiel vieler Variablen bestimmt. Der „Inhalt“, der vermittelt werden soll, spielt dabei selbstverständlich eine besondere Rolle. Um Lernschwierigkeiten zu vermeiden, sollten aber Überlegungen zum fachlichen Inhalt mit Überlegungen zum Lernen der Schülerinnen und Schüler verbunden sein.<sup>1</sup> Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, das im Folgenden vorgestellt wird, erlaubt dies. Didaktische Rekonstruktion bedeutet, kurz gefasst, dass ausgehend von der Sachstruktur der Physik die Sachstruktur für den Unterricht unter didaktischer Perspektive konstruiert wird.

### *Vom engen Zusammenhang aller Variablen, die den Unterricht bestimmen*



Die Entscheidung für eine bestimmte Methode (wie Projektunterricht oder Frontalunterricht) ist beispielsweise immer auch eine Entscheidung über Ziele. Gleiches gilt für Entscheidungen über Medien. Wird ein Schülerexperiment anstelle eines Demonstrationsexperiments eingesetzt, so bedeutet dies, dass Ziele, die mit dem eigenständigen Experimentieren verbunden sind, ebenfalls zum Tragen kommen. Das Experiment dient dann z.B. nicht allein dazu, mit einem Phänomen vertraut zu machen, sondern auch dem Einüben manueller Fertigkeiten und der Zusammenarbeit mit anderen. Der enge Zusammenhang aller Variablen, die den Unterricht bestimmen, führt dazu, dass die Änderung einer Variablen allein in aller Regel nicht zu einer grundlegenden Veränderung des Unterrichts führen kann. Es bedarf stets der Feinabstimmung aller Variablen. Zu Methoden und Medien gibt es ein breites Spektrum von Möglichkeiten, das weit über die üblicherweise im Unterricht eingesetzten Methoden und Medien hinausgeht. Die PIKO-BRIEFE 9, 10 und 11 machen mit dieser Vielfalt bekannt und geben Hinweise, wie sie im Unterricht genutzt werden kann.

### *Die Didaktische Analyse nach Klafki (1969)*

Die folgenden fünf Grundfragen der didaktischen Analyse (Abb. 2) erlauben es, die engen Zusammenhänge der Variablen, die den Unterricht bestimmen, zu berücksichtigen. Die Ziele bilden den Ausgangs- und Orientierungspunkt der Unterrichtsplanung, nicht der fachliche Inhalt. Es wird gefragt, welche über das Verstehen dieses Inhalts hinausgehenden Aspekte

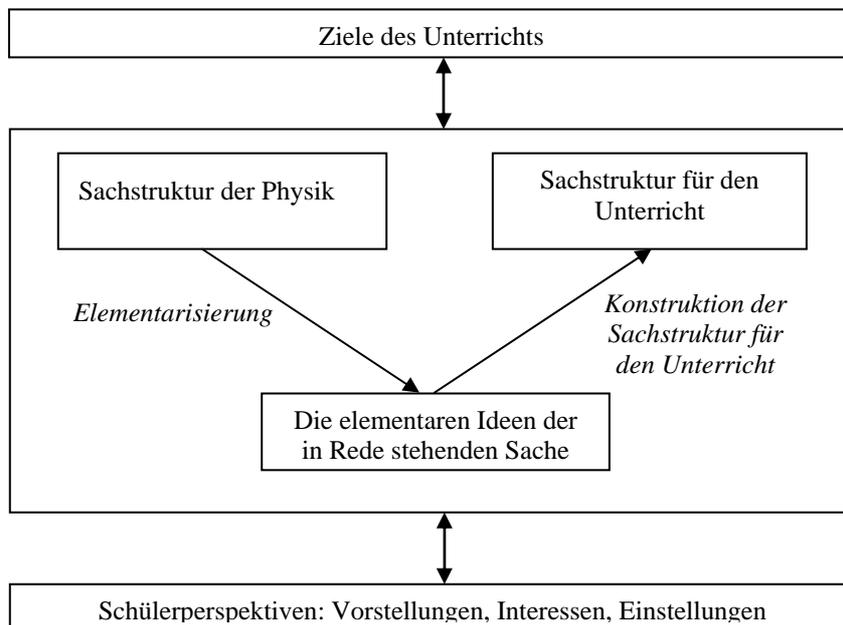
<sup>1</sup> Hier geht es vor allem um Überlegungen zu den vorunterrichtlichen Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht hineinbringen (s. PIKO-BRIEF 1) und zu ihren Interessen und Einstellungen zum in Frage stehenden Inhalt (s. PIKO-BRIEF 2).

„exemplarisch“ gewissermaßen „mitgelernt“ werden (vgl. das Prinzip des Exemplarischen bei Wagenschein, 1965). Die Perspektiven der Lernenden (insbesondere ihre kognitiven Fähigkeiten und ihre Interessen) spielen – wie beim Strukturmomentenmodell - ebenfalls eine herausragende Rolle.

- I. Welchen größeren bzw. welchen allgemeinen Sinn- und Sachzusammenhang vertritt und erschließt dieser Inhalt? Welches Urphänomen oder Grundprinzip, welches Gesetz, Kriterium, Problem, welche Methode, Technik oder Haltung lässt sich in der Auseinandersetzung mit ihm "exemplarisch" erfassen?
- II Welche Bedeutung hat der betreffende Inhalt bzw. die an diesem Thema zu gewinnende Erfahrung, Erkenntnis, Fähigkeit oder Fertigkeit bereits im geistigen Leben der Kinder meiner Klasse, welche Bedeutung sollte er - vom pädagogischen Gesichtspunkt aus gesehen - darin haben?
- III. Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Kinder?
- IV. Welches ist die Struktur des (durch die Fragen I, II und III in die spezifische pädagogische Sicht gerückten) Inhaltes?
- V. Welches sind die besonderen Fälle, Phänomene, Situationen, Versuche, in oder an denen die Struktur des jeweiligen Inhaltes den Kindern dieser Bildungsstufe, dieser Klasse interessant, fragwürdig, zugänglich, begreiflich, "anschaulich" werden kann?

Abb. 2: Die fünf Grundfragen der Didaktischen Analyse nach Klafki (1969)

### Didaktische Rekonstruktion<sup>2</sup>



**Abb. 3:**  
**Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion**  
 Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1998

Der Prozess der didaktischen Rekonstruktion der Sachstruktur (Elementarisierung und Konstruktion der Sachstruktur für den Unterricht) ist eng vernetzt mit der „Didaktischen Analyse“ (Berücksichtigung der Ziele des Unterrichts und der Perspektiven der Schüler.

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion verbindet Ideen des Strukturmomentenmodells und der Didaktischen Analyse. Es erlaubt, den fachlichen Inhalt sowie die kognitiven und affektiven Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler bei der Unterrichtsplanung gleichermaßen zu berücksichtigen, indem die Sachstruktur für den Unterricht auf der Basis der Vorstellungen, Interessen und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler geplant wird.

<sup>2</sup> vgl. Reinhold, 2006

- *Zum Begriff der Sachstruktur:* Die *Sachstruktur der Physik* und die *Sachstruktur für den Unterricht* müssen klar unterschieden werden. Unter der Sachstruktur der Physik ist die Struktur der fachlichen Inhalte zu verstehen. Sie schließt Begriffe und Prinzipien auf der einen und Denk- und Arbeitsweisen sowie Vorstellungen über die Natur der Wissenschaft Physik auf der anderen Seite ein. Sie betrifft also ein breites Spektrum an Kompetenzen in den Bereichen des Fachwissens und der Erkenntnisgewinnung. Aufgabe der Lehrerin bzw. des Lehrers bei der Planung des Unterrichts ist es, die Sachstruktur für ihren bzw. seinen Unterricht zu konstruieren. Diese Sachstruktur *für* den Unterricht ist einerseits in aller Regel „einfacher“ als die Sachstruktur der Physik; sie ist aber andererseits auch „reicher“ bzw. „vielfältiger“, weil die „elementaren“ Grundideen zur in Rede stehenden Sache in Kontexte (u.a. Anwendungen in Technik und im Alltag) eingebettet werden müssen, damit sie von den Schülerinnen und Schüler erlernt werden können und ihnen als lernenswert erscheinen.
- *Elementarisierung*<sup>3</sup>: Es werden hier Ideen der Didaktischen Analyse von Klafki aufgegriffen (in der Grundfrage I ist vom „Urphänomen“ bzw. vom „Grundprinzip“ die Rede; s.o.). Im Prozess der fachlichen Klärung, d.h. der Auseinandersetzung mit dem fachlichen Inhalt, werden die zentralen Grundideen des in Rede stehenden Inhalts herausgearbeitet. Als „elementare“ Grundideen des Energiebegriffs kann man zum Beispiel Energieerhaltung, -umwandlung, -transport und -entwertung ansehen (s. im folgenden Diagramm von Abb. 4 im Block „Elementare Grundideen“). Die Prozesse der *fachlichen Klärung* und *Elementarisierung* sowie die *Didaktische Analyse* gehen Hand in Hand. Das bedeutet, dass die Ziele des Unterrichts mit in Betracht gezogen werden. Bereits hier wie im sich anschließenden Prozess der Konstruktion der *Sachstruktur für den Unterricht* müssen auch die Perspektiven der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden.
- *Planung der Sachstruktur und Planung der Lernwege von den vorunterrichtlichen Schülervorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien:* Es hat sich in Untersuchungen gezeigt, dass manche neuen Unterrichtsansätze zunächst keinen nennenswerten Effekt zeigten, weil die Sachstruktur für den Unterricht nicht so geplant war, dass die Lernwege von den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien effektiv zu beschreiten waren. Es gibt einen anderen wichtigen Grund, bei der Planung der Sachstruktur für den Unterricht die Sichtweisen der Lernenden in Betracht zu ziehen: Häufig versteht man die physikalische Sichtweise besser, wenn man sie aus einer anderen Perspektive, nämlich der Perspektive der Lernenden, zu sehen versucht. Es ergibt sich dann auch häufig die Einsicht, dass in der Literatur zur Schulphysik tradierte Sichtweisen nicht in allen Aspekten dem fachlichen Wissen gerecht werden.

### ***Didaktische Rekonstruktion in der Praxis der Unterrichtsplanung***

Die vorstehend kurz zusammengefassten Kennzeichen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion sind recht allgemein. Welche Rolle sie bei der Unterrichtsplanung spielen können, zeigt sich erst, wenn man es mit dem Modell ganz konkret versucht. Um sich mit der „Denkweise“ des Modells vertraut zu machen, kann man das folgende Schema benutzen. Es handelt sich um fünf leere Felder, die den Aspekten in der graphischen Darstellung des Modells entsprechen. Man beginnt z.B. bei der „Sache“ (dem Thema des Unterrichts), überlegt sich dann, welche Ziele im Vordergrund stehen sollten, welche elementaren Grundideen wichtig sind, welche Vorstellungen der Schüler zu berücksichtigen sind und ob die Schüler für das Thema Interesse aufbringen und skizziert schließlich die Sachstruktur für

<sup>3</sup> s. Bleichroth, 1991; Kircher u.a., 2009

den Unterricht. Man verbindet sie ggf. bereits mit einer Skizze des Unterrichts, die Überlegungen zu Methoden und Medien einschließt. Der Planungsprozess verläuft natürlich nicht so linear wie hier skizziert. Es sind viele gedankliche Durchgänge nötig, um für die nötige Abstimmung der wechselseitigen Zusammenhänge zu sorgen.

Das Diagramm kann man für die Planung einer einzelnen Unterrichtsstunde oder ganzer Unterrichtseinheiten zu einem übergreifenden Thema verwenden. Im folgenden Diagramm sind als Beispiel einige Überlegungen zu einer Unterrichtseinheit zum Thema Energie eingetragen (Duit, 1991, 2007).

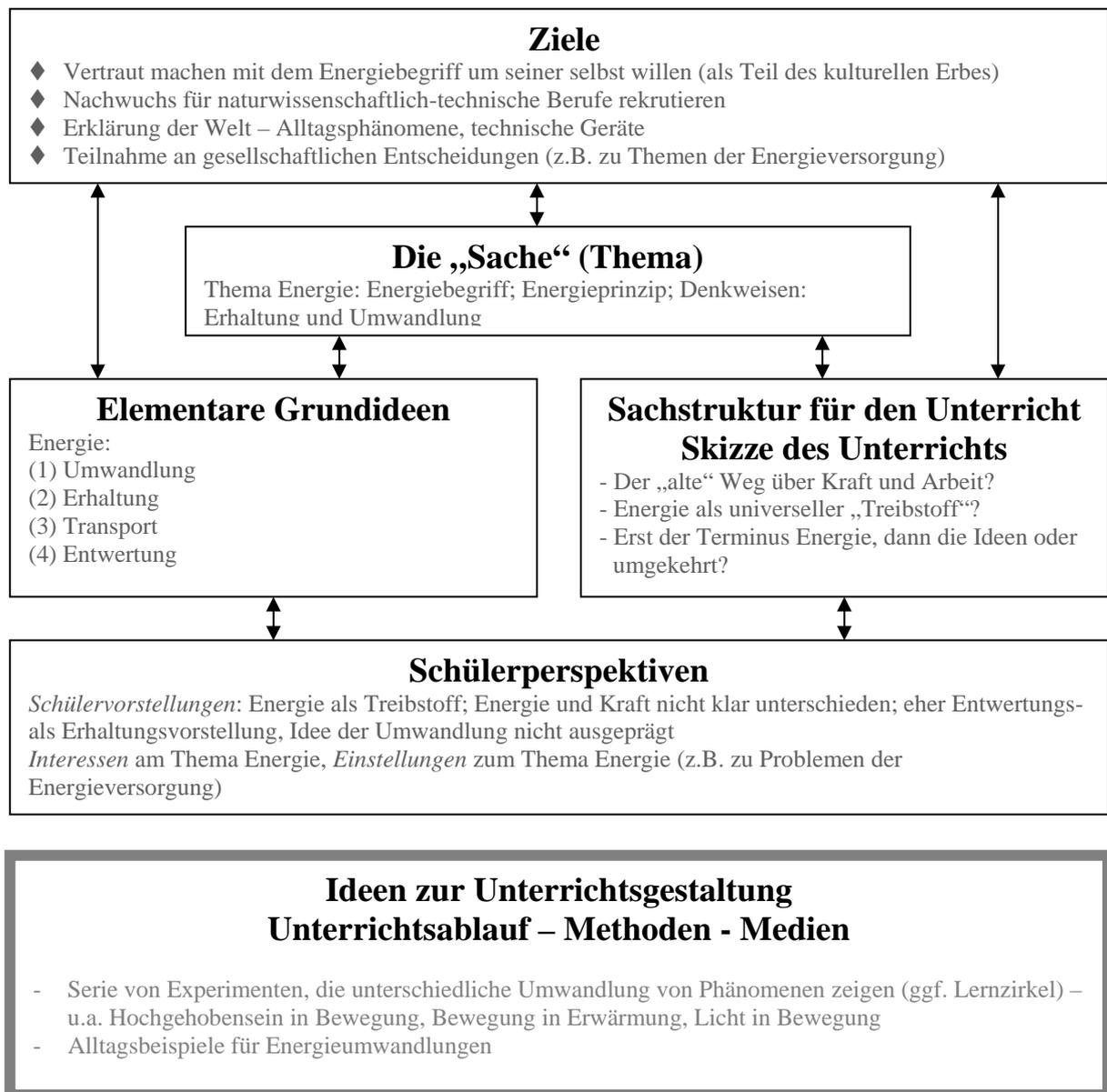


Abb. 4: Diagramm zur Unterrichtsplanung  
(Eingetragen sind Planungsideen zum Unterricht über den Energiebegriff)

**Zitierte Literatur**

- Duit, R. (1991). Zur Elementarisierung des Energiebegriffs. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 39, 12-19.
- Duit, R. (2007). Energie: Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Unterricht Physik*, 18, Ausgabe 5/07, 4-7.
- Heimann, P., Otto, G. & Schulz, W. (1969). *Unterricht, Analyse und Planung*. Hannover: Schroedel.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2009). Elementarisierung und Didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler, *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 115-148). Berlin: Springer.
- Klafki, W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In H. Roth & A. Blumental, Hrsg., *Auswahl, Didaktische Analyse* (pp. 5-34). Hannover: Schroedel.
- Reinhold, P. (2006). Elementarisierung und Didaktische Rekonstruktion. In H. Mikelskis, Hrsg., *Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 86-101). Berlin. Cornelsen Scriptor
- Wagenschein, M. (1965). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann

**Hinweise zum Weiterlesen**

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion ist bisher im Bereich des Physikunterrichts vor allem als Modell für fachdidaktische Forschung und Entwicklung verwendet worden. Unterrichtsbeispiele aus solchen Arbeiten liegen u.a. zur Erschließung der Grundideen der nichtlinearen Dynamik (Chaos – Fraktale – selbstorganisierende Systeme) vor.

- (1) Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion wird ausführlich in dem bereits zitierten Aufsatz vorgestellt und begründet:
 

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, Heft 3, 3-18.
- (2) Wie dieses Modell zur didaktischen Erschließung der Chaostheorie für den Physikunterricht in der Klassenstufe 10 eingesetzt worden ist, ist im folgenden Beitrag beschrieben:
 

Duit, R., Komorek, M. & Wilbers, J. (1997). Studien zur Didaktischen Rekonstruktion der Chaostheorie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, Heft 3, 19-34.
- (3) Eher mit Blick auf die Unterrichtspraxis sind die in (2) aus fachdidaktischer Sicht beschriebenen Arbeiten im folgenden Beitrag einer Lehrerzeitschrift dargestellt:
 

Duit, R. & Komorek, M. (2000). Die eingeschränkte Vorhersagbarkeit chaotischer Systeme verstehen. *MNU*, 53, 94-103.
- (4) Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion kann als Rahmen für eine Konzeption fachdidaktischer Forschung und Entwicklung dienen:
 

Duit, R. (2007). Zum Stand der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum. In D. Höttecke, Hrsg., *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik Band 27* (pp. 81-97). Berlin: Lit Verlag.

Duit, R. (2007). Science education internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 3-18.



### *Worum geht es?*

Wer würde es sich nicht wünschen, genau zu wissen, wie man den Unterricht so gestalten kann, dass Schülerinnen und Schüler alles Gewünschte bestens verstehen und es so lernen, dass es vielfältig anwendbar ist und dass obendrein das Interesse an der Physik und am Physikunterricht geweckt wird? Ein Patentrezept dafür gibt es nicht. Dafür ist Unterricht zu planen und durchzuführen eine viel zu komplizierte Angelegenheit. Viele Einflussfaktoren spielen hinein, die beste Absichten zunichte machen können. Aber die fachdidaktische und psychologische Lehr-Lern-Forschung hat in den vergangenen Jahren in vielen Studien untersucht, welche „Merkmale“ Unterricht hat, der zu gutem Unterrichtserfolg im oben genannten Sinne führt. Im englischsprachigen Raum ist häufig die Rede von „best practice“. Wir sind vorsichtiger und belassen es beim „guten“ Unterricht.

Wir stellen Merkmale eines solchen Unterrichts vor, die sich in den genannten Studien gezeigt haben. Einerseits stützen wir uns auf die Ergebnisse einer Videostudie des IPN zur Praxis des Physikunterrichts in Deutschland<sup>1</sup>, andererseits auf die internationale Literatur zu Kennzeichen effizienten Unterrichts<sup>2</sup>.

### *Wie sieht die Praxis des Physikunterrichts aus?*

In der Videostudie Physik des IPN wurde Unterricht von rund 60 Lehrkräften aus Realschule und Gymnasium in vier Bundesländern aufgezeichnet. 50 dieser Lehrkräfte stammen aus Schulen, die per Zufall ausgewählt wurden. Aufgezeichnet wurde Unterricht zu den Themen Elektrischer Stromkreis, Kraftbegriff und Optische Geräte/Linsen aus den Schuljahren 7 bis 9. Schülerfragebögen geben Auskunft über die Entwicklung des Interesses und der Leistung im Verlauf des Schuljahrs, in dem der Unterricht aufgezeichnet wurde. Lehrkräfte füllten Fragebögen aus, die Auskunft über ihre Sicht von gutem Physikunterricht geben. Interviews mit rund 30 Lehrkräften erlauben tiefere Einblicke, wie die Lehrkräfte über den Physikunterricht denken.

Einige wichtige Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammen fassen:

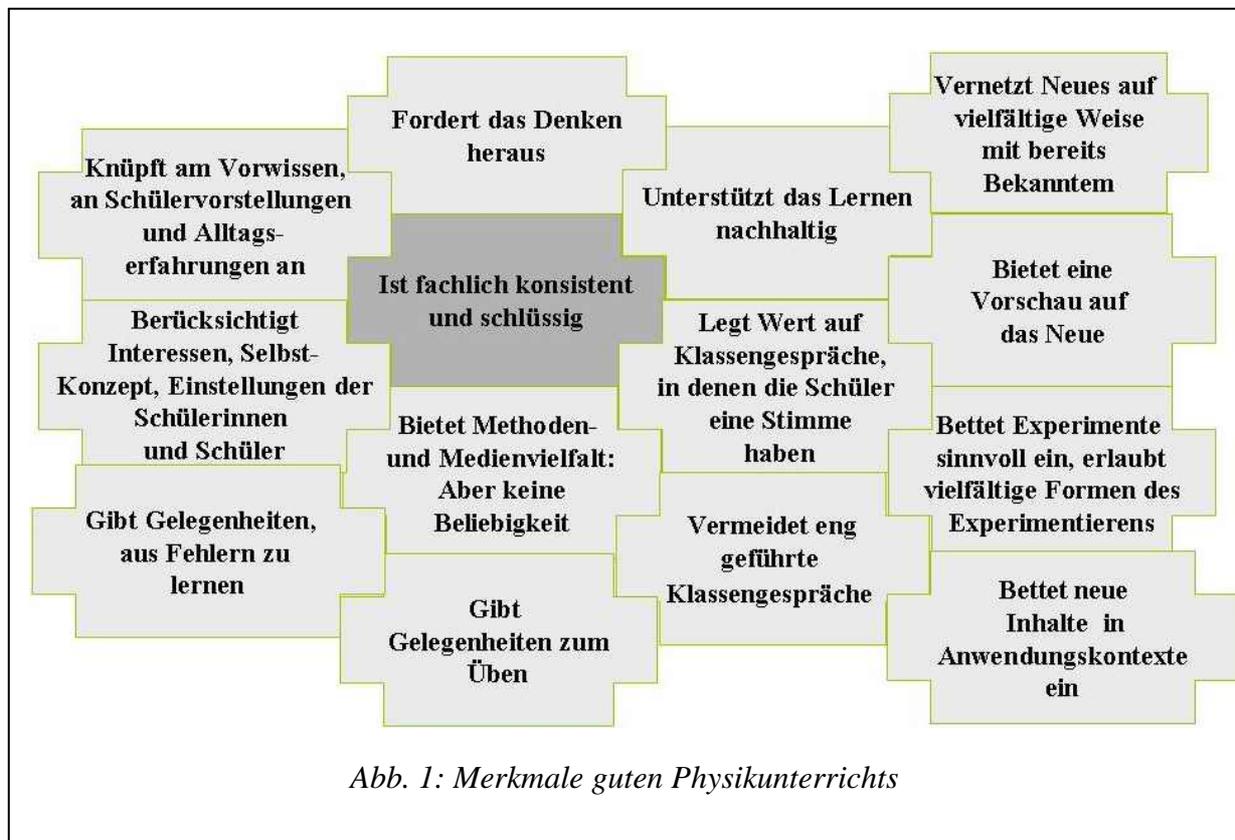
- Zunächst ist zu betonen, dass die *fachliche Qualität* des Unterrichts in aller Regel sehr gut ist – das gilt insbesondere für die beteiligten Gymnasien. Hervorzuheben ist, dass jeder Unterricht Stärken und Highlights, aber auch Schwächen hat. Jeder Unterricht ist überdies individuell, jede Lehrkraft hat ihre eigene „Handschrift“, die kaum kopiert werden kann.
- *Experimente* haben, wie erwartet, eine große Bedeutung. Im Mittel werden rund 70% des Unterrichts vom Experiment bestimmt – Vorbereitung (13%), Durchführung (19%), Nachbereitung (38%). Das Schülerexperiment nimmt etwas mehr (11%) der Unterrichtszeit ein als das Demonstrationsexperiment (7%). Es gibt hier allerdings große Unterschiede zwischen den Lehrkräften. Als Defizit ist zu konstatieren, dass die Schülerinnen und Schüler in der Regel nur wenige Gelegenheiten haben, Experimente eigenständig zu planen, durchzuführen und auszuwerten.
- Der Unterricht ist sehr *lehrerzentriert*. Nur rund 17 % der Unterrichtszeit entfallen auf Schülerarbeitsphasen – auch hier gibt es allerdings große Unterschiede zwischen den Lehrkräften. Der Anteil des Klassengesprächs variiert z.B. zwischen 19 % und 100 %. Es dominiert ein sehr eng geführtes Klassengespräch im Stile des fragend-entwickelnden Verfahrens. In der Regel handelt es sich um ein Wechselspiel zwischen der Lehrkraft und einzelnen Schülern.

<sup>1</sup> Prenzel u.a., 2002; kurz zusammenfassend: Duit & Tesch, 2005

<sup>2</sup> Häußler u.a., 1998; Seidel & Shavelson, 2007

- Der Unterricht bietet eher *wenig Gelegenheiten für die aktive und eigenständige Auseinandersetzung mit dem Stoff*. Auch die systematische Unterstützung des Lernen kommt häufig zu kurz.
- Aus fachlicher Sicht dominiert Unterricht über die „klassischen“ Inhalte (wie Optische Geräte oder Kraftbegriff), *naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen werden nur sehr selten ausdrücklich angesprochen*. Gleiches gilt für Sichtweisen über die Physik.
- Insbesondere die Interviews mit den Lehrkräften haben gezeigt, dass ihr *Denken über „guten“ Unterricht „stofforientiert“* ist: Der physikalische Inhalt, d.h. die physikalischen Begriffe und Prinzipien, steht im Mittelpunkt der Überlegungen. Mit der Bedeutung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie von Sichtweisen über die Physik als Wissenschaft sind viele Lehrkräfte nicht gut vertraut.
- Die meisten Lehrkräfte haben *keine explizite Vorstellung, wie Lernen „funktioniert“* und welche Rolle sie beim Lernen einnehmen sollten. Sie verstehen es, das Fachliche gut zu modellieren, das Lernen der Schülerinnen und Schüler jedoch nicht im gleichen Maße. Wichtige Forschungsergebnisse, wie zum Beispiel zur Rolle von Schülervorstellungen beim Lernen von Physik und zur Förderung des Interesses sind kaum bekannt.

### **Merkmale guten Physikunterrichts**



Die Übersicht in Abb. 1 kennzeichnet Merkmale guten Unterrichts nur kurz. Im Folgenden finden sich deshalb Erläuterungen, was mit ihnen gemeint ist.

## ***Erläuterungen zu den Merkmalen guten Physikunterrichts***

### **Ist fachlich konsistent und schlüssig**

Logische Konsistenz und Plausibilität der Sachstruktur für den Unterricht sind selbstverständliche Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen des Fachlichen – aber alleine nicht hinreichend. Vielfältige weitere Merkmale der Lernumgebung müssen bedacht werden.

### **Knüpft am Vorwissen, an Schülervorstellungen und Alltagserfahrungen an**

Schülerinnen und Schüler betrachten das Neue aus der Perspektive ihres Vorwissens und ihrer vorunterrichtlichen Vorstellungen. Anknüpfen bedeutet, diese Vorstellungen zu erkunden und in Betracht zu ziehen, d.h. sie entweder mit den Schülerinnen und Schülern ausdrücklich zu besprechen oder den Unterricht so zu planen, dass von Aspekten ausgegangen wird, bei denen es keine (gravierenden) Missverständnisse geben kann (PIKO-BRIEF 1).

### **Berücksichtigt Interessen, Selbst-Konzept, Einstellungen der Schülerinnen und Schüler**

Affektive Aspekte bestimmen tiefgreifend mit, wie Schüler lernen – Lernen ist nie allein Sache rationaler Einsicht, immer spielen Bedürfnisse, Interessen und Einstellungen eine wichtige Rolle. Die Förderung affektiver Aspekte wie Interesse und Selbstkonzept ist aber auch ein wichtiges eigenständiges Ziel des Unterrichts (PIKO-BRIEF 2).

### **Gibt Gelegenheiten, aus Fehlern zu lernen**

Fehler der Schüler werden im Unterricht häufig als „störend“ angesehen, weil sie nicht zu dem von der Lehrkraft anvisierten Weg passen. Fehler, wie zum Beispiel die bereits erwähnten „falschen“ vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schüler (PIKO-BRIEF 1) bieten Gelegenheiten, sie dazu anzuregen, sich aktiv mit einer Sache auseinander zu setzen. Aus Fehlern lernen – das ist nicht allein eine Devise für den Alltag, sondern auch für das Lernen im Unterricht.

### **Fordert das Denken heraus**

Hier geht es um Anforderungen, die an die Schüler gestellt werden müssen, damit sie angeregt werden, sich intensiv und eigenständig mit einer Sache auseinander zu setzen. Zu denken ist hier zum Beispiel an kognitive Konflikte, die eine Aufgabe hervorrufen kann (PIKO-BRIEF 1).

### **Bietet Methoden- und Medienvielfalt – aber keine Beliebigkeit**

Hier geht es um eine wichtige Säule des fachdidaktischen Denkens: das Zusammenwirken aller Komponenten des Unterrichts. Entscheidungen über Methoden und Medien (PIKO-BRIEF 9 bis 11) sind immer in Abstimmung mit den anderen Komponenten des Unterrichts und den Perspektiven der Lernenden zu treffen (PIKO-BRIEF 3).

### **Gibt Gelegenheiten zum Üben**

Neu Erarbeitetes systematisch zu üben, wird allgemein als sehr wichtig angesehen. Schülerinnen und Schüler müssen möglichst oft Gelegenheiten erhalten, sich intensiv mit der in Rede stehenden Sache auseinander zu setzen, um das eigenständig aufgebaute Wissen zu verankern und zu festigen. In der Unterrichtspraxis scheint dies aber häufig zu kurz zu kommen. In der Videostudie Physik des IPN wird im Mittel kaum eine Minute pro Unterrichtsstunde für das Üben aufgewandt.

### **Unterstützt das Lernen nachhaltig**

Schüler müssen sich das neue Wissen eigenständig konstruieren (PIKO-BRIEF 1). Das gelingt aber nur, wenn das Lernen systematisch unterstützt wird, z.B. durch Hinweise, durch Nachfragen, durch Infragestellen, also allgemein gesprochen durch Anstöße, sich mit der Sache intensiv auseinander zu setzen. In der Praxis des Unterrichts fehlt bislang häufig diese Unterstützung.

### **Legt Wert auf Klassengespräche, in denen die Schüler eine Stimme haben**

Im deutschen Physikunterricht dominiert das fragend-entwickelnde Verfahren. Im Prinzip soll dabei ein sokratischer Dialog mit den Schülerinnen und Schülern geführt werden, an dem sie ernsthaft und bis zu einem gewissen Grade als gleichberechtigte Partner teilnehmen. Dieser Dialog sollte sich nicht – wie häufig zu beobachten – auf ein strikt von der Lehrkraft gelenktes Gespräch zwischen der Lehrkraft und einzelnen (häufig wenigen) Schülern reduzieren.

**Vermeidet eng geführte Klassengespräche**

Dieses Merkmal ist mit dem vorstehenden verbunden. Es wird hier wegen der Dominanz solcher Klassengespräche in der Unterrichtspraxis noch einmal gesondert aufgeführt.

**Vernetzt Neues auf vielfältige Weise mit bereits Bekanntem**

Es gilt, „additives“ Lernen, also den Erwerb isolierter „Wissensbruchstücke“ zu vermeiden und „kumulatives“ Lernen zu unterstützen. Dies geschieht, wenn es vielfältige Bemühungen gibt, Beziehungen zwischen den Wissensbruchstücken herzustellen. Bisher scheint das additive Lernen im Physikunterricht zu dominieren, also Lernen, bei dem Schritt für Schritt vorangeschritten wird, ohne den Schülerinnen und Schülern ausreichend klar zu machen, wie der betreffende Schritt auf den vorangegangenen Schritten aufbaut.

**Bietet eine Vorschau auf das Neue**

Hier geht es um einen ähnlichen Aspekt wie bei der Vernetzung des Wissens. Es gilt, den Schülerinnen und Schülern – soweit dies möglich ist – nicht nur verständlich zu machen, worauf das Neue aufbaut, sondern auch, worum es dabei geht. Diese Einstimmung dient nicht allein dazu, den Schülerinnen und Schülern das Neue als wichtig und lernenswert erscheinen zu lassen, sondern auch, Missverständnissen durch – aus physikalischer Sicht – problematische Vorstellungen der Schüler von vornherein zu begegnen.

**Bettet Experimente sinnvoll ein, erlaubt vielfältige Formen des Experimentierens**

Das Experiment spielt im Physikunterricht eine zentrale Rolle (PIKO-BRIEF 6). Allerdings dominieren Formen des Experiments, die den Schülerinnen und Schülern nur sehr eingeschränkt Möglichkeiten geben, eigenständig Experimente zu planen, durchzuführen und zu interpretieren. Die Schlüsselrolle, die das Experiment zum Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen hat, wird deshalb häufig nicht deutlich. Ein weiterer Aspekt ist, dass weniger die Länge der gesamten Experimentierzeit im Unterricht „guten“ Unterricht ausmacht, als vielmehr, ob die Experimente ausreichend vor- und nachbereitet werden.

**Bettet neue Inhalte in Anwendungskontexte ein**

Die Einbettung der fachlichen Inhalte in „sinnstiftende“ Kontexte (PIKO-BRIEF 5) spielt im Projekt PHYSIK IM KONTEXT eine zentrale Rolle. Beispiele für solche Kontexte finden sich in den Unterrichtsentwürfen des Projektes. Obwohl die Einbettung in „Alltagskontexte“ im Physikunterricht eine lange Tradition hat, scheint es in der Praxis des Unterrichts häufig noch an Anwendungen fachlicher Inhalte zu fehlen, mit denen das fachliche Wissen in für Schüler sinnvoller Weise erarbeitet bzw. gefestigt werden und an denen die Bedeutung fachlichen Wissens für das Verständnis der Umwelt illustriert werden kann.

Es ist zu beachten, was bereits im vorangegangenen Abschnitt betont worden ist: Viele unterschiedliche Unterrichtsmethoden und Unterrichtsmedien, viele Phasen, in denen die Schülerinnen und Schüler eigenständig arbeiten können, machen *allein* noch keinen guten Unterricht aus. Es kommt auf die Abstimmung der genannten Kennzeichen an. Die Berücksichtigung von Kennzeichen guten Unterrichts bietet keine „Garantie“ für besseren Unterrichtserfolg. Allerdings gibt es eine gewisse Wirkwahrscheinlichkeit, wenn man sich an den Kennzeichen guten Unterrichts orientiert.

### Weitere Kennzeichen guten Unterrichts

1. Klare Strukturierung des Lehr-Lernprozesses
2. Intensive Nutzung der Lernzeit
3. Stimmigkeit der Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen
4. Methodenvielfalt
5. Intelligentes Üben
6. Individuelles Fördern
7. Lernförderliches Unterrichtsklima
8. Sinnstiftende Unterrichtsgespräche
9. Regelmäßige Nutzung von Schüler-Feedback
10. Klare Leistungserwartungen

Abb. 2: Kennzeichen guten Unterrichts von Hilbert Meyer

Von erziehungswissenschaftlicher und psychologischer Seite gibt es eine Reihe von Bemühungen, den Kenntnisstand der Lehr-Lern-Forschung in wenigen Kennzeichen „guten“ Unterrichts zusammen zu fassen. Hilbert Meyer (2004) unterscheidet zum Beispiel die folgenden „Zehn Merkmale guten Unterrichts“. Viele dieser Merkmale stimmen mit den vorstehend genannten Merkmalen überein. Ein Gesichtspunkt, der dort allerdings nicht angesprochen worden ist, betrifft die intensive Nutzung der Lernzeit. Andreas Helmke (2003) hat sich ebenfalls mit Qualitätsmerkmalen des Unterrichts beschäftigt. Er fügt einen weiteren wichtigen Aspekt hinzu. Er macht darauf aufmerksam, dass Lernangebot und die Lernmöglichkeiten der Schülerinnen und

Schüler zueinander passen müssen. Die oben kurz skizzierte Videostudie des IPN hat gezeigt, dass dies recht häufig nicht oder nur sehr unzureichend der Fall ist.

### Zitierte Literatur

- Duit, R. & Tesch, M. (2005). Thema und Variation – Von den vielen Möglichkeiten, Schülerinnen und Schüler mit dem elektrischen Stromkreis vertraut zu machen. *Unterricht Physik*, 16, Heft 89, 4-8
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtsplanung. Kapitel 4: Welche Perspektiven eröffnet die Unterrichtsforschung?* (pp. 147-167). Kiel: IPN.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyer.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen/Volk und Wissen.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). *Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich Verlag.
- Prenzel, M. Seidel, T., Lehrke, M., Rimmele, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C., & Widodo, A. (2002). Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48 [45. Beiheft], 139-156.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disengaging Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499.

### Weitere Hinweise

Beispiele für Physikunterricht, der sich an den hier diskutierten Kennzeichen guten Unterrichts orientiert, finden sich in den zwölf PIKO-UNTERRICHTSENTWÜRFEN. Für weitere Beispiele sei auf die Homepage des Programms verwiesen: [www.physik-im-kontext.de](http://www.physik-im-kontext.de).



### ***Zur Rolle von Kontexten im Unterricht: Wie man es einbettet, so wird es gelernt<sup>1</sup>***

*Das Wort Kontext wird in vielfältigen Bedeutungen verwendet. Alles, was geschieht, geschieht notwendiger Weise in einem bestimmten Kontext; alles, was gelernt werden soll, ist unvermeidlich in einen Kontext eingebettet. KonText bedeutet, dass ein bestimmter „Text“ immer nur im Zusammenhang mit seiner Einbettung verstanden werden kann.*

Beim Lernen von Physik spielen zwei Kontexte eine wichtige Rolle:

- Ein fachlicher Inhalt kann immer nur in einem für Schülerinnen und Schüler relevanten Kontext gelernt werden. Deshalb sollte der Kontext so gewählt werden, dass er für die Lernenden „sinnstiftend“ (Muckenfuß, 1995) ist. Solche Kontexte können Themen aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler sein, also Alltags- und Naturphänomene oder technische Anwendungen, aber auch Aspekte der Bedeutung der Physik für Technik und Gesellschaft.
- Lernen findet immer im „Kontext“ einer bestimmten Lernumgebung statt. Diese Lernumgebung muss so gestaltet werden, dass das Lernen nachhaltig unterstützt wird.

Beiden Arten von Kontexten muss *gleichgewichtig* Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Einbettung des fachlichen Inhalts in sinnstiftende Anwendungssituationen und die Lernumgebung müssen aufeinander abgestimmt sein.

Im Folgenden wird die Einbettung des fachlichen Inhalts in „sinnstiftende“ Kontexte unter die Lupe genommen. Unterstützung zur Abstimmung mit der Lernumgebung geben die PIKO-BRIEFE 9,10 und 11, in denen lernförderliche Unterrichtsmethoden vorgestellt werden.

### ***Warum ist eine Einbettung des Fachlichen in „sinnstiftende Kontexte“ wichtig?***

Zwei gewichtige Argumente werden hier vorgetragen (Muckenfuß, 1995; Waddington, 2006):

- Zunächst wird geltend gemacht, dass die Einbettung in sinnstiftende Kontexte das Interesse der Schülerinnen und Schüler für das Erlernen des fachlichen Inhalts weckt, sie also motiviert, den Inhalt zu lernen<sup>2</sup>. Sie erkennen durch die „Sinnstiftung“, warum es für sie wichtig ist, darüber genauer informiert sein. Folglich wird durch die Sinnstiftung das Lernen verbessert. Denn die Schülerinnen und Schüler erleben, warum eine Beschäftigung mit bestimmten physikalischen Inhalten für sie sinnvoll ist.
- Wird fachliches Wissen weitgehend „dekontextualisiert“ erworben, so treten in der Regel Probleme bei einer flexiblen Anwendung dieses Wissens auf. Das bedeutet, dass ein solcher Unterricht nicht zur naturwissenschaftlichen Grundbildung beiträgt und die in den aktuellen Bildungsstandards geforderten Kompetenzen nicht angemessen aufgebaut werden können.<sup>3</sup>

Kontextorientierung dient also nicht allein dazu, das Interesse zu wecken und damit Lernen zu verbessern, sondern ist auch unverzichtbar, um den Ansprüchen naturwissenschaftlicher Grundbildung gerecht zu werden.

<sup>1</sup> Die Argumentation in diesem PIKO-BRIEF orientiert sich an einer an anderer Stelle publizierten Arbeit (Duit & Mikelskis-Seifert, 2007)

<sup>2</sup> Vgl. hierzu den PIKO-BRIEF 2 „Affektive Aspekte und Lernen von Physik“

<sup>3</sup> „Naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Teil der Allgemeinbildung“ (KMK, 2004).

### ***Die Einbettung in sinnstiftende Kontexte hat eine lange Tradition***

Die Einbettung des Erlernens physikalischer Begriffe und Prinzipien in Alltagskontexte und Kontexte gesellschaftlicher Bedeutung wird seit langem gefordert und praktiziert. Das spiegelt sich einerseits in den Schulbüchern wider, in denen vielfältigen Anwendungsbezügen Raum gegeben wird. Andererseits gibt es in der fachdidaktischen Literatur (z.B. in den Fachzeitschriften für den Physikunterricht wie „Unterricht Physik“ und „Praxis der Physik“) eine Reihe von im Unterricht erprobten Unterrichtskonzeptionen (z.B. Physik und Sport, Physik und Medizin, Farben in der Kunst und in der Physik). Die Devise „Vom Alltag ausgehend, den Alltag verstehen“ wird z.B. – zumindest in der Sekundarstufe I – von den meisten Lehrkräften nachdrücklich vertreten. Allerdings ist in den vergangenen Jahren – nicht zuletzt durch viele empirischen Studien zum Lernen von Physik – bewusst geworden, dass die Einbettung in sinnstiftende Kontexte und lernförderliche Kontexte sorgfältig aufeinander abgestimmt werden müssen. Weiterhin – auch hierzu liegen inzwischen verlässliche Forschungsergebnisse<sup>4</sup> vor – spielt die Einbettung in sinnstiftende Kontexte und die genannte Abstimmung mit lernförderlichen Kontexten in der alltäglichen Praxis des Physikunterrichts keine bedeutende Rolle – in Deutschland wie in anderen Ländern.

### ***Beispiele für die Einbettung in sinnstiftende Kontexte im Physikunterricht***

Einige Beispiele für die Einbettung der Physik in sinnstiftende Kontexte sind bereits kurz erwähnt worden. Im Folgenden werden weitere Beispiele vorgestellt, um die reichen Möglichkeiten dieser Kontextorientierung zu verdeutlichen.

In Abb. 1 handelt es sich um eine Zusammenstellung von sinnstiftenden Kontexten für die Sekundarstufe I (Abb. 1). Diese tabellarische Übersicht ist – wie der Autor (Muckenfuß, 2004) betont – nicht vollständig. Die genannten Kontexte sind im Unterricht erprobt.

<b>physikalische Teilgebiete</b>	<b>sinnstiftende Kontexte</b>
Optik (ohne Farbenlehre)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht und Bild (Abbildungen)</li> <li>• visuelle Wahrnehmung (Wechselwirkungen zwischen Objektwelt und Gehirn)</li> </ul>
Energie und Mechanik I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die physischen Grenzen des Menschen und wie er sie überwindet</li> </ul>
Elektrik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieübertragung durch elektrische Anlagen</li> </ul>
Optik: Farbenlehre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warum und wie wir Farben sehen</li> </ul>
Thermodynamik (Wärmelehre)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wetterkunde</li> </ul>
Mechanik II (Dynamik)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilität und Energie</li> </ul>
...	...

*Abb. 1: Beispiele für Kontexte zu traditionellen Teilgebieten der Physik der SI (Muckenfuß, 2004)*

In Abb. 2 werden Beispiele für die Kontextorientierung in den Unterrichtsentwürfen des Programms PHYSIK IM KONTEXT gegeben, die im Band zum Projekt von Mikelskis-Seifert und Duit (2010) vorgestellt werden. Während sich die Beispiele von Muckenfuß (2004) in Abb. 1 auf die Einbettung des Lernens von physikalischen Begriffen und Prinzipien beschränkt, geht es in den Beispielen aus dem Programm PHYSIK IM KONTEXT auch um die Einbettung des Lernens von Erkenntnismethoden der Physik - also einem Bereich, dem in den Bildungsstandards die gleiche Bedeutung wie den Begriffen und Prinzipien zuerkannt wird (Duit, Mikelskis-Seifert, & Gromadecki, 2007). Diese Beispiele sind in Teams von Lehrkräften und Fachdidaktikern mehrfach erprobt worden.

<sup>4</sup> Bennett, Hogarth, & Lubben, 2003; Waddington, 2005

<b>Physikalisches Gebiet</b>	<b>Kontext</b>
Farblehre und Farbsehen	<i>Farbige Beleuchtung von Lebensmitteln</i>
Temperaturmessung	<i>Temperatursensoren in aktueller Technik</i>
Hebelgesetz	<i>Körpererfahrungen und Erleben von Kräften</i>
Elektr. Widerstand / Dichte	<i>Humanbiologie, Medizin</i>
Mechanik / Dynamik	<i>Verkehrssicherheit</i>
Kinematik	<i>Digitale Videoanalyse von Alltagsvorgängen</i>
Radioaktivität	<i>Gesundheitsgefährdung</i>
Kernenergie	<i>Gesellschaftliche Debatte</i>
Energie	<i>Energieversorgung</i>
Nano-Wissenschaften und Technologien	<i>Modellieren in einem jungen Zweig einer Wissenschaft</i>

Abb. 2: Beispiele für Kontexte in Unterrichtsentwürfen des Projekts *Physik im Kontext* (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010)

### **Probleme der Kontextorientierung des Unterrichts**

Müller (2006) nimmt die hier diskutierte Kontextorientierung des Physikunterrichts unter die Lupe. Er geht davon aus, dass eine solche Orientierung wichtig ist, zumal der Physikunterricht, wie er schreibt, in der Regel den Schülerinnen und Schülern nur eine „synthetische Wirklichkeit“ zeigt. Im Physikunterricht sehe man, so argumentiert er, Dinge, die es sonst nirgendwo gibt (wie Kraftmesser, Demonstrationsspule u. dgl.), man verwende Wörter, die man sonst nirgendwo benötigt (wie Reuterlampe, Wellrad u. ggl.) und tue Dinge, die man sonst nirgendwo tut. Schließlich lerne man Gesetze, die (anscheinend) dem gesunden Menschenverstand und den eigenen Vorstellungen eklatant widersprechen.<sup>5</sup> Auf dieser Basis argumentiert Müller, dass Kontextorientierung eine wichtige Funktion hat, der Entfremdung durch den traditionellen Physikunterricht zu begegnen. Er weist allerdings darauf hin, dass in der Praxis häufig „authentische“ Kontexte nur vorgegaukelt werden, um die Lernsituation vermeintlich interessanter zu machen. Er spricht von „vorgeblichen Kontexten“. Er weist ferner darauf hin, dass die Einbettung des fachlichen Inhalts in solche authentischen Kontexte die Gefahr birgt, dass mehr über den Kontext als über den fachlichen Inhalt gelernt wird. Ähnliche Argumente findet man bei Muckenfuß (2004).

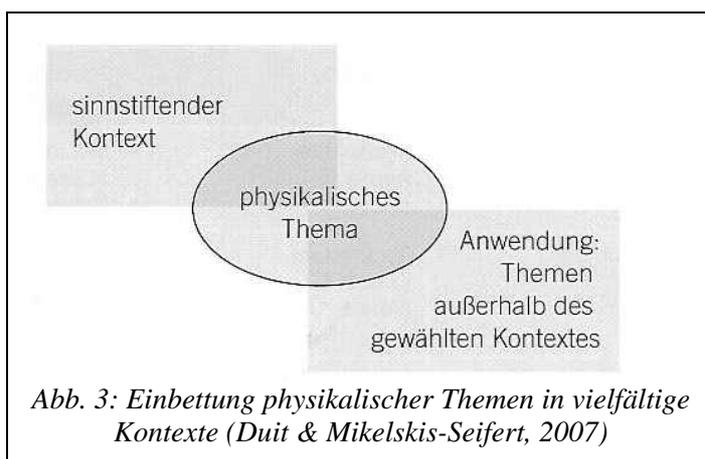


Abb. 3: Einbettung physikalischer Themen in vielfältige Kontexte (Duit & Mikelskis-Seifert, 2007)

Diese Argumente sind nicht von der Hand zu weisen. Untersuchungen zum so genannten „situiertem Lernen“ (Mandl & Kopp, 2006) zeigen, dass erworbenes Wissen eng verbunden bleibt mit der Situation, in der es gelernt wurde. Im Unterricht dient der Kontext in der Regel sowohl als „Einstieg“ als auch als wichtiger Bezugspunkt während der Erarbeitung des Fachlichen. Soll sich ein breit anwendbares fachliches Wissen bilden, müssen weitere,

möglichst vielfältige Anwendungen dieses Wissens hinzu kommen (s. Abb 3).

<sup>5</sup> s. zum letzten Punkte den PIKO-BRIEF 1 „Schülervorstellungen und Lernen von Physik“

### ***Forschungsergebnisse zum „kontext-basierten“ Lernen***

Es gibt viele empirische Untersuchungen zur Frage, ob ein an Kontexten orientierter Zugang zum naturwissenschaftlichen Wissen effizienter ist, als der traditionelle am Fachlichen allein orientierte Unterricht. Eine zusammenfassende Studie zu solchen Untersuchungen kommt zum Schluss: Kontextbasierter Unterricht erreicht zumindest das gleiche fachliche Niveau wie fachlich orientierter Unterricht – fördert aber die Entwicklung von Interesse und Motivation stärker und führt darüber hinaus zu positiveren Einstellungen zur Naturwissenschaft (Bennett, Hogarth, & Lubben, 2003). In anderen Worten, kontext-basierter Unterricht führt zumindest zum gleichen kognitiven Ergebnis wie herkömmlicher Unterricht, fördert aber wichtige über das Kognitive hinausgehende Ziele des Unterrichts.

### ***Zitierte Literatur***

- Bennett, J., Hogarth, S. & Lubben, F. (2003). *A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science. Version 1.1. I: Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education (<http://eppi.ioe.ac.uk/>).
- Duit, R., Mikelskis-Seifert, & Gromadecki, S. (2007). „Erkenntnisgewinnung“ in den Bildungsstandards Physik. *Unterricht Physik*, 18, Heft 97, 12-19.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2007). Kontextorientierung. *Unterricht Physik*, 18, Heft 98, 4-8.
- KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. Neuwied: Luchterhand.
- Mandl, H. & Kopp, B. (2005). Situated learning: Theories and models. In P. Nentwig & D. Waddington, *Context based learning in science* (pp. 15-34). Münster: Waxmann.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). *Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich Verlag.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen.
- Muckenfuß, H. (2004). Themen und Kontexte als Strukturelemente des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Zu den Schwierigkeiten, systematisches Physiklernen zu organisieren. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2/3 2004, 57-66.
- Müller, R. (2006). Kontextorientierung und Alltagsbezug. In H. Mikelskis, *Physikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. (pp. 102-119) Berlin: Cornelsen/Scriptor.
- Waddington, D. (2005). Context-based learning in science education: a review. In P. Nentwig & D. Waddington, *Context based learning in science* (pp. 305-321). Münster: Waxmann, 2005.

### ***Hinweise zum Weiterlesen***

- Müller, R. (2006). Kontextorientierung und Alltagsbezug. In H. Mikelskis, Hrsg., *Physikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 102-119). Berlin: Cornelsen/Scriptor.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S., Hrsg. (2007). Kontextorientiert Unterrichten. *Unterricht Physik*, 18, Heft 98.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2007). Physik im Kontext – Innovative Unterrichtsansätze für den Schulalltag. *MNU*, 60/5, 265-274.
- Nentwig, P. & Waddington, D. (2005). *Context based learning in science*. Münster: Waxmann.



### ***Naturwissenschaftliche Grundbildung und Einsicht in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess***

In der internationalen Diskussion um „scientific literacy“ geht man davon aus, dass zur naturwissenschaftlichen „Grundbildung“ nicht allein die Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien sowie ihrer Anwendung in relevanten Kontexte zählt, sondern dass auch eine fundierte Einsicht in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess nötig ist. In den aktuellen Deutschen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss wird dem dadurch Rechnung getragen (Schecker, 2007), dass den beiden Kompetenzbereichen „*Fachwissen*“ und „*Erkenntnisgewinnung*“ die gleiche Bedeutung zugemessen wird. Der Kompetenzbereich „*Erkenntnisgewinnung*“ steht im vorliegenden PIKO-BRIEF im Mittelpunkt. Er hat zwei Aspekte. Zum einen handelt es sich um die „*Arbeitsweisen*“, mit denen die Naturwissenschaftler zu neuen Erkenntnissen kommen. Zum anderen geht es um Einsichten, die in der internationalen Naturwissenschaftsdidaktik unter dem Label „*Nature of Science*“ (NOS) firmieren, also Vorstellungen, welcher Art die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse sind.

### ***Komponenten naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen***

In der Literatur zu „naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen“ (international auch mit „science processes“ bezeichnet) werden unterschiedliche Akzente gesetzt. Leo Klopfer (1971) unterscheidet zum Beispiel: (a) *Beobachten und Messen*, (b) *Erkennen einer Aufgabe und Suchen eines Lösungsweges*, (c) *Interpretieren von Daten und Formulieren von Verallgemeinerungen*, (d) *Aufstellen, Überprüfen und Revidieren eines theoretischen Modells*, und ergänzend (e) *handwerkliche Fertigkeiten* (s. auch Duit, 2003). Seine Unterscheidung hat die Diskussion über die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen stark beeinflusst.

Ein weiterer einflussreicher Ansatz stammt aus dem Projekt SAPA – Science a Process Approach. Dort bilden die folgenden 13 grundlegenden Methoden die Basis des Unterrichts zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, die aufeinander aufbauen: *Wahrnehmen, Klassifizieren, mit Zahlen umgehen, Messen, Raum-zeitliche Beziehungen herstellen, Kommunizieren, Voraussagen, Schlussfolgern, operational Definieren, Hypothesen formulieren, Daten interpretieren, Variablen kontrollieren, Experimentieren* (s. Häußler, 1973, 53).

Zwei Aspekte sind zu beachten. Erstens gibt es nicht eine „universelle“ Vorgehensweise, sondern jede Untersuchung bedarf einer ganz spezifischen Abstimmung und Kombination der unterschiedlichen Arbeitsweisen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Arbeitsweisen eng miteinander verzahnt sind und in der Regel im Prozess der Erkenntnisgewinnung mehrfach durchlaufen werden. Insofern muss die hierarchische Ordnung der Arbeitsweisen im Projekt Science a Process Approach aus heutiger Sicht kritisch gesehen werden. Zweitens sind Experiment und Theorie eng miteinander verzahnt, wie im PIKO-BRIEF 7: *Das Experiment im Physikunterricht* (dort Abb. 1) näher ausgeführt. Experimentieren und Modellieren theoretischer Vorstellungen sind untrennbar verbunden. Jedes Experiment bedarf einer – zumindest vorläufigen – Hypothese über einen gesetzmäßigen Zusammenhang (vgl. PIKO-BRIEF 8).

### ***Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Projekt PHYSIK IM KONTEXT***

Im Projekt PHYSIK IM KONTEXT haben wir die in Abb. 1 genannten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in den Mittelpunkt gestellt.

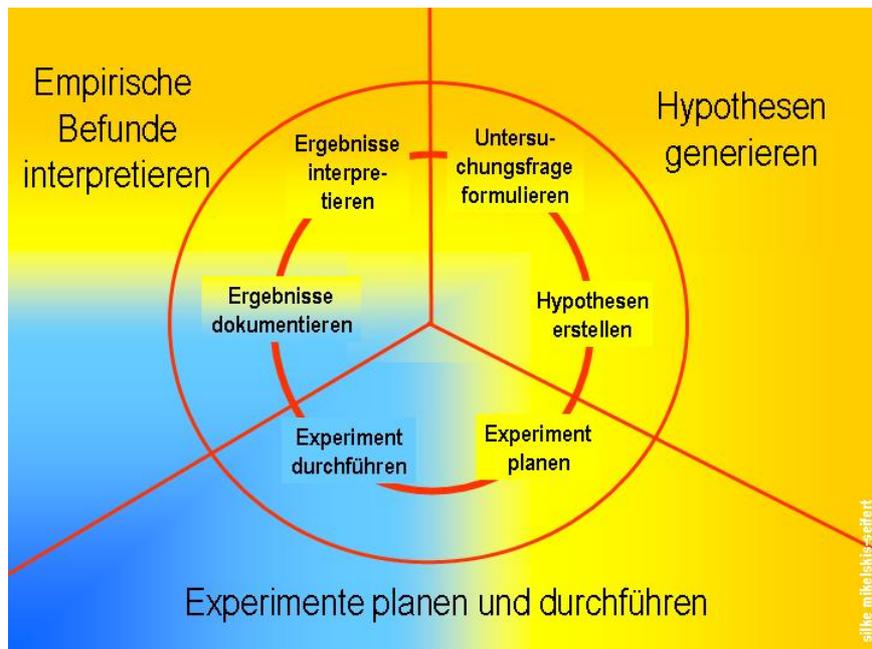


Abb. 1: Zentrale Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in PHYSIK IM KONTEXT

Wie bereits erwähnt, gibt es die eine universelle Methode physikalischer Erkenntnisgewinnung nicht. Der in Abb. 1 wiedergegebene Kreislauf wird in der Praxis nie vollständig so ablaufen, wie es die Abbildung zeigt. Grob betrachtet lassen sich die folgenden drei übergeordneten Herangehensweisen unterscheiden: *Hypothesen generieren* – *Experimente planen und durchführen* – *Empirische Befunde interpretieren*.

Diesen drei Teilbereichen sind weitere Arbeitsweisen zugeordnet:

1. Beim Generieren von Hypothesen wird eine Forschungsfrage formuliert. Für die Forschungsfrage werden aus bekannten Theorien, aus Modellen oder aus dem Vorwissen mehrere mögliche Hypothesen abgeleitet. Vorerst wird eine Hypothese ausgewählt, die es experimentell zu überprüfen gilt.
2. Für die ausgewählte Hypothese ist eine angemessene Versuchsanordnung aufzubauen und das Experiment durchzuführen. Dabei muss beachtet werden, dass eine bestimmte Variable (passend für die jeweilige Hypothese) geändert und die anderen Variablen konstant gehalten werden. Dies wird als Variablenkontrolle bezeichnet. Eine Hypothese kann nur geprüft werden, wenn jeweils lediglich eine Variable geändert wird.
3. Um die Daten des Experiments zu interpretieren, werden die Versuchsergebnisse zunächst ausgewertet, mit theoretischen Vorüberlegungen verglichen und aufgrund einer Theoriebasis interpretiert. Eine Hypothese wird dadurch bestätigt oder widerlegt.

Zu beachten ist, dass es für die Erkenntnisgewinnung nicht genügt, nur „einen Durchgang“ entlang des „naturwissenschaftlichen Kreislaufes“ zu realisieren. Oft stehen mehrere Hypothesen als Alternativen bereit und es werden mehrere Experimente durchgeführt. „Wirklich bewiesenes“ Wissen erhält man jedoch auch mit mehreren Experimenten nicht. Das in den Experimenten bestätigte Wissen bleibt so lange vorläufig, bis es widerlegt ist.

Wie kann man in Hinblick auf die „Richtigkeit“ physikalischer Erkenntnisse, die im Experiment gewonnen werden, sicher sein? Dies ist durch ein sorgfältig durchgeführtes Verfahren, durch wiederholtes Messen, durch die Widerlegung von Alternativhypothesen und den kritischen Austausch mit anderen Wissenschaftlern möglich. Gerade das letzte Kriterium setzt voraus, dass das Ergebnis eines Experiments begründet werden kann. Hier spielt das *Argumentieren* eine zentrale Rolle. Deshalb wird das *Argumentieren* als Arbeitsweise angesehen, die im gesamten Prozess der Erkenntnisgewinnung eine wichtige Rolle spielt. Dabei ist erfolgreiches Argumentieren mit der Fähigkeit mit anderen zu *Kooperieren* und zu *Kommunizieren* verbunden.

Tabelle 1: Wie man im Unterricht über Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen vorgehen kann

<b>Hypothesen Generieren</b>	Untersuchungsfrage formulieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturwissenschaftliche Probleme erkennen</li> <li>• Relevante Fragestellungen formulieren</li> </ul>
	Hypothesen erstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variablen und Zusammenhänge erkennen</li> <li>• Hypothesen aufstellen und verfeinern</li> <li>• Hypothesen auf Plausibilität prüfen</li> </ul>
<b>Experimente planen und Durchführen</b>	Experiment planen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu untersuchende Variablen kontrollieren im Sinne der Systematik <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Welche Abhängigkeiten?</li> <li>○ Welche konstanten Bedingungen?</li> </ul> </li> <li>• Versuchsaufbau skizzieren</li> <li>• Experimentiermaterial zusammenstellen</li> </ul>
	Experiment durchführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuch aufbauen</li> <li>• Beobachten / Messen</li> </ul>
<b>Empirische Befunde interpretieren</b>	Ergebnisse dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beobachtungen und Messwerte darstellen / Diagramme erstellen</li> <li>• Gesuchte Größen berechnen</li> <li>• Zusammenhänge beschreiben</li> </ul>
	Ergebnisse interpretieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleichen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Empirische Ergebnisse mit Hypothesen bzw. modellierten Daten vergleichen</li> </ul> </li> <li>• Schlussfolgern <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zusammenhänge aus empirischen Daten oder graphischen Darstellungen erkennen</li> <li>○ Trends aus den Daten herauslesen</li> </ul> </li> <li>• Daten kritisch bewerten <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Einschätzung der Daten</li> <li>○ Fehler einschätzen</li> </ul> </li> <li>• Verallgemeinern <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gesetzmäßigkeiten formulieren</li> </ul> </li> </ul>

Tabelle 1 gibt einige ergänzende Hinweise, wie man im Unterricht vorgehen kann, um die Schülerinnen und Schüler mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen vertraut zu machen. Es ist zu bedenken, dass Untersuchungen, die einen ganzen „Durchgang“ umfassen, oft den zeitlichen Rahmen sprengen und die Schülerinnen und Schüler überfordern. Deshalb bietet es sich an, Teilschritte des Kreislaufes auszuwählen und gezielt Teilkompetenzen im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu fördern. Ferner ist es sinnvoll, die einzelnen Teilschritte des naturwissenschaftlichen Kreislaufs immer wieder zu thematisieren. Vor allem sollte den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit gegeben werden, unterschiedliche Vermutungen zu äußern und passende Experimente zu planen. Auch ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass Versuchsergebnisse kritisch zu beurteilen sind. Ein Ziel hierbei ist, das naturwissenschaftliche Argumentieren als eine zentrale Arbeitsweise einzuüben.

### ***Beispiele für das Lernen über die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen aus der Optik***

Ein typisches Thema in der geometrischen Optik sind die Schattenphänomene. Die geradlinige Ausbreitung des Lichts wird thematisiert und dann zur Beschreibung und Untersuchung der Entstehung von Schatten herangezogen. Auf einem ersten Niveau, können die Schülerinnen und Schüler in den Umgang mit dem Kreislauf sowie mit dessen Teilschritten eingeführt werden. Auf dieser Niveaustufe werden die Schülerinnen und Schüler bei ihrer Arbeit stark angeleitet. Dementsprechend werden ihnen die Untersuchungsfrage (z.B. „Was passiert mit

der Schattengröße, wenn...?“) und die Handlungsanweisung (z.B. „Entferne die Lichtquelle vom Gegenstand!“) vorgegeben. Weiterhin wird ein kleines Versuchsprotokoll für die Lernenden vorstrukturiert. Auf dem nächst höheren Niveau gibt es keine konkreten Handlungsanweisungen mehr. Es werden lediglich das Problem („Erzeuge mithilfe einer Kerze den Schatten eines Körpers!“) und die zu untersuchenden Variablen genannt (z.B. „Schattengröße und Abstand Körper - Schirm“). Die Schülerinnen und Schüler sollen das Versuchsprotokoll selbstständig strukturieren.

Bei der Brechung wird in der Regel die Bildentstehung an Sammellinsen diskutiert. Am Beispiel der Bildentstehung soll die weitere Vertiefung der Arbeitsweisen erörtert werden. Wiederum wird eine Untersuchungsfrage vorgegeben: Wovon hängt ein verkleinertes oder vergrößertes Bild ab. Den Schülerinnen und Schülern werden bei dieser Untersuchung, die dem dritten Niveau zu zuordnen ist, weder eine Handlungsanweisung, noch die zu analysierenden Variablen genannt. Sie sollen ihre Vermutungen selbstständig überprüfen und dabei auch den Versuch planen. Ferner sollen sie überlegen, ob sich die eigene Vermutung bestätigt hat. Dies soll dazu anregen, darüber zu diskutieren und zu reflektieren, ob sich eine Vermutung immer bestätigen muss.

### ***Zur Rolle Naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen in der bisherigen Praxis des Unterrichts***

In der Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts spielen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen bisher keine große Rolle. In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss Physik werden aber – wie bereits erwähnt – Kompetenzen im *Fachwissen* und zur *Erkenntnisgewinnung* als gleich wichtig angesehen und durch Kompetenzen in den Bereichen *Kommunikation* und *Bewertung* ergänzt (Schecker, 2007). In einer Videostudie zum Physikunterricht in den Schuljahren 7 bis 9 hatte sich z.B. gezeigt, dass diese im Unterricht dieser Altersstufe nur sehr selten vorkommen (Widodo & Duit, 2004). Es ist deshalb nicht überraschend, dass deutsche Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich große Defizite im Bereich der Arbeitsweisen haben. So fällt es ihnen schwer, eine Hypothese (eine wissenschaftliche Vermutung) systematisch zu überprüfen. Oft versuchen sie bei einem Experiment nur den „besten“ Effekt zu erzielen.

Es muss in Rechnung gestellt werden, dass auch Schülerinnen und Schüler in anderen Ländern zum Teil große Schwierigkeiten mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen haben. Es zeigt sich damit, dass Unterricht über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen anspruchsvoll ist, d.h. von den Schülerinnen und Schülern viel verlangt wird. Lernschwierigkeiten gibt es zum Beispiel bei den folgenden Aspekten:

- Dem Suchen von Hypothesen: Es gibt für Schülerinnen und Schüler nur einen eingeschränkten Hypothesen-Suchraum, multiple Hypothesen werden von ihnen nicht in Betracht gezogen.
- Dem Vorgehen: Variablen werden nicht systematisch kontrolliert, mehrere Variable werden gleichzeitig getestet.
- Dem Entkräften unplausibler Hypothesen: Hypothesenrevisionen sind bei den Schülerinnen und Schülern kaum zu beobachten.
- „Positive Capture“: Es werden nur die Daten wahrgenommen, welche die Anfangshypothese bestätigen.

### ***Zu Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science)***

Wie einleitend erwähnt, umfasst der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ zwei Aspekte, nämlich die vorstehend diskutierten *Naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen* und *Vorstellungen zu den spezifischen Sichtweisen der Naturwissenschaften*, die in der internationalen Diskussion in der Regel mit dem Kürzel NOS (Nature of Science) charakterisiert werden. Vom ersten Aspekt ist vorstehend ausführlicher die Rede gewesen. Hier sollen Kennzeichen zum zweiten Aspekt nachgetragen werden, die für Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung wichtig sind. Wir orientieren uns bei der folgenden Übersicht an einer Arbeit von

McComas und Olson (1998), an den Ergebnissen einer Befragung in Großbritannien (Osborne et al., 2003), an den Beiträgen in Höhle, Höttecke und Kircher (2004) sowie an einem Übersichtsartikel von Lederman (2007). Es geht um die folgenden Aspekte:

- (a) *Die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse anerkennen:* Der „Vorbehalt“ steht im Mittelpunkt, dass naturwissenschaftliches Wissen sich durch neue Erkenntnisse ändern kann. In der englischsprachigen Literatur steht hierfür in der Regel der Terminus „tentativ“.
- (b) *Unterschiede in Theorien und Sichtweisen anerkennen:* Die Konstruktion von neuem naturwissenschaftlichen Wissen wird von Ideologien, Werten und religiösen Überzeugungen beeinflusst. Aus diesem Grund können Wissenschaftler ggf. unterschiedliche Theorien und Vorstellungen entwickeln sowie unterschiedliche Akzente setzen.
- (c) *Die Grenzen wissenschaftlicher Forschungsstrategien anerkennen:* Hier wird darauf hingewiesen, dass jede wissenschaftliche Erklärung nur innerhalb bestimmter Grenzen gültig ist.
- (d) *Die Rolle von Beobachtungen, Evidenzen, Hypothesen, Theorien und Gesetzen in der Wissenschaft:* Bei diesem Punkt geht es um die Rolle der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, von denen vorstehend die Rede war.

Insgesamt betrachtet stehen hier also Aspekte im Mittelpunkt, die häufig als „philosophische Vertiefung“ bezeichnet werden. Es handelt sich also um Aspekte, die anspruchsvoll sind und im Verlaufe des Physikunterrichts Schritt für Schritt entwickelt werden müssen. Allerdings zeigen die vorliegenden Erfahrungen aus Untersuchungen, dass Vorstellungen über der Natur der Naturwissenschaften bereits in der Grundschule und in der Sekundarstufe I mit den Schülerinnen und Schülern diskutiert werden können (s. z.B. die Beispiele in Höhle u.a., 2004).

### **Zitierte Literatur**

- Duit, R. (2003). Naturwissenschaftliches Arbeiten. *Unterricht Physik*, 14, Heft 74, April 2003, 4-8.
- Häußler, P. (1973). Bisherige Ansätze zu disziplinübergreifenden naturwissenschaftlichen Curricula – eine Übersicht. In K. Frey & P. Häußler, Hrsg., *Integriertes Curriculum Naturwissenschaft: Theoretische Grundlagen und Ansätze* (pp. 31-69). Weinheim: Beltz.
- Höhle, C., Höttecke, D., & Kircher, E., Hrsg. (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*. Baltmansweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Klopfer, L. (1971). Evaluation of learning in science. In B. Bloom, Ed., *Handbook of formative and summative evaluation of student learning* (pp. 599-641). New York: Mc Graw Hill.
- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, present, and future. In S. Abell & N. Lederman, Eds., *Handbook of science education research* (pp.831-879). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards document. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What «ideas-about-science» should be taught in school science? *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Schecker, H. (2007). Die Bildungsstandards Physik – Orientierungsrahmen für den Unterricht. *Unterricht Physik*, Heft 97, 18, Februar 2007, 4-11.
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 233-255.

### **Zum Weiterlesen**

- Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L., Hrsg. (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material*. Velber: Friedrich Verlag.
- Höhle u.a. (2004) – s.o.

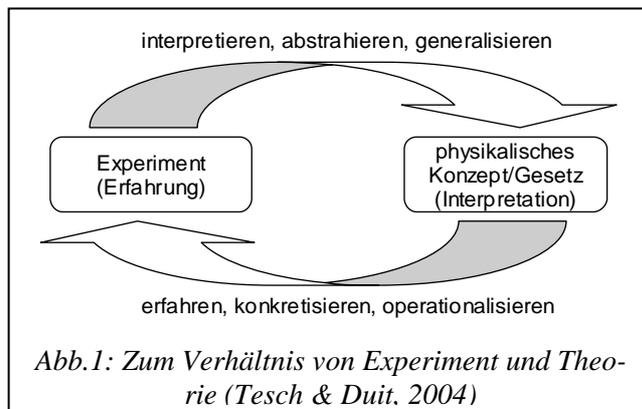
### **Weitere Hinweise**

Naturwissenschaftliche Arbeiten nachdrücklich zu fördern, ist eine der Leitlinien des Projekts Physik im Kontext. Deshalb finden sich in den allen PIKO-UNTERRICHTSENTWÜRFEN Anregungen, wie dies in der Praxis möglich ist.

***Ohne Experimente ist der naturwissenschaftliche Unterricht nicht denkbar***

Das Experiment spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle.<sup>1</sup> Schließlich ist das Experiment Kern naturwissenschaftlicher Methoden zur Gewinnung von Erkenntnissen über die Natur (PIKO-BRIEF 6). Eine Videostudie hat gezeigt, dass sich rund zwei Drittel des Physikunterrichts in Deutschland und der Deutschschweiz um Experimente dreht – um deren Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung (Tesch & Duit, 2004).

Es gibt viele Varianten des Einsatzes von Experimenten im Unterricht. Sie reichen von der berüchtigten „Kreidephysik“, bei der es bestenfalls einige Demonstrationsexperimente gibt, bis zu Formen offenen Experimentierens, bei denen Schülerinnen und Schüler Gelegenheiten für sehr unterschiedliche Formen eigenständiger Tätigkeit haben. Deren Spektrum umfasst eigenständiges Beobachten und Ordnen, Vermuten und Prüfen, Diskutieren, Argumentieren, Modellieren und Mathematisieren und schließlich Recherchieren und Kommunizieren (Duit, Gropengießer & Stäudel, 2004; PIKO-BRIEF 6). Im Konzert der Bemühungen anderer Fächer um die nachhaltige Förderung solcher Arbeitsweisen können die Naturwissenschaften einzigartige Aspekte fördern, weil das naturwissenschaftliche Experiment eine intensive Auseinandersetzung mit und ggf. eine Manipulation von Vorgängen in Natur und Technik erlaubt.

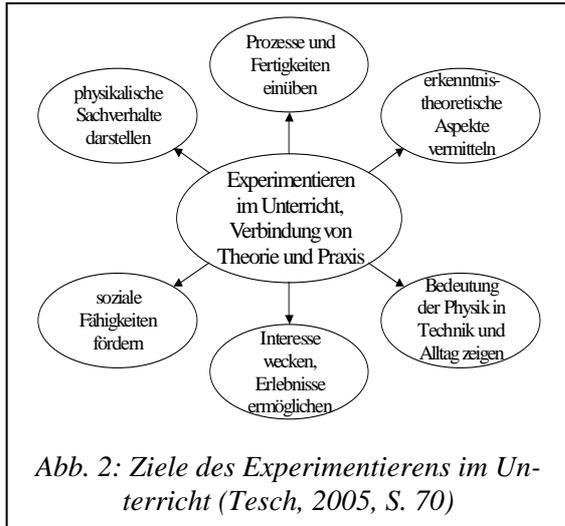
***Experiment und Theorie***

Das Experiment wird in den Naturwissenschaften systematisch und bewusst eingesetzt, um bestimmte Gesetzmäßigkeiten durch gezielte Beobachtungen zu überprüfen. *Experimentieren* ist immer eng verbunden mit dem *Modellieren* theoretischer Vorstellungen. Beide sind untrennbar verbunden. Jedes Experiment bedarf einer – zumindest vorläufigen – Hypothese über einen gesetzmäßigen Zusammenhang. Beim mit dem

Experimentieren verbundenen Erkenntnisprozess handelt es sich um eine enge Wechselwirkung von Experiment und Theorie, um einen zyklischen Prozess (Abb. 1). Diese Auffassung unterscheidet sich grundsätzlich von der „induktiven“ Sicht (Duit & Tesch, 2006), die sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts bildete und die den Physikunterricht auch dann noch prägte, als das Bild einer durch sichere Induktion fortschreitenden Wissenschaft mit dem Experiment als zentraler Instanz im Rahmen der modernen Physik immer unglaubwürdiger wurde. Das Verständnis von Begriffen und Prinzipien (die „Theorie“) ergibt sich – in der Entwicklung der Physik wie im Physikunterricht – nicht allein oder vorwiegend aus dem Experiment, sondern aus der Wechselwirkung von Experiment und Theorie.

<sup>1</sup> „Science teaching must take place in the laboratory; about that at least there is no controversy. Science simply belongs there as naturally as cooking belongs in the kitchen and gardening in the garden“ (Solomon, 1980, 13).

**Ziele des Experimentierens – eine Übersicht**



Die Erwartungen, die an das wichtigste Medium des naturwissenschaftlichen Unterrichts, das Experiment, gestellt werden, sind anspruchsvoll und vielfältig. Zentrale Aspekte werden in Abb. 2 vorgestellt. Es wird deutlich, dass ein Experiment es erlaubt, das „abstrakte“ naturwissenschaftliche Wissen anhand von realen Dingen bzw. Vorgängen zu illustrieren und so „anschaulich“ zu machen. Mit *Prozesse und Fertigkeiten* sind einerseits *Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften* (also das, was in den Bildungsstandards „Erkenntnisgewinnung“ genannt wird) gemeint, andererseits handwerkliche Fertigkeiten, die nötig sind, die

Experimente sachgerecht durchführen zu können. Erkenntnistheoretische Aspekte betreffen Sichtweisen über die Naturwissenschaften. Auch diese Aspekte werden in den Bildungsstandards zur „Erkenntnisgewinnung“ gerechnet.

Muckenfuß (1995) unterscheidet:

- *Fachimmanente Ziele* u.a. Experiment zentrales Element nat.wiss. Denk- und Arbeitsweisen
- *Psychologische Ziele* u.a. Steigerung der Motivation und Lerneffektivität
- *Pädagogische Ziele* u.a. Lernen sachbezogener „rationaler“ Argumentation; Erziehung zur Sorgfalt; Genauigkeit und Geduld; Schulung der Beobachtungsfähigkeit; Entwicklung von Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit.

Bei Kircher u.a. (2009, 246) umfasst das Einsatzspektrum des Experiments im Unterricht die folgenden Aspekte:

- |  |   |
|--|---|
| (1) Ein Phänomen klar und überzeugend darstellen | (2) Physikalische Konzepte veranschaulichen         |
| (3) Grunderfahrungen ausbauen bzw. ausschärfen   | (4) Physikalische Gesetzmäßigkeiten direkt erfahren |
| (5) Theoretische Aussagen qualitativ prüfen      | (6) Schülervorstellungen prüfen                     |
| (7) Physik in Technik und Alltag aufzeigen       | (8) Denkanstöße zur Wiederholung/Vertiefung geben   |
| (9) Physikalische Vorstellungen aufbauen         | (10) Physikalische Gesetze quantitativ prüfen       |
| (11) Physikalische Arbeitsweisen einüben         | (12) Motivieren und Interesse wecken                |
| (13) Nachhaltige Eindrücke vermitteln            | (14) Meilensteine der Kulturgeschichte aufzeigen    |

- Naturwissenschaftliche Phänomene zu illustrieren, d.h. Erfahrungen vermitteln, die zum Verstehen von Begriffen und Prinzipien führen.
  - Anwendungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse u.a. in Alltag und Technik deutlich machen.
  - Mit der Rolle naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen vertraut machen.
  - Kompetenzen einüben, die über das „Fachliche“ hinaus gehen, wie mit anderen zusammenzuarbeiten, Untersuchungen zu planen, durchzuführen und kritisch zu interpretieren.
- Abb. 3: Ziele des Experimentierens – in Kürze

Insgesamt betrachtet werden vom Experimentieren wichtige Beiträge zu allen zentralen Aspekten einer naturwissenschaftlichen Grundbildung erwartet. Welche Schwerpunkte dabei gesetzt werden, ergibt sich aus einer Befragung von Lehrkräften aus dem europäischen Raum (Welzel u.a., 1998). *Theorie und Praxis miteinander zu verbinden*, wurde dabei die größte Bedeutung gegeben, es folgten *Experimentelle Fähigkeiten zu*

*erwerben* und *Methoden wissenschaftlichen Denkens* kennenzulernen. Nur ein geringer Beitrag wird hingegen *Wissen zu überprüfen* zugebilligt,

### ***Das Experiment in der Praxis des Unterrichts***

Es gibt erstaunlich wenige Untersuchungen zur Praxis des Experimentierens im „normalen“ Physikunterricht. Im Rahmen von TIMSS haben Schülerinnen und Schüler in Abschlussklassen der Sekundarstufe II eingeschätzt, welche Rolle in ihrem Unterricht das Experiment spielt (Baumert & Köller, 2001). Es zeigt sich, dass Physikunterricht in erster Linie Demonstrationsunterricht ist. Das Experiment spielt eine wichtige Rolle, aber das Schülerexperiment ist eher randständig. Für den Physikunterricht der Sekundarstufe I liegen Ergebnisse der IPN Videostudie Physik vor (Tesch und Duit, 2005). Im Mittel werden rund 70% der Unterrichtszeit vom Experiment bestimmt – Vorbereitung (12%), Durchführung (21%), Nachbereitung (35%). Für das Schülerexperiment wird etwas mehr Unterrichtszeit (11%) als für das Demonstrationsexperiment (7%) aufgewendet. Die Schülerinnen und Schüler haben nur wenige Gelegenheiten, Experimente eigenständig zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Das Experiment dient überwiegend (75% der Fälle) dazu, ein Phänomen darzustellen, eher selten dazu (20%) ein erarbeitetes Gesetz zu veranschaulichen, sehr selten, eine Hypothese zu überprüfen. Allerdings kann keine Rede davon sein, im Physikunterricht der Sekundarstufe I dominiere die „Kreidephysik“. Bemerkenswert ist, dass sich in der internationalen Literatur zur Praxis des Physikunterrichts ein ganz ähnliches Bild der normalen Praxis abzeichnet (Hofstein & Lunetta, 2004): In der Regel ist das Experiment – auch das Schülerexperiment – stark von der Lehrkraft kontrolliert. Schülerinnen und Schüler haben nur wenige Gelegenheiten, eigenständig Versuche zu planen, Hypothesen zu entwickeln und Schlussfolgerungen zu ziehen. Das breite Spektrum anspruchsvoller Eigentätigkeiten, die das Experimentieren im Prinzip bietet, wird in der Praxis unzureichend genutzt.

### ***Das Schülerexperiment***

Vom Schülerexperiment werden vielfältige Wirkungen, wie bessere Lernergebnisse und größeres Interesse an der Physik und am Physikunterricht erwartet. Diese Erwartungen finden in der Regel keine Bestätigung in den vorliegenden empirischen Untersuchungen (Hofstein & Lunetta, 2004; Hopf, 2007)<sup>2</sup>. Schülerexperimente führen per se weder zu besseren Leistungen noch zu befriedigenderer Entwicklung des Interesses und anderer affektiver Variablen und tragen auch per se nicht zum Verstehen der Erkenntnisgewinnung bei. Es kommt vielmehr darauf an, wie diese Experimente in den Unterricht eingebettet werden. Es gilt, Lerngelegenheiten bereitzustellen, die das Lernen nachdrücklich unterstützen und das Interesse fördern.

Auch die weit verbreitete Erwartung, dass Schülerexperimente das Interesse der Schülerinnen und Schüler am Schulfach verbessern, wird durch die vorliegenden Ergebnisse von empirischen Untersuchungen zumindest stark relativiert. Hodson (1999) fand, dass nur rund die Hälfte der von ihm befragten Schülerinnen und Schüler „practical work“ bevorzugten. Labudde (2000) berichtet, dass Schülerinnen der Oberstufe des Gymnasiums in der Schweiz Demonstrationsexperimente wünschten. In der bereits genannten Videostudie zur Praxis des Physikunterrichts gibt es ähnliche Befunde. Dort sprach sich die Mehrheit der Schülerinnen für Demonstrationsversuche aus – insbesondere dann, wenn sie von Mitschülerinnen bzw. –schülern durchgeführt werden.

Zur Entwicklung des Verständnisses der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie von Sichtweisen *über* die Naturwissenschaften gibt es Untersuchungen, die zeigen, dass stark lehrerkontrollierte Schülerexperimente (im Sinne von „cook-book-activities“) kontraproduktiv sind (Harlen, 1999). Sie führen zu verengten Vorstellungen zu beiden Aspekten.

---

<sup>2</sup> Häufig wird in der Literatur auf das folgende – auf Konfuzius zurückgehende – Sprichwort verwiesen, um die Überlegenheit des Schülerexperiments zu betonen: „*I hear and I forget, I see and I remember, I do and I understand*“. Harlen (1999,9) weist darauf hin, dass es keinen Beleg für die mit dem Sprichwort verbundenen Erwartungen gibt.

Was die Entwicklung eines aus heutiger Sicht adäquaten Verständnisses (s. PIKO-BRIEF 6) angeht, so gilt wieder, dass erwünschte Veränderungen systematisch eingeleitet und unterstützt werden müssen und sich nicht gewissermaßen automatisch aus der Praxis des eigenen Experimentierens ergeben.

Hofstein und Lunetta (2004) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Schüler wie Lehrer beim Experimentieren häufig viel Zeit für technische und manipulative Details aufbringen, so dass schon aus diesem Grund das Potenzial von Experimenten nicht ausreichend genutzt werden kann.

### ***Eigenständiges Experimentieren stellt hohe Anforderungen***

Zu beachten ist, dass eigenständiges Arbeiten ganz generell, also auch eigenständiges Experimentieren hohe Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler stellt.

*Schülerinnen und Schüler sehen Experimente anders.* WIE Im PIKO-Brief 1 (Schülvorstellungen und Lernen von Physik) erläutert, machen Schülerinnen und Schüler sich ihr eigenes Bild von allem, was im Unterrichts präsentiert wird oder womit sie umgehen – also auch vom Experiment, das ihnen vorgeführt wird oder mit dem sie sich gerade beschäftigen. Sie folgen häufig anderen Zielen als von der Lehrkraft beabsichtigt. Viele Schülerinnen und Schüler sehen zum Beispiel *den Instruktionen folgen* oder *die richtige Antwort finden* als Hauptziele ihrer Arbeit. In einer Untersuchung (Tasker, 1981) stellte sich heraus, dass den meisten Schülerinnen und Schülern auch bei eng von der Lehrkraft kontrollierten Schülerexperimenten nicht klar war, was sie taten und welches Ziel ihr Experiment hatte. Sie wussten auch nicht, worauf dieses Experiment aufbaute. Ein weiteres Problem ergibt sich dadurch, dass Schülerinnen und Schüler in der Regel Vorstellungen über das untersuchte Phänomen haben, die mit der fachlichen Sicht nicht übereinstimmen. Die Beobachtungen der Schülerinnen und Schüler wird häufig von diesen Vorstellungen mitbestimmt, sie beobachten etwas anderes, d.h. richten ihre Aufmerksamkeit auf etwas anderes, als die Lehrkraft intendiert hat.

*Umgang mit Komplexität.* Eigenständiges Experimentieren stellt ein breites Spektrum an Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler – auch wenn es sich um vom Lehrer eng kontrollierte Experimente handelt. Es gilt u.a., die Anweisungen zu verstehen, die Materialien zu handhaben, zu messen, Ergebnisse zu notieren, auszuwerten und zu interpretieren sowie mit anderen zusammen zu arbeiten. Hinzu kommt der vorstehend erwähnte Aspekt, dass Experimente und die für das Experimentieren gestellten Aufgaben von den Schülerinnen und Schülern anders gesehen werden als vom Lehrer. Mit dieser Komplexität können viele Schülerinnen und Schüler nicht gut umgehen und neigen dann zu sehr oberflächlichem Experimentieren. Sie weichen dem Druck auch dadurch aus, dass sie Strategien und Tätigkeiten wählen, die mit den pädagogischen Absichten der Lehrkraft nichts mehr zu tun haben.

*Forschendes Experimentieren.* Formen offenen Experimentierens, die „forschendes“ Arbeiten zulassen, stellen besonders hohe Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler (vgl. PIKO-BRIEF 11). Schülerinnen und Schüler verlieren sich leicht in diesen vielfältigen Anforderungen und sind deshalb mit der Aufgabe überfordert. In einer Lernprozessstudie haben Duit u.a., (1998) z.B. untersucht, wie Schülerinnen und Schüler des 10. Schuljahrs eigenständig das überraschende Verhalten eines chaotischen Magnetpendels erklären. Es gibt eine Reihe von Beispielen in den Daten, dass Schülerinnen und Schüler sich ein Verständnis konstruieren, das aus fachlicher Sicht falsch ist. Es zeigt sich auch, wie schwierig es ist, sie davon zu überzeugen, dass diese ihnen wichtige Einsicht nicht akzeptabel ist.

## ***Zum Experimentieren im Physikunterricht – Anspruch und die Realität der Unterrichtspraxis***

Das Experiment spielt – ganz zu Recht – im Physikunterricht eine zentrale Rolle. Die Ansprüche an das Experimentieren in der pädagogischen und fachdidaktischen Literatur sind hoch. Mit dem Experimentieren werden vielfältige und anspruchsvolle Erwartungen verbunden. Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass manche dieser Erwartungen in der Praxis nicht oder nur schwer zu erfüllen sind. Eigenständiges Experimentieren bedarf einer langen Zeit des Vertrautwerdens mit den damit verbundenen Anforderungen – auf Seiten der Schülerinnen und Schüler und auf Seiten der Lehrkräfte. Es muss schrittweise erlernt werden.

### ***Zitierte Literatur***

- Baumert, J. & Köller, O. (2001). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: J. Baumert, W. Bos, W., & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (pp. 271-316). Opladen: Leske + Budrich.
- Duit, R., Roth, W.M., Komorek, M., & Wilbers, J. (1998). Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning in science. *International Journal of Science Education*, 20, 1059-1073.
- Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (Hrsg.) (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten – Unterricht und Material 5 – 10*. Velber: Friedrich Verlag.
- Duit, R. & Tesch, M. (2006). Eigenständiges Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht – Theorie, empirische Forschungsergebnisse, Unterrichtspraxis. Fachtagung „Selbständiges Lernen im Fachunterricht“. Universität Kassel, 29.04.2006 (zu beziehen über: duit@ipn.uni-kiel.de).
- Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science – A review of research*. Edingburgh: SCRE.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (1982). The role of laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hopf, M. (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente*. Berlin: Logos.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (2009). *Physikdidaktik – Theorie und Praxis*. Berlin: Springer.
- Labudde, P. (2000). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. Bern: Haupt.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- Solomon, J. (1980). *Teaching children in the lab*. London: Routledge Kegan & Paul.
- Tasker, R. (1981). Children's views and classroom experiences. *Australian Science Teacher Journal*, 27, 33-37.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht*. Berlin: Logos
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-59.
- Welzel, M. & Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K., & v. Aufschnaiter, S. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 29-44.

### ***Zum Weiterlesen***

- Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In U. Ringelband, M. Prenzel, M., & M. Euler (Hrsg.): *Lernort Labor – Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft* (pp. 13-47). Kiel: IPN.



### ***Zur Bedeutung des Modelldenkens für naturwissenschaftliches Verstehen***

In den PIKO-BRIEFEN 6 und 7 (*Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen* und *Das Experiment im Physikunterricht*) ist betont worden, dass Modelle im Prozess der Erkenntnisgewinnung eine zentrale Rolle spielen. Dies gilt sowohl für Erkenntnisprozesse in der physikalischen Forschung als auch für das Lernen von Physik. Modelle, wie zum Beispiel Teilchenmodelle, Modelle der elektrischen Ladung oder das Modell des Lichtstrahls, sind ein wichtiger Bestandteil von Lehrplänen, Curricula und Schulbüchern. Ein angemessenes Denken in und mit Modellen ist unverzichtbar, um Physik zu verstehen (Gilbert, 2004). Im Folgenden soll anhand einiger Beispiele die Konzeption eines *Lernens über Modelle* vorgestellt werden.

### ***Probleme von Schülern und Lehrkräften mit dem Modellbegriff***

Aus den Ergebnissen fachdidaktischer Studien kann der Schluss gezogen werden, dass in der Regel die Schülervorstellungen zur Modellproblematik in den unterschiedlichen physikalischen Bereichen von Fehlvorstellungen dominiert werden (Grosslight, Unger & Jay, 1991; Harrison & Treagust, 1996). Das heißt, dass die Schülerinnen und Schüler beispielsweise bei der Untersuchung von submikroskopischen Vorgängen die Modell- und Realitätsebene in einer unangemessenen Weise vermengen (s.u.). Dies spiegelt sich darin wider, dass ein verwirrendes Modell-Realitäts-Gemisch in den Schülerargumentationen beobachtet werden kann. In einem solchen Gemisch wird nicht mehr zwischen verschiedenen Modellvorstellungen und dem real Beobachtbaren unterschieden (Mikelskis-Seifert, 2002).

Eine weitere Lernschwierigkeit stellt das Fehlen metakonzeptuellen Wissens der Schülerinnen und Schülern dar. Mit einem metakonzeptuellen Wissen ist die Fähigkeit verbunden, zwischen Modellen, Modelliertem und Realem zu unterscheiden. Auch wird den Schülerinnen und Schülern in der Regel die hypothetische Natur der Modelle nicht bewusst. Beispielsweise sehen die Lernenden Teilchenmodelle nicht als vom Menschen für die Beschreibung und Deutung submikroskopischer Vorgänge bewusst konstruierte Bilder an. Zu den Problemen beim Modellieren ist ebenfalls die mangelnde Einsicht bei den Lernenden zu zählen, dass Modelle keinerlei Anspruch erheben, die Wirklichkeit in ihrer ganzen Vielfalt zu repräsentieren. Vielmehr identifizieren viele Schülerinnen und Schüler die Modelle mit der Wirklichkeit selbst.

Nun kann man nach den Ursachen fragen, warum so viele Lernschwierigkeiten beim Umgang mit Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu beobachten sind. Eine Möglichkeit, die einen negativen Einfluss auf das Erlernen der Modelle in der Schule haben kann, ist die Bedeutungsvielfalt dieses Begriffs. So stellt der Modellbegriff ein „begriffssprachliches Babylon“ dar. Von einem begriffssprachlichen Babylon wird immer dann gesprochen, wenn in verschiedenen Sprachbereichen dieselben Objekte bzw. Sachverhalte jeweils in einer anderen Form bezeichnet werden. Dieser Sachverhalt trifft für die vielfältig verwendeten Bezeichnungen des Modellbegriffs im Alltag und in der Wissenschaft zu, wie Modell eines Flugzeuges, Modelleisenbahn, Modell einer Blüte, Architekturmodell, Modell als Vorbild für ein künstlerisches Werk, Modell in der Modewelt, Modell in der Mathematik, wirtschaftstheoretisches Modell, statistisches Modell, Modell in der Informatik, dynamisches Modell, Modell Massenpunkt oder mentales Modell. Unter einem Modell wird in einigen Fällen auch ein dreidimensionaler Gegenstand verstanden, in anderen nicht. Ferner kann ein Modell ein verallgemeinertes Konstrukt bezeichnen, das viele konkrete Einzelfälle zusammenfassen soll (z.B. Modell

einer Blüte) oder eine Veranschaulichung von etwas Allgemeinem (z.B. in der Mathematik eine beispielhafte Ausprägung einer allgemeinen Theorie) bedeuten. Schließlich kann ein Modell als Vorlage für die Produktion in der Industrie angesehen werden.

Es ist an anderer Stelle (s. PIKO-BRIEF 6 Naturwissenschaftliches Arbeiten) betont worden, dass Lehrkräfte häufig nicht gut vertraut mit naturwissenschaftlichem Arbeiten und aktuellen Sichtweisen zur „Natur der Naturwissenschaften“ sind und dass diese Aspekte im Unterricht eher selten explizit angesprochen werden. Eine zentrale Rolle spielt bei „Erkenntnismethoden“ der Modellbegriff. Empirische Studien zeigen, dass Lehrer nicht nur unklare Vorstellungen vom Modellbegriff besitzen, sondern auch zur „Natur“ dieses Begriffs, also zu seiner Rolle im Erkenntnisprozess der Wissenschaft und der Schülerinnen und Schüler (Justi & Gilbert, 2003).

Die vorstehend umrissenen Probleme der Schülerinnen und Schüler sowie ihrer Lehrkräfte mit dem Modellbegriff müssen bei der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden. Wie dies möglich ist, soll im Folgenden anhand von Beispielen gezeigt werden.

### ***Das Teilchenmodell – Paradebeispiel für Probleme beim Modellieren***

Ergebnisse vieler Studien zeigen, dass es eine Reihe von Lernschwierigkeiten beim Umgang mit Teilchenmodellen im Schulalltag gibt. Schülerinnen und Schüler sind in der Regel weit entfernt von einem angemessenen Modelldenken. Zum Teilchenmodell haben Untersuchungen Folgendes gezeigt (Duit, 1992; Fischler, 1997; Mikelskis-Seifert, 2002;):

- Schüler haben in der Regel naiv-realistische Vorstellungen von Atomen, die sie als verkleinerte materielle Objekte der klassischen Erfahrungswelt ansehen (z.B. als Kügelchen oder Mini-Planetensysteme).
- Die Abgrenzung zwischen Modell und Wirklichkeit ist den Lernenden häufig nicht bewusst.
- Makro-Eigenschaften (Farbe, Elastizität, Ausdehnung bei Erwärmung) werden unreflektiert auf die Teilchen des Modells übertragen.
- Die Frage, wie aus dem Zusammenwirken vieler Atome neue makroskopische Eigenschaften entstehen können, die auf der Mikro-Ebene nicht vorhanden sind, stellt das Abstraktionsvermögen der Lernenden vor große Herausforderungen.

Diese Vorstellungen lassen sich durch den bisherigen Unterricht nur schwer zur physikalischen Vorstellung weiter entwickeln. Die Ursache hierfür scheint ein eher unreflektiertes Umgehen mit Teilchenmodellen im Schulalltag zu sein. Auch Schulbuchdarstellungen in Wort und Bild können das Lernen dieser Modelle behindern. Weiterhin wird den Schülerinnen und Schülern in der Regel der Modellcharakter der vermittelten Teilchenvorstellung nicht ausreichend klar gemacht.

### ***Ausgewählte didaktische Ansätze zum Lernen mit Modellen***

In der Geschichte der deutschsprachigen fachdidaktischen Forschung sind vielfältige Ansätze zu finden, die das Denken in Modellen bzw. das Unterrichten mit Modellen thematisieren. Seit Beginn der 70er Jahre gibt es solche Unterrichtskonzeptionen, z.B. von Kircher (1975, 1995), Schlichting (1977) und Kuhn (1977).

Analysiert man die in der Literatur beschriebenen Ansätze, dann beziehen sie sich entweder auf ein konkretes Modell oder auf das Modelllernen im Allgemeinen. Allerdings gehen die Konsequenzen, die aus den Ansätzen sowie vieler Konzepterprobungen (Touché, 1989; Brademann, 1997) gezogen werden können, letztendlich in die gleiche Richtung. Um ein erfolgreiches Lernen mit Modellen zu realisieren, muss dies über die Schuljahre hinweg kontinuierlich und systematisch erfolgen. Des Weiteren ist eine Verknüpfung des Arbeitens mit Model-

len und eines Lernens über Modelle über die naturwissenschaftlichen Fächer hinweg notwendig, damit sich kontextunabhängige Prozesskompetenzen, die von den Schülerinnen und Schülern flexibel angewendet werden können, entwickeln.

Ein angemessenes Modelldenken anzubahnen und dann darauf in den einzelnen Teilthemen der Physik über die Sekundarstufe I hinweg immer wieder zurückzugreifen, hat Leisner (2005) in ihrer Dissertation untersucht. Auch hat sie für die physikalischen Teilthemen wie zum Beispiel Optik oder Elektrizitätslehre Unterrichtsmaterialien konzipiert, mit denen das Modelldenken einerseits kontinuierlich in Form eines kumulativen Lernens und andererseits fächerübergreifend gefördert wird.

Trotz dieser Anstrengungen zeigen die Ergebnisse empirischer Untersuchungen, dass fachdidaktische Erkenntnisse zum Unterrichten mit Modellen nur bedingt in die Schulpraxis gelangen.

Aus den empirischen Ergebnissen der Arbeit von Weerda (1982) lassen sich Schlüsse für die Einführung in das Modellieren und damit eines wissenschaftlichen Modellbegriffs in der Schule ziehen. Denn nach Weerda subsumieren die Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff „Modell“ vor dem Unterricht vor allem gegenständliche Modelle. Dies ändert sich nach der Behandlung von Atommodellen im Unterricht kurzfristig bei einer geringen Zahl von Schülern. Bei der Mehrheit der Lernenden bleibt die Vorstellung zum Modellbegriff, der im Zusammenhang mit Technik, Malerei oder Mode gesehen wird, stabil. Hieraus ergibt sich die Forderung, auch beim Lernen über Modelle, die Schülerinnen und Schüler bei ihren Vorstellungen und Ideen zu Modellen abzuholen (PIKO-BRIEF 1). Nur so kann ein Bewusstsein für die Modellvielfalt, die sich in der Existenz verschiedener Modellklassifikationen in der Literatur widerspiegelt, entwickelt werden.

### ***Die Konzeption eines Lernens über Teilchenmodelle***

Es geht zunächst um einen Unterricht, der den Schülerinnen und Schülern den Status von Modellen klar macht, ihnen erklärt, was man unter einem Modell versteht und welche Rolle Modelle im „Erkenntnisprozess“ spielen. Was dies im Einzelnen bedeutet, wird weiter unten anhand des Teilchenmodells erläutert. Ein wichtiger Aspekt ist die klare Unterscheidung einer *Erfahrungswelt* und einer *Modellwelt* (Abb. 1). Die Erfahrungswelt ist die Welt der Erlebnisse, der alltäglichen Erfahrungen; die Modellwelt dagegen ist eine für einen bestimmten Zweck konstruierte Welt.

Drei Aspekte kennzeichnen den hier vorgeschlagenen Unterricht über Teilchenmodelle:

- Bewusstes Postulieren von kleinsten Teilchen.
- Formulieren von Hypothesen über das Teilchenverhalten.
- Prüfen dieser Hypothesen auf logischer, sprachlicher und experimenteller Grundlage.

Mit den Schülerinnen und Schülern wird über den Charakter (den Status) der Teilchenmodelle sowie über das Modellieren in der Mikrowelt diskutiert. Dabei soll ihnen klar werden, dass diese Modelle bewusst konstruiert (erfunden) worden sind, um die zu beobachtenden Phänomene (in der Erfahrungswelt) zu erklären (in der Modellwelt). Hier spielt die Suche nach unterschiedlichen Modellierungen für dasselbe Phänomen eine wichtige Rolle. Damit wird angestrebt, den Lernenden ein Gefühl dafür zu geben, was ein Modell aussagt bzw. nicht aussagt. Im Unterrichtsprozess sind ebenfalls die aufgestellten Modellannahmen über das Teilchenverhalten auf Tragfähigkeit zu prüfen. Gegebenenfalls gilt es, ungeeignete Modellannahmen zu verwerfen bzw. sich der jeweiligen Modellgrenzen bewusst zu werden.

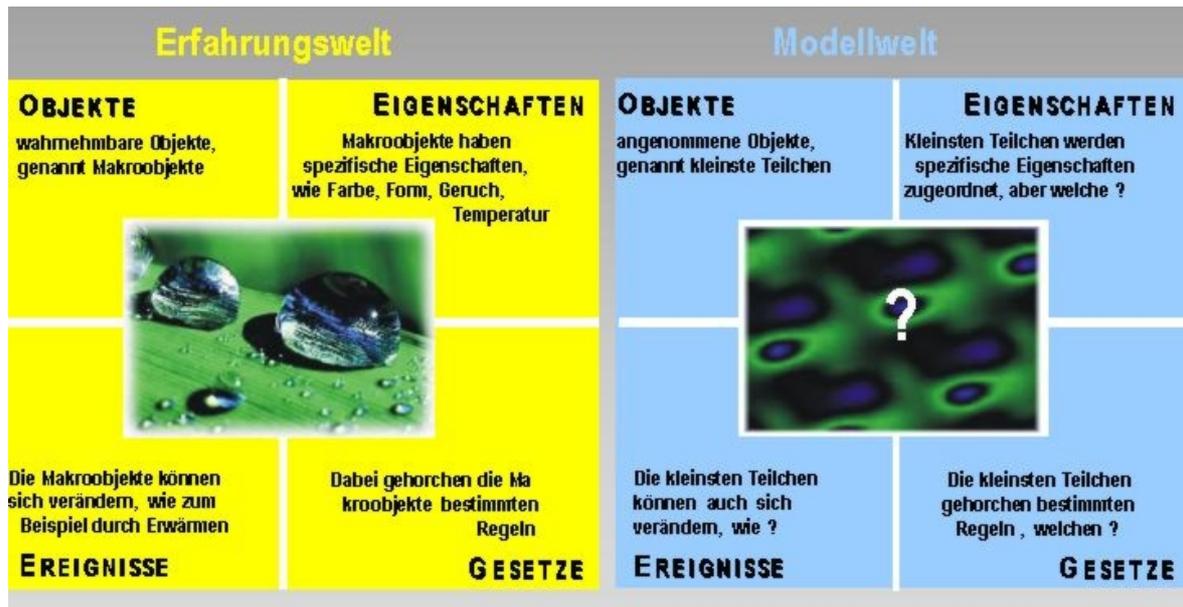


Abb. 1: Poster zur Unterscheidung von Erfahrungs- und Modellwelt

Bei einem systematischen Lernen *über* Modelle werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, stringent zwischen realen (in der Erfahrungswelt betrachteten) und modellierten (in der Modellwelt betrachteten) Phänomenen zu unterscheiden und sie miteinander in Verbindung zu setzen. Als Unterstützung wird ein Poster im Klassenraum aufgehängt, das den Lernenden im gesamten Unterrichtsprozess präsent ist (Abb. 1).

Um eine intensive und nachhaltige Auseinandersetzung mit der Modellproblematik zu erreichen, ist es nötig, den Schülerinnen und Schülern viel Raum für eigenständiges Entwickeln von Ideen und Hypothesen zu geben. Ausgehend von eigenen Erfahrungen werden sie dabei mit Arbeitsaufträgen angeleitet, Phänomene zu beobachten, Vorhersagen zu machen und Vorgänge zu beschreiben. Daran schließen sich Erweiterungen der experimentellen Primärerfahrungen durch selbständige Modellierungen an. Die untersuchten Phänomene werden mithilfe von Modellen gedeutet.

### ***Ablauf des Unterrichts***

Das Lernen über die Teilchenmodelle gliedert sich wie folgt (Mikelskis-Seifert & Leisner, 2003): Einführung, Übergang in die zu modellierenden Bereiche, Experimentieren und Modellieren, Reflektieren.

***Einführung in die Modellproblematik.*** Die Schülerinnen und Schüler werden für das Thema Modelle sensibilisiert, indem sie gegenständliche Modelle basteln (Abb. 2). Anhand dieser Modelle wird ein erster wissenschaftlicher Modellbegriff erarbeitet. Hierbei ist es wichtig herauszustellen, dass es auf den Zweck ankommt, den ein Modell erfüllen soll.



Abb. 2: Selbstgebastelte Alltagsmodelle (Heißluftballon, Haus und Planetenmodell)

**Übergang in die zu modellierenden Bereiche.** Im nächsten Schritt wird den Schülerinnen und



Abb. 3: Beispiel für eine Black-Box

Schülern erläutert, warum in der Physik Modelle zur Erklärung eingesetzt werden müssen. Sie erfahren beim Erkunden verschiedener Gegenstände die Grenzen der direkten Wahrnehmung. Über die Untersuchung von Black-Boxen soll ihnen der hypothetische Charakter von Modellen veranschaulicht werden. So werden sie aufgefordert, den Inhalt verschiedener Black-Boxen vorherzusagen. Sie erhalten verschiedene geschwätzte Kästen mit unbekannter innerer Struktur (siehe Abb. 3). Durch Schütteln der Boxen oder durch ein systematisches Abrastern mithilfe eines Griffels kann eine Vermutung über den inneren Aufbau der jeweiligen Box gemacht werden.

Im Anschluss an das Untersuchen der Black-Boxen bietet es sich an, sie im Rahmen der Unterscheidung von Erfahrungswelt und Modellwelt zu diskutieren. Dabei zeigt sich, dass bei einem naturwissenschaftlichen Vorgang, der sich unserer direkten Wahrnehmung entzieht, der Schritt von der Erfahrungswelt in die Modellwelt eine (vorläufige) Erklärung des Vorgangs ermöglicht. Am Ende der Phase werden Phänomene betrachtet, nachdem ein erstes Teilchenmodell konstruiert bzw. postuliert wurde.

**Experimentieren und Modellieren.** Nach der Einführung des Teilchenmodells wird es zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene verwendet und dabei erweitert. An Stationen untersuchen die Lernenden, durch Arbeitsaufträge geführt, das Verdunsten, die Diffusion, die Kristallisation und die Volumenzunahme bei Erwärmung. Zu jedem Phänomen führen sie mehrere Versuche durch, deren Ergebnisse sie anschließend modellieren.

**Reflektieren.** In der letzten Phase wird zum einen über den Modellbildungsprozess nachgedacht und zum anderen das Teilchenmodell zur Erklärung der Aggregatzustände angewendet (siehe Abb. 1). Es werden die folgenden Fragen diskutiert: Was verbindet ihr mit dem Teilchenbegriff? Was versteht ihr unter Teilchenmodellen? Wie sind Teilchenmodelle beschaffen? Wie kommt man zu den Teilchenmodellen?

### **Zusammenfassung**

Der skizzierte Ansatz eines Lernens *über* Modelle wurde in mehreren Klassenstufen (7. bis 10. Klasse) erprobt und evaluiert. Dabei zeigten sich positive Veränderungen in den Schülervorstellungen über die Mikrowelt. Die Überlegungen zur Rolle von Modellen und zum Modellieren scheinen dazu einen wichtigen Beitrag geleistet zu haben. Der Mehrheit der Lernenden war der hypothetische Charakter der Teilchenmodelle sowie die Andersartigkeit der Mikrowelt nach dem Unterricht bewusst. Ferner übertrugen die Schülerinnen und Schüler nach einem Lernen über Teilchenmodelle nur selten makroskopische Kennzeichen, wie z. B. Farbe oder Form, auf die Mikrowelt. Auch waren sie in der Lage, bei der Modellierung mit Kräften zwischen den Teilchen, mit Teilchenbewegungen und Teilchenabständen in angemessener Weise zu argumentieren. Ähnliche positive Befunde ergaben sich bei der Erprobung eines Lernens *über* Modelle in anderen physikalischen Themenbereichen.

### **Zitierte Literatur**

- Buck, P. (1994): Die Teilchenvorstellung – ein „Unmodell“. *Chemie in der Schule*, 41, 11, 412-416
- Brademann, T. (1997). Grundsätze und Beispiele zur Arbeit mit physikalischen Denkmodellen im Physikunterricht der Sekundarstufe I. *Physik in der Schule*, 6, 207 – 210.
- Duit, R. (1992). Teilchen- und Atomvorstellungen. In H. Fischler, Hrsg., *Quantenphysik in der Schule* (pp. 204-214). Kiel: IPN.
- Fischler, H. (1997). Was versteht man in der Physik unter „Teilchen“? *Naturwissenschaften im Unterricht, Physik*, 8, Heft 41, 9-11.
- Gilbert, J. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Groslight, I., Unger, C. & Jay, E. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of Middle and High School students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799-822.
- Harrison, A. & Treagust, D. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80, 509-534.
- Justi, R. & Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25, 1369-1386.
- Kircher, E. (1975). *IPN Curriculum Physik für das 9. und 10. Schuljahr. Modelle des elektrischen Stromkreises*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Kircher, E. (1995). *Studien zur Physikdidaktik: Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen*. Kiel: IPN.
- Kuhn, W. (1977). Modelle in der Physik. In G. Schaefer, G. Trommer & K. Wenk, Hrsg., *Denken in Modellen* (pp. 38-48). Braunschweig: Georg Westermann Verlag.
- Leisner, A. (2005). *Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Mikelskis-Seifert, S. & Leisner, A. (2003). Das Denken in Modellen fördern. Ein Unterrichtsbeispiel zur Entwicklung von Teilchenvorstellungen. *Unterricht Physik*, 14, Heft 74, 32-34
- Mikelskis-Seifert, S. (2002). *Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*. Berlin: Logos.
- Schlichting, H. J. (1977). Konstruktive Modellfindung im Unterricht – ein Unterrichtsversuch. In: G. Schaefer, G. Trommer & K. Wenk (Hrsg.), *Denken in Modellen*. Braunschweig: Georg Westermann Verlag.
- Touché, W. (1989). Atommodelle im Chemie- und Physikunterricht der gymnasialen Mittelstufe – Versuch einer Koordination – Ergebnis einer gemeinsamen Fortbildungsveranstaltung der Fachlei-

ter der Fächer Physik und Chemie des Landes Schleswig-Holstein. *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 38 (4), 2 – 6.

Weerda, J. (1982). *Untersuchungen zum Modellbegriff in der Chemie: eine empirische Untersuchung bei Schülern*. Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang.

### **Weitere Hinweise**

Kircher, E. (2009). Modellbegriff und Modellbildung. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler, Hrsg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 735-762). Berlin: Springer.

Mikelskis-Seifert, S. (2006). Modellmethode als epistemologisches und didaktisches Konzept. In H. Mikelskis, Hrsg., *Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 120-138). Berlin. Cornelsen Scriptor.

Mikelskis-Seifert, S. & Leisner, A. (2004). Systematisches und bewusstes Lernen *über* Modelle. In C. Hößle, D. Höttecke, & E. Kircher, Hrsg., *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (pp. 130-147). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Modelling Instruction Program, Arizona State University, USA: <http://modeling.asu.edu/>

In den **PIKO UNTERRICHTSENTWÜRFEN** spielt das naturwissenschaftliche Arbeiten und somit auch die Rolle des *Modellierens* im Konzert der anderen Arbeitsweisen eine wichtige Rolle. Der Modellbegriff steht in zwei Unterrichtswürfen explizit im Mittelpunkt:

- Im Unterrichtsentwurf 5.2 „Sonne-Erde-Mond“ geht es um selbst gebaute Modelle zum Planetensystem.
- Im Unterrichtsentwurf 5.13 „Von Alltagserfahrungen zur Erschließung der Nanowelt“ wird einerseits diskutiert, mit welchen Modellvorstellungen man die „Nano-Welt“ beschreiben kann und andererseits gezeigt, wie Black-Box-Modelle helfen können, Instrumente wie das Rastertunnelmikroskop, zu verstehen.



### *Unterschiedliche Unterrichtsmethoden eignen sich für verschiedener Unterrichtsziele*

Physikunterricht verfolgt Ziele, die auf verschiedenen Ebenen liegen. Seit einiger Zeit rücken neben dem Faktenwissen immer mehr methodische Kompetenzen, allgemeine Problemlösefähigkeiten sowie Fähigkeiten selbstgesteuerten Lernens in den Blickpunkt, die gleichermaßen angestrebt werden. Der Unterricht sollte häufiger Gelegenheit bieten, selbstständig Ideen und Hypothesen zu entwickeln, physikalische Arbeitsweisen (PIKO-BRIEF 6) einzusetzen (u.a. Experimentieren und Modellieren), Probleme zu lösen sowie eigene Lernprozess zu planen und zu kontrollieren. Der Weg dazu führt über verschiedene Methoden.

Methoden ermöglichen eine Anpassung des Unterrichtsgeschehens an unterschiedliche Zielvorgaben, Inhalte, Leistungscharaktere, Lernmaterialien, verfügbare Mittel und an weitere Rahmenbedingungen (zum Zusammenspiel von Zielen, Inhalten, Methoden und Medien s. PIKO-BRIEF 3 „Didaktische Rekonstruktion“). Der Einsatz vielfältiger Unterrichtsmethoden vermeidet einen monotonen Unterricht und erschließt verschiedene Möglichkeiten für eine Aktivierung der Schülerinnen und Schüler.

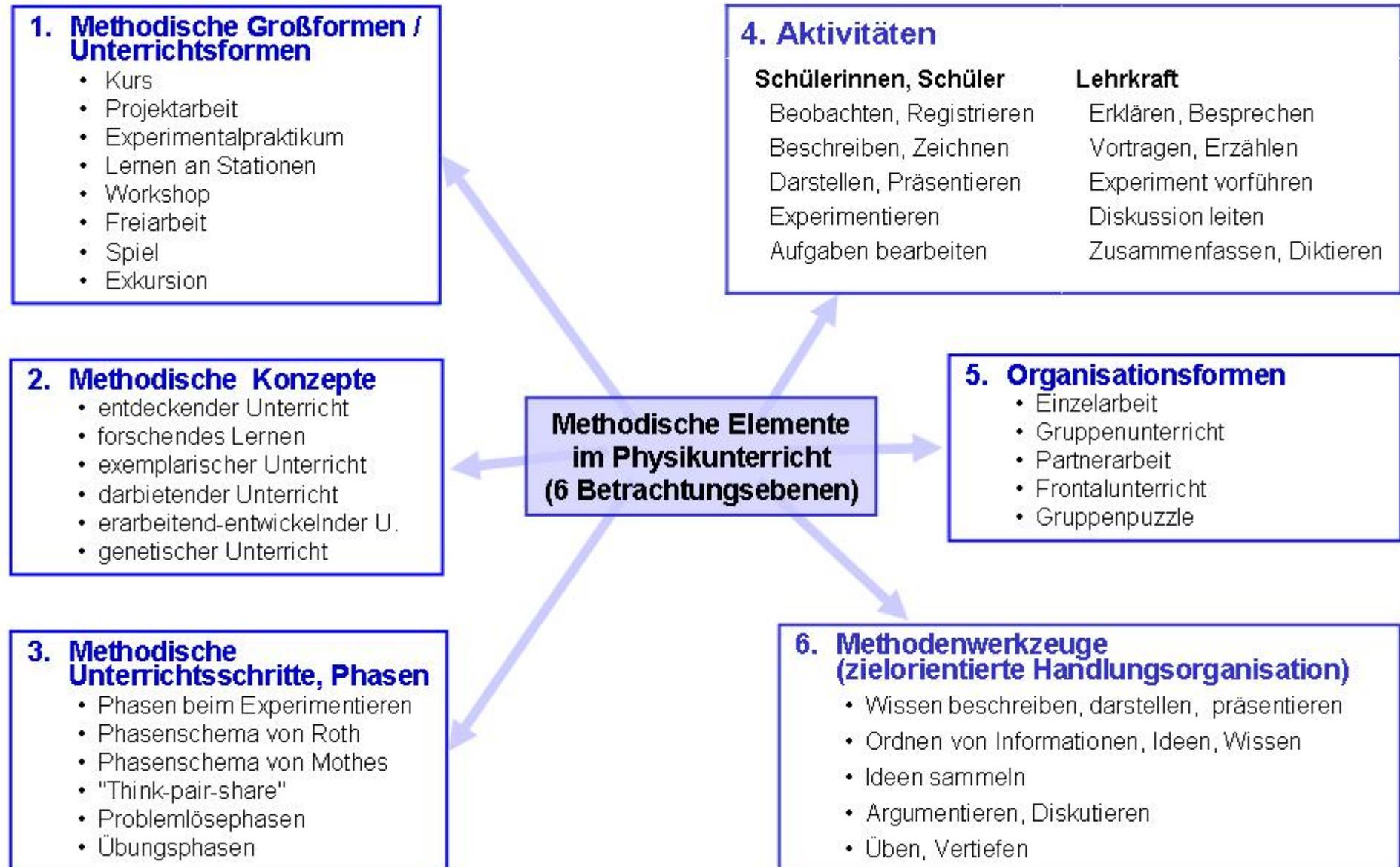
### *Übersicht*

Die nachfolgende Graphik (Abb. 1) gibt zunächst eine Übersicht über unterschiedliche Betrachtungsebenen. Sie trennt umfassendere Konzepte, wie z.B. „genetischen Unterricht“, von zeitlich kürzeren Aktionsformen, wie z.B. "Concept Mapping"<sup>1</sup>. Die sechs Kategorien beschreiben so gesehen verschiedenen Dimensionen. So kann beispielsweise ein „entdeckender Unterricht“ Phasen mit Partnerarbeit oder Diskussionen im Plenum sowie verschiedene Handlungsformen beinhalten. Einzelne Methoden (z. B. der „entdeckende Unterricht“) sind nicht prinzipiell „besser“ als andere: Es gilt vielmehr, für das jeweilige Unterrichtsziel die geeigneten Methoden zu finden. Grundvoraussetzung hierfür ist ein entsprechendes Methodenrepertoire und eine Sensibilität für die verschiedenen Aspekte, die mit methodischen Entscheidungen verknüpft sind.

Der vorliegende PIKO-BRIEF geht auf die wichtigsten methodischen Großformen (Box 1) ein und liefert einige praktische Beispiele. Ein weiterer PIKO-BRIEF (Nr. 10) zum Thema »Methodenvielfalt« befasst sich mit der Ebene der Methodenwerkzeuge (Box 6). In PIKO-BRIEF 11 werden Varianten „Forschenden Lernens“ diskutiert.

<sup>1</sup> Anfertigen eines Begriffsnetzes zu einem Sachgebiet (vgl. PIKO-BRIEF 13 Methoden der Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung).

# Methodenvielfalt im Physikunterricht



## ***Vielfalt methodischer Großformen***

Nachfolgend werden einige Großformen von Unterricht sowie Unterkategorien kurz vorgestellt (ohne Anspruch auf Vollständigkeit). Beispiele für den Physikunterricht sollen die Umsetzung grob illustrieren und zu eigenen Weiterentwicklungen anregen; ausführlichere Entwürfe findet man in den angegebenen Quellen. Die Darstellungen orientieren sich in Teilen an Kircher, Girwidz & Häußler (2009), Meyer (1987) und Bauer (2003a).

## **Projektarbeit<sup>2</sup>**

*Projektarbeit* kann in Projektwochen oder auch in Phasen des regulären Unterrichts, in oder außerhalb der Schule, durchgeführt werden. Gefordert und gefördert wird eine Vielzahl unterschiedlicher Kompetenzen, die mit der Zielsetzung in Verbindung stehen (z.B. auch im Bereich Organisation, handwerkliches Arbeiten, motorische Fertigkeiten, ...). Ergebnis der Arbeit soll ein eigenes Produkt aus Schülerhand sein. Aufgearbeitet werden oft komplexe, situationsbezogene, fachübergreifende Fragestellungen, die in unserer Gesellschaft bzw. im täglichen Leben relevant sind. Die Lernenden arbeiten zumeist in Gruppen und sind aktiv in den Prozess der Planung und bei der Gestaltung der Projektarbeit mit einbezogen. Die Lehrkraft tritt als Organisator und Berater auf. Frey (1982) beschreibt das Grundmuster eines Projektes wie folgt: Projektinitiative (Lehrer und/oder Schüler), Rahmensetzung, Projektplanung, Projektarbeit, Abschluss (Reflexion, Präsentation).

### Weitere Formen:

- Unter einem *Vorhaben* versteht man meist ein kleineres Projekt.
- *Projektorientierter Unterricht* setzt nur einige Merkmale der Projektarbeit um und orientiert sich stärker an der herkömmlichen Unterrichtsstruktur.

Beispiel: Ein Projekt zum „Fliegen“ für die 7. Klasse mit einem Zeitumfang von 3 bis 5 Monaten (evtl. auch kürzer) kann folgende Themen beinhalten: Fallen und Gleiten verschiedener Objekte; Wirkungsweise von Tragflächen; Rückstoßprinzip; Bau verschiedener Fluggeräte: Heißluftballon, Segelflugzeug, Papierdrachen, Helikopter, Rakete; Vogelflug; Geschichte des Fliegens; Weltraumfahrt; Berufsbilder; Tourismus und Umweltaspekte (Mie & Frey, 1994, S.105ff).

Weitere Themen: Lautsprecherboxen bauen, Musikinstrumente herstellen, Treibhauseffekt, Kernenergie, Fahrradprojekt, Basteln am Moped u.v.a. (Hepp, 2001; Mie & Frey, 1994).

## **Workshop-Ansatz**

Den *Workshop-Ansatz* kennzeichnet ein geführtes entdeckendes Lernen in einem begrenzten zeitlichen Rahmen. Er lässt Schülern Raum für Selbststeuerung und Selbstkontrolle. Die Lernenden sollen von eigenen Erfahrungen und Beobachtungen ausgehen und bekommen dann Arbeitsaufträge, die sie dazu anleiten, physikalische Vorgänge zu beschreiben, Vorhersagen zu machen, Experimente durchzuführen und Ergebnisse (vor dem Hintergrund der Hypothesen) zu interpretieren (Mikelskis & Mikelskis-Seifert, 2002). Eine Workshop-Einheit beginnt typischerweise mit einer von der Lehrkraft geleiteten Diskussion mit der gesamten Lerngruppe über ein Phänomen, in der Schülervorstellungen (PIKO-BRIEF 1) zu Tage treten. Dann bearbeiten Kleingruppen ausgewählte Problemstellungen anhand von Arbeitsaufträgen, die zum Experimentieren, Simulieren und Modellbilden anregen.

Beispiel: Eine Unterrichtsreihe „Optik“ für die Klasse 10 mit dem Simulationsprogramm „phenOpt“<sup>3</sup> dauert ca. 13 Schulstunden (inkl. Lernerfolgskontrolle). Das Vorgehen beinhaltet:

<sup>2</sup> s. als Beispiel für ein Projekt den PIKO-UNTERRICHTSENTWURF 5.10 „Ich geb Gas – das macht Spaß“.

<sup>3</sup> Über den Autor Helmut Mikelskis zu beziehen: [helmut@mikelskis.de](mailto:helmut@mikelskis.de)

Diskussion im Plenum über die Natur von Licht, Kleingruppenarbeit (mit „phenOpt“) anhand von Arbeitsbögen zu den Themen Reflexionsgesetz, Spiegel, Brechungsgesetz, Totalreflexion, Prisma, Dispersion, optische Linsen (Mikelskis & Mikelskis-Seifert, 2002, S.18f).

### Lernen an Stationen<sup>4</sup>

Für ein *Lernen an Stationen* wird eine Unterrichtseinheit in mehrere Lern- bzw. Aktionsblöcke gegliedert. Zu jeder Sinneinheit bereitet die Lehrkraft eine Station mit Materialien, Arbeitsaufträgen sowie Hinweisen vor. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten in Kleingruppen, wobei die Reihenfolge der Stationen je nach Thematik fest vorgegeben oder beliebig wählbar ist. Vorgegeben durch die Stationen ist ein Wechsel verschiedener Lern-, Aktionsformen und Medien gut möglich: Informationsbeschaffung z.B. aus Bildern, Videofilmen, Multimedia-Software; Experimentieren; Ideen entwickeln; Wiederholen, Üben, Spielen, Anwenden. Darüber hinaus bietet das Stationenlernen die Möglichkeit zur Differenzierung über zusätzliche Stationen oder Arbeitsaufträge. Auch bei dieser Form offeneren Lernens empfiehlt es sich, mindestens am Ende eine Phase der Ergebnissammlung anzusetzen, z.B. im Klassenplenum.

Verwandte Formen: *Lernstraße* und *Lernzirkel* orientieren sich am Zirkeltraining im Sport und dienen in der Urform vor allem zum Wiederholen und Üben. Die *Lerntheke* differenziert weniger nach Lerntypen und Zugangsweisen (Bauer, 2003b).

Beispiel: Lernen an Stationen - Elektrizitätslehre (Hepp, 1999).

Weitere Themenvorschläge: Lernen an 6 Stationen mit Experimenten zum Thema Energie und Energieversorgung sowie Stationen mit dem „Solarkoffer“ und dem „Windkoffer“ (TEAG, 2003).

### Spiele

Nicht zu unterschätzen ist das Potential von Spielen im Unterricht (Kircher, 2009; Labudde, 2009). Bei entsprechenden physischen Voraussetzungen kann der Lehrer durchaus auch selbst teilnehmen (Abb. 1). Spielen macht Freude, setzt Kreativität frei und hilft Problemstellungen von anderen Seiten zu sehen und neue Lösungen zu finden. Dies kann auch die Einstellung zur Physik positiv beeinflussen. Außerdem ist Kreativität ein essentieller Bestandteil des Forschungsprozesses. Beim Spielen können andere als die im Physikunterricht üblichen Kompetenzen eingehen (u.a. implizites Alltagswissen, eventuell Geschicklichkeit, handwerkliche und darstellerische Fähigkeiten). Schüler, die sonst im Hintergrund stehen, können Anerkennung und Selbstbewusstsein gewinnen. Das Moment des Spielglücks durchbricht die starre Erfolgsorientierung in der Klasse. Zusätzlich werden bei vielen Spielen Fähigkeiten zur Teamarbeit und zur Kommunikation gefördert.

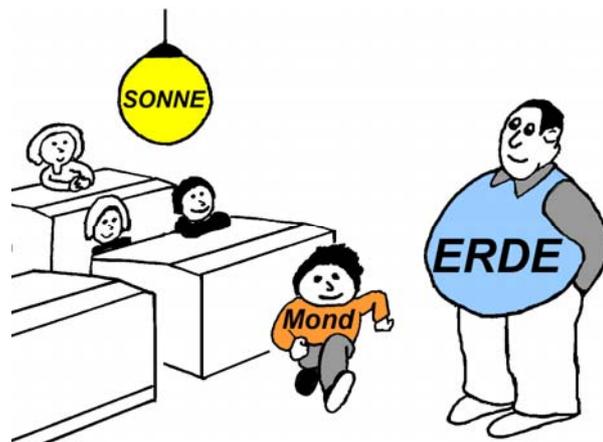


Abb. 1: Gespielte Physik

Anhand der Kategorisierung von Einsiedler (1991) sollen einige Beispiele genannt werden:

<sup>4</sup> s. Beispiele für Lernen an Station in den PIKO-UNTERRICHTSWÜRFEN 5.3 (Das Leben ist bunt – Farblehre & Farbsehen), 5.6 (Verkehrssicherheit als Kontext für die Mechanik), und 5.8. (Radioaktivität mit offenen Unterrichtsmethoden).

- Geschicklichkeitsspiele (z.B. einen Weg durch ein Spiegellabyrinth finden).
- Gespielte Physik (Schüler spielen Gasteilchen, Elektronen, Sonnen- und Mondfinsternis...).
- Phantasie- und Rollenspiele (z.B. historische Szenen oder „Ein Außerirdischer in der Großstadt“).
- Bauspiele (Brücken, Fluggeräte, Schiffe, ...).
- Regelspiele mit Wettbewerbscharakter und/oder Kooperationsbedarf (z.B. Würfel-, Kartenspiele mit Frage & Antwort).

Weitere Quellen und Untersuchungen: Aufschnaiter (1980); Schwedes (1982).

## **Exkursion**

Exkursionen bieten die Möglichkeit, das Fach Physik aus einem einseitigen organisatorischen Kontext, der „Schulphysik“ im Klassenzimmer, herauszuführen und seine Inhalte und seine Relevanz in der außerschulischen Welt zu entdecken. Exkursionen können zu Einblicken in verschiedene Bereiche der Gesellschaft mit Berührungspunkten zur Physik verhelfen, so z.B. in die Berufswelt, die Bereiche von Entwicklung und Produktion und in die Welt der Forschung und Wissenschaft. Vor- und Nachbereitung sollten sicherstellen, dass die Schülerinnen und Schüler Bezüge zwischen den Unterrichtsinhalten und der Exkursion herstellen können, so dass letztere nicht *nur* ein singuläres Ereignis bleibt. Die Faktoren „Spaß“ und „Erlebnis“ spielen bei Exkursionen eine große Rolle.

In den letzten Jahren haben viele Institutionen Gelegenheiten für außerschulisches Lernen mit physikalischen Bezügen geschaffen. Zu nennen sind Unternehmen (z.B. Energieerzeuger, Mikroelektronikindustrie, Fahrzeug-, Flugzeugbau, ...), Wissenschaftliche Museen / Science Center; Physikvorlesungen für Schüler; Forschungseinrichtungen; Schülerlabore (Angebote z.B. unter: [www.lernort-labor.de](http://www.lernort-labor.de)).

## **Expertenbesuche**

Für authentische Bezüge und die Einbindung der beruflichen, gesellschaftlichen und technischen Welt in den Unterricht bieten sich Expertenbesuche an. Aktuelle Berichte aus Anwendungsfeldern der Physik und die Fachkompetenz des Experten können die Möglichkeiten der Lehrkraft ergänzen. Experten öffnen die Schule für das Erleben des Alltags im Kontext physikalischer Anwendungsbereiche.

## **Methodenvielfalt**

Im PIKO-BRIEF 4 (Merkmale „guten“ Physikunterrichts) wird betont, dass Methoden- und Medienvielfalt wichtig sind, dass sie aber nicht zum Selbstzweck werden dürfen. Es wird hervorgehoben, dass Entscheidungen über Methoden und Medien immer in Abstimmung mit den anderen Komponenten des Unterrichts und den Perspektiven der Lernenden zu treffen sind.

Außerdem sollen neue Methoden nicht traditionelle Formen von Unterricht völlig verdrängen. Herkömmliche Lehr-Lern-Formen prägen einen Großteil des schulischen Unterrichts und werden auch in Zukunft Bedeutung behalten. So kann es Sicherheit bieten und zeitökonomisch sein, auf bewährte Formen und Entwürfe zurückzugreifen.

Im Sinne einer Weiterentwicklung der Lehr-Lernkultur möchte das Programm PHYSIK IM KONTEXT aber die „Monokultur“ des fragend-entwickelnden Unterrichts öffnen. Der Unterricht kann durch folgende Elemente bereichert werden, um Schülerinnen und Schüler zu aktivieren und zu motivieren (vgl. auch den PIKO-BRIEF 1):

- Darstellung von Ideen und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler.
- Aufgreifen und Weiterverfolgen von Schülervorstellungen (echte Interaktion, ggf. auch mit Irrwegen).
- Zusammenstellen verschiedener möglicher Antworten und Lösungen (von Schülern).
- Diskussion von Schülergruppen untereinander und mit der Lehrkraft.
- Dazwischenschalten von Gruppenaufgaben, Diskussion von Lösungswegen.

Jede der genannten Formen des Lehrens und Lernens kann helfen, bestimmte Lernziele zu erreichen, bestimmtes Wissen oder bestimmte Kompetenzen zu fördern. Nicht alle Ziele werden in verschiedenen Lehr-Lern-Formen gleich gut umgesetzt. Eine umfassende, realistische und längerfristig einsetzbare Konzeption für Lehren und Lernen wird daher anstreben, verschiedene Formen und Methoden wechselseitig ergänzend einzusetzen.

Sicherlich wird jede Lehrkraft ihre eigenen Akzente setzen. Zudem hat jede Klasse, jeder Kurs spezifische Eigenheiten. Übergeordnetes Ziel sollte es sein, auch bewährte Schemata neu zu durchdenken und gute Formen- und Methodenmischungen kontinuierlich weiterzuentwickeln.

### **Zitierte Literatur**

- Aufschnaiter, S. v. (1980). Spielorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 12, 405-407.
- Bauer, R. (2003a). *Offenes Arbeiten in der Sekundarstufe I. Ein Praxishandbuch*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Bauer, R. (2003b). Offenere Unterrichtsformen. In R. Bauer (Hrsg.) *Offenes Arbeiten in der Sekundarstufe I. Ein Praxishandbuch* (pp. 41-58). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Einsiedler, W. (1991). *Das Spiel der Kinder*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Frey, K. (1982). *Die Projektmethode*. Weinheim: Beltz.
- Hepp, R., Hrsg. (1999). Lernen an Stationen - Elektrizitätslehre. *Unterricht Physik*, 10, Heft 51/52.
- Hepp, R., Hrsg. (2001). Projektorientierter Unterricht. *Unterricht Physik*, 12, Heft 63/64.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P., Hrsg. (2009). *Physikdidaktik – Theorie und Praxis*. Berlin: Springer Verlag.
- Kircher, E. (2009). Methoden im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 149-202). Berlin: Springer Verlag.
- Labudde, P. (2009). Aktuelle Methoden III – Spiel. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 404-422). Berlin: Springer Verlag.
- Meyer, H. (1987). *Unterrichtsmethoden Bd. 1: Theorieband*. Frankfurt a.M.: Scriptor.
- Mie, K. & Frey, K. (1994). *Physik in Projekten*. Köln: Aulis.
- Mikelskis, H. F. & Mikelskis-Seifert, S. (2002). Physikunterricht aktiv und interaktiv. Workshop-Ansatz mit dem Simulationsprogramm "phenOpt". *Unterricht Physik*. 13, Heft 69, 16-19.
- Schwedes, H. (1982). Spielorientierte Unterrichtsverfahren im Physikunterricht. In H. Fischler (Hrsg.) *Lehren und Lernen im Physikunterricht* (pp.220-243). Köln: Aulis.
- TEAG (Thüringer Energie AG) (2003). Lernen an Stationen. Experimente zum Thema Energie und zur Arbeit mit dem Wind- und Solarkoffer: TEAG.

### **Weitere Hinweise**

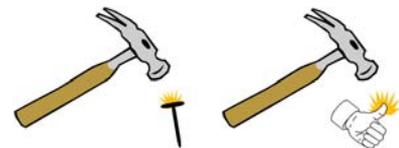
- Hepp, R., Krüger, A., & Leisen, J., Hrsg. (2003). Methodenwerkzeuge. *Unterricht Physik*, 14, Heft 75/76.
- Kircher, E. (2009). Methoden im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, R. & P. Häußler, Hrsg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis*. (pp. 149-202). Berlin: Springer.
- Mikelskis-Seifert, S. & Rabe, T., Hrsg. (2007). *Physik Methodik – Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Scriptor.

In den **PIKO- UNTERRICHTSENTWÜRFEN** sind viele Beispiele für Methoden zu finden, die eigenständiges Arbeiten der Schülerinnen und Schüler erlauben.

## Methodenwerkzeuge

DER PIKO-BRIEF 9 zur Methodenvielfalt lieferte einen Überblick über verschiedene Ebenen für methodische Entscheidungen. Daran anknüpfend werden in dem vorliegenden Brief (Methoden-) Werkzeuge als Elemente des Unterrichts behandelt. Hepp, Krüger und Leisen (2003) verstehen unter "Methodenwerkzeugen" methodische Elemente, die innerhalb einer Unterrichtseinheit mit dem Ziel eingesetzt werden, physikalisches Lernen anzustoßen. Dabei betont der Ausdruck „Methodenwerkzeug“ den funktionellen Charakter für bestimmte Zielsetzungen.

Die hier vorgestellten Werkzeuge sollen zum Nachdenken anregen, den Unterricht organisieren und attraktiv gestalten sowie kooperatives und selbstgesteuertes Lernen fördern. In der Regel ist aber der effektive Umgang mit Werkzeugen einzuüben (damit sie den "Nagel auf den Kopf treffen").



Die nachfolgenden Beispiele sind entsprechend der Abb. 1 nach kognitiven Aktivitäten gegliedert, die mit den Werkzeugen angestoßen werden sollen.

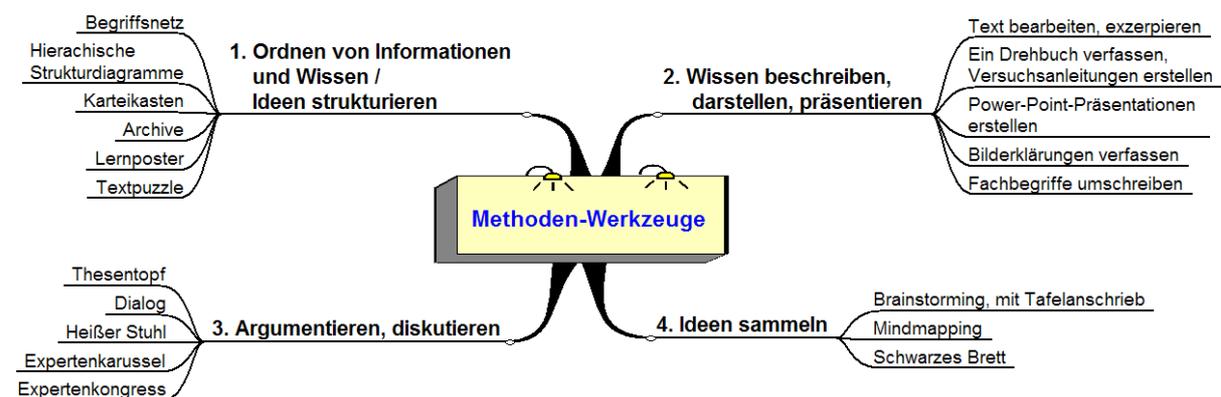


Abb. 1: Übersicht über die hier beschriebenen Methodenwerkzeuge.

### 1. Ordnen von Informationen und Wissen / Ideen strukturieren.

#### Begriffsnetz<sup>1</sup>

Begriffe und ihre Beziehungen werden bildhaft in einer Netzstruktur zusammengestellt. Zusammenhänge sollen deutlich werden. Zusätzlich können Bilder die Verknüpfung zur Praxis aufzeigen.

Begriffsnetze und Mindmaps (s. unten) können an der Tafel, im Heft oder mit einfachen Programmen am PC erstellt werden.

<sup>1</sup> Zu den Begriffsnetze zählen auch Concept Maps (s. dazu PIKO-BRIEF 13).

## Hierarchische Strukturdiagramme

Charts und Strukturdiagramme veranschaulichen inhaltliche Gliederungen und/oder begriffliche Zuordnungen mithilfe von einfachen grafischen Mitteln (Abb. 2).

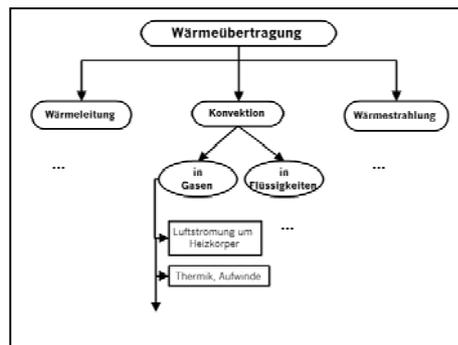


Abb. 2: Chart zur Wärmeübertragung

## Karteikasten

Zu abgegrenzten Themen oder Begriffen können Schülerinnen und Schüler selbst Texte und Daten zusammenstellen und archivieren. Das Ziel kann eine Übersicht zur Wiederholung und/oder Prüfungsvorbereitung sein.

Zwei Beispiele: Karteikarten zu verschiedenen Energieträgern; Karten zu verschiedenen Himmelskörpern.

## Archive

Gesammelt werden Materialien und Informationsbausteine zur Auseinandersetzung mit einer Thematik. Quellen können Printmedien (Fachbücher, Nachschlagewerke, Zeitschriftenartikel), Bild- und Tonmedien (Videokassetten, Fernsehaufnahmen), Geräte (Gegenstände, authentisches Material) oder elektronische Medien (CD-ROM, Internet, Datenbanken) sein. Eine Zielvorgabe kann das Erstellen von Textcollagen, Referaten oder Präsentationen sein.

## Lernposter<sup>2</sup>

Poster geben eine bildhafte Übersicht über verschiedene Bereiche einer Thematik, z.B. das Poster „particle adventures“ über Bereiche der Kern- und Teilchenphysik (<http://particleadventure.org/edumat.html>). Lernposter zu Einzelthemen einer Unterrichtseinheit können aber auch von Schülerinnen und Schülern selbst zusammengestellt werden.

## Textpuzzle

Ungeordnete Wörter und Fachbegriffe werden vorgegeben und sollen in eine sachlogische Reihenfolge oder zu sinnvollen physikalischen Aussagen zusammengebracht werden.

Ein einfaches praktisches Beispiel: Zwei zusammenfassende Lehrsätze können in Einzelworte geschnitten und gemischt vorgelegt werden.

## 2. Wissen beschreiben, darstellen, präsentieren

### Text bearbeiten, exzerpieren

Kleingruppen sollen aus einem Lehrbuchtext oder einem historischen Text die wesentlichen Aussagen zusammenfassen. Die Ergebnisse werden ausgetauscht und von den Gruppen gegenseitig korrigiert bzw. ergänzt.

### Ein Drehbuch verfassen, Versuchsanleitungen erstellen

Für einen „Experimentalvortrag“ erstellen Schülergruppen Anleitungen für Demonstrationsexperimente und zusätzlich kurze Erklärungen zum physikalischen Hintergrund.

<sup>2</sup> Ein Beispiel für ein Lernposter findet sich in Abb.1. des PIKO-BRIEFS 8.

### **Power-Point-Präsentationen erstellen**

Digitales Bildmaterial und Texte werden vorgegeben. Schülerinnen und Schüler erarbeiten in Kleingruppen eine Präsentation zu ausgewählten Themen (z.B. zur Stromerzeugung, zu elektrischen Haushaltsgeräten). Die Gruppen stellen ihre Präsentationen und Erklärungen der ganzen Klasse vor.

### **Bilderklärungen verfassen**

Bilder, auf denen physikalische Phänomene oder technische Anwendungen zu erkennen sind, werden vorgegeben. Die Aufgabe besteht darin, Bildunterschriften bzw. mehrere erklärende Sätze zu den entsprechenden physikalischen Sachverhalten, technischen Umsetzungen oder Anwendungen zu erstellen.

### **Fachbegriffe umschreiben**

Hierbei handelt es sich um ein Wettbewerbsspiel zwischen zwei Gruppen (entspricht dem Gesellschaftsspiel „Tabu“<sup>3</sup>). Jede Partei stellt in wechselnder Reihenfolge einen Sprecher. Dieser muss in einer vorgegebenen Zeit Fachbegriffe umschreiben, die ihm auf einer Karteikartensammlung vorgegeben werden. Auf den Karten sind auch nicht erlaubte Begriffe vermerkt. Die eigene Partei muss in der vorgegebenen Zeit möglichst viele Begriffe "erraten". Die Gegenpartei überwacht, dass keine unerlaubten Begriffe verwendet werden und kontrolliert die Zeit.

### **3. Argumentieren, diskutieren**

Die folgenden Darstellungen sind von Leisen (2003) übernommen.

#### **Thesentopf**

Eine Sammlung von Pro- und Kontra-Thesen dient als Ausgangspunkt für ein "Streitgespräch" oder eine mündliche Fachdiskussion.

Die Lernenden ziehen aus einem „Topf“ Karten, auf denen verschiedene Thesen zu einem Sachverhalt formuliert sind. Sie erarbeiten sich Argumente für die Position, die auf der gezogenen Karte vorgegeben ist. In einer Diskussion sollen sie diese Position durch Argumente verteidigen. Das Thema muss kontrovers diskutierbar sein; die Methode ist anspruchsvoll.

#### **Dialog**

Es geht um die lebendige Darstellung eines physikalischen Sachverhaltes in Form eines szenischen Dialogs. Ein physikalischer Sachverhalt (z.B. der Auftrieb) wird in einem Dialog vorgestellt bzw. diskutiert (z.B. in dem Dialog zwischen Archimedes und König Hieron).

Ein vorgegebener Dialog kann nachgespielt werden; es können aber auch eigene Dialoge verfasst werden.

#### **Heißer Stuhl**

Es geht um ein wettkampftartiges Lernspiel, in dem Schülerinnen bzw. Schüler vom „heißen Stuhl“ aus Fragen zu Begriffen, Bildern oder Symbolen beantworten.

Das Spiel hat verschiedene Varianten. Beispielsweise können mehrere Schülerinnen und Schüler kurz vor das Klassenzimmer gehen, während physikalische Begriffe ausgewählt und an die Tafel geschrieben werden. Mehrere Schüler können auch gleichzeitig auf "heiße Stühle" gesetzt werden. Damit lässt sich ein „Reden über Physik“ üben.

#### **Expertenkarussell**

Arbeitsrunden, in denen Schüler abwechselnd die Rolle eines Erklärenden oder eines Fragestellers einnehmen.

---

<sup>3</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Tabu\\_\(Spiel\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Tabu_(Spiel))

## Expertenkongress

Die Gruppenmitglieder machen sich zunächst in einer Vorphase zu einem Thema fachlich kompetent. Dazu wird Informationsmaterial bereitgestellt (evtl. kann dies auch eine Hausaufgabe sein). Dann kommt die Gruppe zusammen und bearbeitet vorgegebene Aufgaben und Fragestellungen.

## 4. Ideen sammeln

### Brainstorming, mit Tafelanschrieb

Zu einem Themenkomplex (z.B. zu Fragen der Energieversorgung) werden Begriffe bzw. Ideen gesammelt und an der Tafel festgehalten. Die Situation soll möglichst offen bleiben und kreative Ideen ermöglichen. Der Lehrer muss zurücktreten können und gibt ggf. nur Impulse. Nach der ersten Sammlung können die Begriffe kategorisiert und geordnet werden.

### Mindmapping

Gestartet wird mit einem zentralen Begriff, der an der Tafel, auf einem Blatt oder am Computer ins Zentrum gestellt wird. Davon ausgehend werden verschiedene Äste (Unterbegriffe oder verschiedene Aspekte) abgezweigt (siehe Abb. 3). Die Aststruktur wird immer weiter ausgeführt. Oft wird erst eine Grobstruktur, d.h. die zentralen Äste gezeichnet; dann werden Details dargestellt.

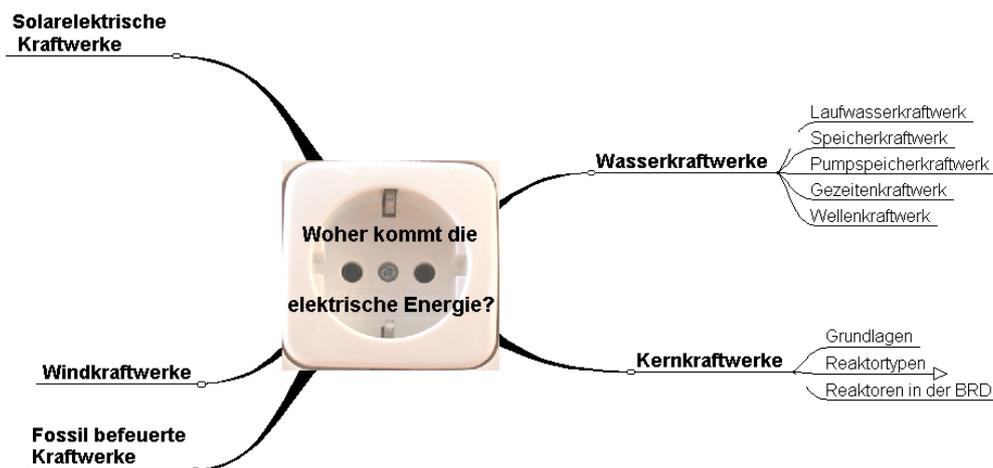


Abb. 3: Mindmap zu Kraftwerken.

### Schwarzes Brett

An einem schwarzen Brett werden vor Behandlung eines Themas Fragen und Ideen über einen längeren Zeitraum hinweg angesammelt.

Nach der Unterrichtseinheit können dort spezifische Anwendungen oder weitere Fragen gesammelt werden.

### Zitierte Literatur

Hepp, R., Krüger, A., & Leisen, J., Hrsg. (2003). Methodenwerkzeuge. *Unterricht Physik*, 14, Heft 75/76.

Leisen, J. (2003). Über Physik reden. *Unterricht Physik*, 14, Heft 75/76, 48-49.

**PIKO-BRIEF NR. 11** (Februar 2010)**Forschendes Lernen**

Autor: Thorsten Bell



***Schülerinnen und Schüler können vielfältige Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens erwerben, wenn der Unterricht Elemente forschenden Lernens aufgreift***

TIMSS und PISA haben deutschen Schülerinnen und Schülern einigen Nachholbedarf in Sachen „naturwissenschaftliche Grundbildung“ bescheinigt. Darunter wird die Fähigkeit verstanden, „naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (Baumert, Klieme et al. 2001, S. 198). Zu den Zielen von PHYSIK IM KONTEXT gehört folgerichtig die Förderung naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens im Schulunterricht (Leitlinie 2). Naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten im Unterricht bedeutet, dass Schülerinnen und Schüler selbst im kleinen Maßstab das nachvollziehen, was Wissenschaft tut: Forschen und Entdecken (s. PIKO-BRIEF 6). Der vorliegende Text soll einige Anregungen geben, wie dies im Physikunterricht verschiedener Klassenstufen aussehen kann. Dabei wird auch auf Methoden zurückgegriffen, die in den PIKO-BRIEFEN 9 und 10 zu Methodenvielfalt vorgestellt werden.

***Ein gelungenes Beispiel aus der Praxis***

Wie forschendes Lernen in der Praxis aussehen kann, soll ein Erfahrungsbericht illustrieren: Mr. Gilbert, ein Lehrer in den USA, führt in Klasse 7 eine größere Einheit über das Sonnensystem durch. Ein Abschnitt über die Mondphasen setzt verschiedene Facetten forschenden Lernens um (entnommen aus CSMEE, 2000).

Zu Beginn lässt Mr. Gilbert seine Schüler aufschreiben, was sie über den Mond bereits wissen und welche Fragen sie zum Mond haben, und dies mit einem Partner diskutieren. Die Schülerbeiträge werden zu einer Klassenliste zusammengeführt; die Phänomene der Mondphasen und der Mondfinsternis tauchen – erwartungsgemäß – an zentraler Stelle auf. Mr. Gilbert lässt die Schüler berichten, woher sie ihr Vorwissen haben: Eigene Beobachtungen werden selten genannt, jedoch von allen als beste Quelle eingeschätzt. Nun schließt sich eine Phase des Beobachtens und Datensammelns an. Mr. Gilbert gibt Vierergruppen von Schülern den Auftrag, jeden Abend einmal folgende Dinge in ein Protokollbuch einzutragen: Datum, Zeit, Himmelsbedeckung und Elevations- und Azimutwinkel des Mondes sowie das Aussehen des Mondes. Die Schüler messen den Azimut mit einem Kompass und die Elevation mit einem selbstgebauten Sextanten (aus einem Winkelmesslineal, einem Strohhalm, einer Schnur und einem kleinen Gewicht; Abb. 1). Mr. Gilbert unterstützt die Messungen am ersten Abend. Danach führen die Schüler sie selbstständig über fünf Wochen aus, während der Unterricht sich zwischenzeitlich anderen Themen zuwendet.

Nach fünf Wochen haben die Schülergruppen ihre Beobachtungen in der Klasse ausgehängt und begutachten sie gegenseitig; Entwicklungen und wie-

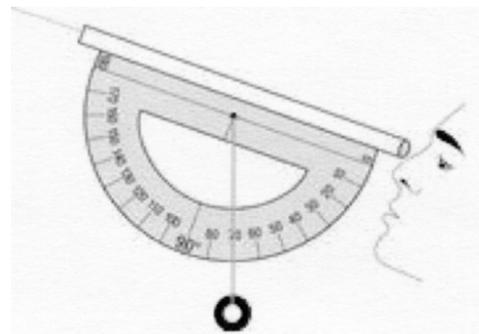


Abb. 1: Ein einfacher Sextant  
(nach CSMEE, 2000)

derkehrende Muster werden beschrieben. In Gruppen suchen die Schüler nun nach Erklärungen für diese Muster. Es entstehen im Wesentlichen zwei Erklärungen: a) Die Erde wirft Schatten auf den Mond, b) Die dunklen Teile des Mondes sind nicht von der Sonne beleuchtet. Nun werden je nach Erklärung neue Gruppen gebildet, die ihre Auffassung durch Skizzen illustrieren sollen.



Abb. 2: Selbstbau-Modell von Sonne, Erde und Mond  
<http://www.erdeundhimmel.de/astro/selbstbau/planetenmodell.html>

Dann leitet Mr. Gilbert eine Phase der Modellbildung<sup>1</sup> ein, indem er vorschlägt, eine kleine Kugel auf einen Zahnstocher zu stecken und damit am ausgestreckten Arm unter freiem Himmel zu experimentieren. Die Schüler entwickeln die Idee, ihre Hypothesen durch Untersuchungen an einem größeren Modell, bestehend aus Globus, Tennisball und Lampe, zu testen.<sup>2</sup> Erste Versuche mit diesem Modell führen zu einer Ausschärfung der Fragen und genaueren Vorstellungen, was als Beleg für die eine oder andere Erklärung gewertet werden

kann. Mr. Gilbert gibt den Auftrag, zu den Versuchen Zeichnungen anzufertigen; man einigt sich zuvor, welche Elemente diese Zeichnungen vor allem enthalten sollten. In der Phase des Experimentierens und Aufzeichnens geht Mr. Gilbert von Gruppe zu Gruppe und unterstützt die Schüler vorwiegend durch fokussierende Fragen. Insbesondere weist er auf eine gute Darstellung des Zusammenhangs zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung hin. Diese Gespräche vermitteln Mr. Gilbert gleichzeitig einen Eindruck, welchen Stand ihrer Fähigkeiten seine einzelnen Schüler bereits erreicht haben.

In der nächsten Stunde führen alle Gruppen ihre Skizzen und Schlussfolgerungen vor. In einer Klassendiskussion wird die Richtung des Erdschattens als zentraler Beleg herausgearbeitet; man akzeptiert schließlich Erklärung b) und verwirft Erklärung a). Die Frage, was bei umgekehrter Drehung des Mondes um die Erde passiere, regt zur Übertragung des erarbeiteten Wissens an. Einige Schüler werfen nun anhand des Modells die Frage auf, warum es nicht jeden Monat zu Sonnenfinsternissen komme. Mr. Gilbert greift dies auf und regt zum Nachdenken über das Modell, seine Verdienste und seine Grenzen an. Die Schüler ziehen Lehrbücher und andere Quellen heran, um das Modell zu modifizieren. Schließlich gibt Mr. Gilbert den Hinweis, die Ebene der Mondrotation gegen die Ebene der Erddrehung um die Sonne zu verkippen.

Zum Abschluss der Einheit erfolgt ein Blick in die Historie: Die Schüler bringen ihr Wissen über historische Weltbilder ein und stoßen bei Recherchen auf Galileis Beitrag. Anhand ihres neuen Wissens können sie nun begründen, wie Galilei das heliozentrische Bild durch Beobachtung der Phasen von Jupitermonden untermauerte. Die Schüler lernen Wissenschaft als einen Prozess kennen, in dem vormals berechtigte Modelle auf Basis neuer Beobachtungen durch Modelle mit größerem Erklärungspotential abgelöst werden.

Soweit das Unterrichtsbeispiel, das etwa 8-10 Schulstunden zur Durchführung benötigt (zusätzlich Messzeiten der Schüler). Zum Lernbereich Sonnensystem ließen sich anstelle der Mondphasen-Untersuchung auch leicht thematische Varianten formulieren. Zum Beispiel könnten Schüler untersuchen, warum die Mondsichel manchmal steht, manchmal eher liegt;

<sup>1</sup> s. zur Modellbildung auch PIKO-BRIEF 8.

<sup>2</sup> Abb. 2 zeigt eine Variante dieses Vorschlags.

warum die Sonne in tropischen Breiten senkrecht hinter den Horizont fällt; warum sich in unseren Breiten in Frühjahr und Herbst die Tageslänge besonders schnell verändert; warum Planeten vor dem Fixsternhintergrund Schleifenbahnen beschreiben; und anderes mehr.

### ***Die Tradition des forschenden und des entdeckenden Lernens***

Überlegungen zum forschenden Lernen sind nicht neu: Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts arbeitete John Dewey (1910) heraus, dass naturwissenschaftliche Bildung nicht nur aus dem Memorieren von Fakten und Gesetzmäßigkeiten bestehe. Es komme vielmehr auf die Methode des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens an; diese durchziehe, genau genommen, unser ganzes Leben und befähige Menschen, neue Erkenntnisse zu gewinnen. In Deutschland betonte Georg Kerschensteiner (1914), dass naturwissenschaftlicher Unterricht die Fähigkeiten „Beobachten“, „Denken“, „Urteilen“ fördern solle, ein Gedanke der Reformpädagogik der 1920er Jahre. Nach dem zweiten Weltkrieg sprachen sich in den USA Jerome Bruner (1961) für entdeckendes Lernen (*discovery learning*) und Joseph Schwab (1960) für forschendes Lernen (*inquiry learning*) aus. Im Zuge der Reformbemühungen in den 1970er Jahren wurden diese Ideen in Deutschland aufgegriffen. Beispielsweise entwickelten Schmidkunz und Lindemann (1976) ein forschend-entwickelndes Unterrichtsverfahren und illustrierten dies mit Beispielen für den Chemieunterricht; Fries und Rosenberger (1976) und vor allem Plöger (1983) stellten entsprechende Überlegungen für den Physikunterricht an.

In den USA hat sich – u.a. anknüpfend an Dewey (1910) und Schwab (1960) – seit Beginn der 1990er Jahre „inquiry“ als zentraler Aspekt des naturwissenschaftlichen Unterrichts durchgesetzt (Anderson, 2007). Dabei stehen – wie in der bereits oben skizzierten Tradition zwei Gesichtspunkte im Mittelpunkt, einerseits die nachdrückliche Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (PIKO-BRIEF 6) und andererseits (Ideen konstruktivistischer Ansätze aufgreifend; s. PIKO-BRIEF 1) die Betonung des eigenständigen „Forschens“ der Schülerinnen und Schüler. Eine ähnliche Orientierung findet sich in den deutschen Bildungsstandards (s. weiter unten).

### ***Ein Modell des forschenden Lernens***

Man kann forschendes Lernen aus verschiedenen Perspektiven beschreiben. Während bei den deutschen Arbeiten der 1970/80er Jahre der Aspekt der Unterrichtsphasen im Vordergrund steht, lohnt sich auch der Blick auf die Aktivitäten, welche die Schüler bei forschendem Lernen ausführen. Dies trifft sich mit aktuellen Bemühungen, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (vgl. Duit, 2003; Duit et al., 2004) im Unterricht hervorzuheben, und stellt einen deutlichen Bezug zu den neuen deutschen Bildungsstandards her (s.u.).

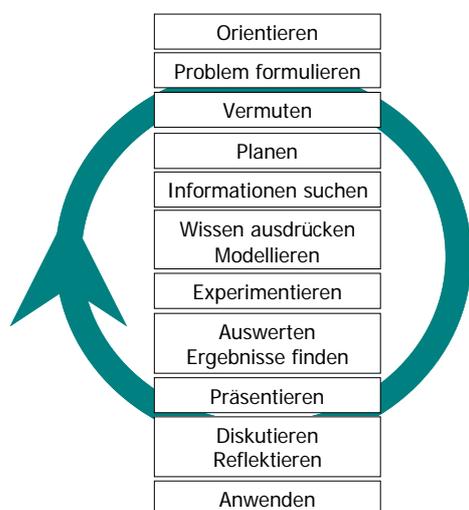


Abb. 3: Mögliche Schüleraktivitäten beim forschenden Lernen

Man kann forschendes Lernen aus verschiedenen Perspektiven beschreiben. Während bei den deutschen Arbeiten der 1970/80er Jahre der Aspekt der Unterrichtsphasen im Vordergrund steht, lohnt sich auch der Blick auf die Aktivitäten, welche die Schüler bei forschendem Lernen ausführen. Dies trifft sich mit aktuellen Bemühungen, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (vgl. Duit, 2003; Duit et al., 2004) im Unterricht hervorzuheben, und stellt einen deutlichen Bezug zu den neuen deutschen Bildungsstandards her (s.u.).

Auch wenn die Wissenschaftstheorie erkannt hat, dass es nicht *die eine* naturwissenschaftliche Methode gibt (PIKO-BRIEF 6), macht es Sinn, mögliche Aktivitäten des forschenden Lernens zu sammeln und sinnvolle Abläufe anzudeuten. Ein solches Modell des forschenden Lernens zeigt Abb. 3. Das Schema ist von oben nach unten zu lesen, aber nicht so zu verstehen, dass hier eine starre Abfolge für alle Fälle vorgeschrieben wird. Allerdings ist es z.B. im Sinne des Schemas, dass Schüler, bevor sie experimentieren, erst einmal die Fragestellung genauer herausarbeiten, beste-

hendes Wissen heranziehen (eigenes und recherchiertes), planen, was sie und wie sie es herausfinden möchten, und Vermutungen über Zusammenhänge von Größen und mögliche Versuchsausgänge und Erklärungen formulieren. Forschen ist immer auch ein kreativer Prozess, dessen genauer Verlauf nicht abzusehen ist. Bei Bedarf kann im Schema gesprungen werden, Aktivitäten wiederholen sich, was durch den Kreis angedeutet wird. Entdeckungsprozesse können sich am ehesten in Bereichen abspielen, die offen, komplex und anfangs unübersichtlich sind. Daher ist sogar besonders zu betonen, dass forschendes Lernen auf mehrere Lernzyklen abzielt: Unter einem Generalthema werden nach und nach neue Fragen entwickelt und bearbeitet. Unter *Modellieren* (PIKO-BRIEFE 6 und 8) wird hier das Ausdrücken von Wissen in jeglicher Form verstanden, vom Herstellen handwerklicher Produkte, über verbale Äußerungen, Skizzen und grafische Modelle bis hin zur mathematischen Modellbildung. *Reflektieren* spielt sich auf verschiedenen Ebenen ab: Die Gültigkeit von Ergebnissen ist zu bedenken, ebenso wie ihre Bedeutung im Kontext des eigenen Lebens oder der Gesellschaft, und auch das Forschen selbst kann thematisiert werden.

Das Ziel des forschenden Lernens besteht darin, Lernende zu aktiver Beteiligung am Unterrichtsgeschehen zu bringen. Ein Haupthindernis für effektives Lernen ist vermutlich *mentale Passivität* („Abschalten“), die sich auch hinter äußerer Geschäftigkeit verbergen kann. Diese Gefahr besteht auch bei einem rein äußerlichen Vollzug forschenden Lernens. Daher sollte darauf geachtet werden, dass gerade die geistig anspruchsvollen Aktivitäten wirklich von den Schülern ausgeführt werden, ggf. schriftlich und mit Kontrolle im Plenum. Insbesondere das *Formulieren des Problems*, das *Planen*, *Modellieren*, und *Vermuten* benötigen Zeit und Sorgfalt.

### ***Forschendes Lernen und die Bildungsstandards***

Die Aktivitäten, die das obige Modell des forschenden Lernens angibt, weisen deutliche Bezüge zu den 2005 eingeführten Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss auf (Duit, Mikelskis-Seifert & Gromadecki, 2007). Die Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer sind in vier Kompetenzbereiche ausdifferenziert und mit Kürzeln versehen:

Umgang mit Fachwissen (F), Erkenntnisgewinnung (E), Kommunikation (K), Bewertung (B).

Das Modell des forschenden Lernens deckt sich u.a. mit folgenden Standards: Schülerinnen und Schüler „wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen aus, prüfen und ordnen sie“ (E3 → *Informationen suchen*), „planen Experimente“ (E8 → *Planen*, was aber auch noch weitreichender gefüllt werden kann), „stellen Hypothesen auf“ (E7 → *Vermuten*), „führen Experimente durch“ (E8), „werten gewonnene Daten aus“ (E9). Die Standards „...verwenden Analogien und Modellvorstellungen zur Wissensgenerierung“ (E4), „wenden einfache Formen der Mathematisierung an“ (E5) und „nehmen einfache Idealisierungen vor“ (E6) finden sich beim *Modellieren* wieder.

Im Rahmen des *Reflektierens* soll die „Gültigkeit empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung“ (E10) beurteilt werden. Das Reflektieren kann aber in vielen Fällen noch darüber hinausgehen und die Betrachtung von „Chancen und Grenzen der physikalischen Sichtweise“ (B1) sowie die Bewertung unter sozialen, ökologischen und historischen Aspekten (B2-B4) einschließen.

Der Umgang mit Fachwissen (F1-F4) muss an vielen Stellen, u.a. beim *Informationen Suchen*, beim *Ausdrücken von Wissen* und beim *Vermuten* Niederschlag finden. Und selbstverständlich sollen die Forschungsaktivitäten von fortgesetzter Kommunikation (K1-K5) begleitet werden, an vielen Stellen am besten in Gruppenarbeit. Ein besonderes Gewicht bekommt hierbei auch das *Präsentieren* am Ende des Projekts, bei dem kreative Formen möglich sind: z.B. ein Vortrag oder ein Posteraushang vor der Klasse oder auch der ganzen Schule. Ergeb-

nisse können auch der weiteren Öffentlichkeit bekannt gemacht werden, z.B. in Zeitungsberichten. Forschendes Lernen zeigt sich somit als in vielfacher Hinsicht sehr geeignet, die Bildungsstandards im Unterricht aufzugreifen.

### ***Schwierigkeiten beim forschenden Lernen und Auswege***

Seit die Methode des forschenden Lernens ausprobiert wird, werden auch auftretende Schwierigkeiten berichtet und diskutiert. So ist bekannt, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler sich mit folgenden Aktivitäten – zumindest anfangs – sehr schwer tut: dem Zuschneiden einer gut zu untersuchenden Forschungsfrage, dem selbstständigen Planen einer Untersuchung, dem Aufstellen sinnvoller Hypothesen, dem systematischen Experimentieren sowie dem Reflektieren eigener Ergebnisse. Auch bei anderen Schritten zeigen sich Probleme. Außerdem fördert forschendes Lernen häufig den Aufbau systematischen Wissens zu wenig. Ist forschendes Lernen dann von vornherein zum Scheitern verurteilt? Nein, dies zeigt das Eingangsbeispiel! Die folgenden Ratschläge sollen umreißen, wie forschendes Lernen in die Praxis umgesetzt werden kann:

- Das Modell des forschenden Lernens soll das – durchaus ferne! – Ziel der Bemühungen anzeigen. Anfängliche Schritte orientieren sich an dem Ziel, müssen aber gangbar und gut durchdacht sein.
- Die Ausbildung zum „kleinen“ Forscher muss langfristig und breit angelegt werden. Die in unteren Klassenstufen noch vorhandene natürliche Neugier der Kinder sollte genutzt und erhalten werden, und das möglichst in vielen Fächern.
- Man muss in einem Unterrichtsprojekt nicht alle Dimensionen des forschenden Lernens gleichzeitig fördern, sondern kann sich über längere Zeiträume immer wieder Teilkompetenzen vornehmen.
- Die Lernenden müssen bei ersten Forschungsbemühungen deutlich unterstützt werden, und zwar auch, wenn diese offene Lernform in *höheren* Klassenstufen erstmals eingeführt werden soll und noch ungewohnt ist. Man kann Lernphasen stark vorstrukturieren und die Schüler führen (siehe Eingangsbeispiel). Dies bedeutet z.B., dass man den Lernenden die Gesamtplanung zunächst abnimmt oder z.B. auch die Forschungsfrage vorgibt. Mit der Zeit kann die Führung Schritt für Schritt ausgeblendet werden.
- Die Lehrkraft muss forschenden Unterricht besonders gut „voraus denken“ und übernimmt dann bei Durchführung in vielen Phasen die Rolle des Beraters (*Coach*) für einzelne Lerngruppen.
- Man muss bei forschendem Lernen eine starke Differenzierung zulassen: Es gibt Schüler, die sich in dieser Lernform endlich einmal entfalten können, andere kommen alleine nicht sehr weit und benötigen besonders viel Unterstützung. Alle Schüler sollen die Möglichkeit haben, in ihrem jeweiligen Horizont eigene Kompetenz zu erleben.
- Um zu vermeiden, dass nichts Greifbares vom Unterricht hängen bleibt, sollte es lehrergeführte Unterrichtsphasen geben, in denen Wissen systematisch aufbereitet und zur Verfügung gestellt wird, evtl. schon vor dem Forschen.
- Reflexion über gewonnene Ergebnisse und über die Methode des Forschens benötigt deutliche Anleitung. Auch diese Reflexion führt dazu, dass Schülern besser bewusst wird, was sie beim Forschen gelernt haben.

### ***Forschendes Lernen – lohnt sich die Mühe?***

Die Umsetzung forschenden Lernens ist zugegebenermaßen eine große Herausforderung für Schüler und Lehrer. Ein gewichtiges Argument spricht dafür, die Herausforderung anzunehmen: Forschendes Erkunden ist keineswegs ein auf die Naturwissenschaften oder gar auf die Physik beschränktes Vorgehen, sondern durchzieht in der Tat – in der einen oder anderen Form – alle Bereiche des Lebens. Forschendes Lernen soll den Schülerinnen und Schülern zur Fähigkeit verhelfen, sich ihr Leben lang aktiv neues Wissen und neue Kompetenzen anzueignen.

**Zitierte Literatur**

- Anderson, R. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In S.K. Abell & N.G. Lederman, Hrsg., *Handbook of Research on Science Education* (pp. 807-830). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Baumert, J., E. Klieme, et al. (2001). PISA 2000: *Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Bruner, J.S. (1961). *The act of discovery*. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.
- CSMEE - Center for Science, and Engineering Education - Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards - A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC, National Academy Press.
- Dewey, J. (1910). Science as subject matter and as method. *Science*, 31, 121-127.
- Duit, R., Mikelskis-Seifert, S., & Gromadecki, U. (2007). „Erkenntnisgewinnung“ in den Bildungsstandards Physik. *Unterricht Physik*, 18, Heft 97, 12-19.
- Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L., Hrsg. (2004): *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5-10*. Seelze: Friedrich Verlag.
- Duit, R., Hrsg. (2003). *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht Physik*, 14, Heft 74.
- Kerschensteiner, G. (1914). *Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Leipzig: Teubner.
- Plöger, W. (1983). *Forschender Physikunterricht*. Ansbach: Prögel.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1976). *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Harms Pädagogische Reihe). München: Paul List Verlag.
- Schwab, J. (1966). *The Teaching of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

**Weitere Hinweise**

- (1) Plöger (1983) macht viele Vorschläge, wie verschiedene Themen der Physik zum forschenden Lernen aufbereitet werden können.
- (2) Duit (2003) sowie Duit et al. (2004) bieten Unterrichtskonzepte und Materialien zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen an.
- (3) Forschendes Lernen lässt sich auch mit geeigneter Software unterstützen. Die folgenden drei Beiträge erläutern, wie sich Software zum grafischen Modellieren gewinnbringend in einem Projekt zum Thema „Treibhauseffekt“ einsetzen lässt:
  - Bell, T. & Schanze, S. (2005). Modellbildung zum Thema Treibhauseffekt. *Computer und Unterricht*, 15(57), 24-27.
  - Schanze, S., Bell, T. & Wünscher, T. (2005). Co-Lab. *Computer und Unterricht*, 15(57), 44-46.
  - Bell, T. (2004). Forschendes Lernen mit Co-Lab. In V. Nordmeier (Hrsg.), *Beiträge der Frühjahrstagung der DPG Düsseldorf 2004 (CD-ROM)*. Berlin: Lehmanns Verlagsbuchhandlung.
- (4) In den **PIKO-UNTERRICHTSENTWÜRFEN** gibt es eine Reihe von Beispielen, wie forschender Unterricht durchgeführt werden kann:
  - 5.3: Das Leben ist bunt – Farblehre & Farbsehen
  - 5.4: Temperatursensoren – Erleben, Verstehen
  - 5.5: Mechanik erleben am Beispiel „Last und Hebel“
  - 5.6: Verkehrssicherheit als Kontext für die Mechanik
  - 5.9: Kernenergie – wieder Energie der Zukunft?
  - 2.10: Ich geb Gas – das macht Spaß
  - 5.11: Körperfettmessung – ein Thema für den Physikunterricht?

**PIKO-BRIEF NR. 12** (FEBRUAR 2010)

## **Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung – Perspektiven aus Theorie und Forschung**

Autor: Christoph T. Wodzinski



### ***Leistungsmessung – ein Hemmnis für Lernprozesse?***

Der Terminus „Leistungsmessung“ hat – insbesondere für Schülerinnen und Schüler, häufig aber auch für Lehrkräfte – einen negativen Beiklang. Für Schülerinnen und Schüler ist Leistungsmessung oft verbunden mit Prüfungs- und Versagensängsten, mit einer Einschränkung des persönlichen Entfaltungsspielraums und mit dem Gefühl, Fehler und Lernschwierigkeiten nicht eingestehen zu dürfen, weil sie sich in einer schlechten Leistungsbeurteilung niederschlagen könnten. Auch Ängste in Bezug auf persönliche Ausbildungs- und Lebenschancen sind oft mit dem Gedanken an Leistungsmessung verbunden. Für Lehrerinnen und Lehrern spielen solche Gesichtspunkte ebenfalls eine Rolle: Leistungsmessung ist für sie häufig gleichbedeutend damit, pädagogische Freiräume aufzugeben, Lernzeit zu verschenken und Entwicklungschancen zu beschneiden.

Es ist aber zu berücksichtigen, dass Leistung nicht nur ein wesentliches Ziel von Lernprozessen, sondern auch ein entscheidender Einflussfaktor ist: Das Erleben eigener Leistungsfähigkeit motiviert. Leistung bietet - in anderen Worten - die „Möglichkeit der individuellen Selbstverwirklichung durch Erfahrung eigener Selbstwirksamkeit“ (Weinert, 2001, 18). Verschiedene Studien haben ergeben, dass eine „objektive“, faire Leistungsbeurteilung die Lernfortschritte aller Schüler begünstigt, wenn der Unterricht an die Lernbedürfnisse und Lernvoraussetzungen der Schüler angepasst wird (Weinert, 2001).

### ***Wie lassen sich Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung definieren? Versuch einer Orientierung im terminologischen Irrgarten***

Im Zusammenhang mit der Beurteilung von Leistung und Lernprozessen ist von Leistungsmessung, Leistungsbewertung und Leistungsbeurteilung, von Lernstandserhebung, Interpretation und Lerndiagnose die Rede. Diese Begriffe werden keinesfalls einheitlich verwendet: Verschiedene Autoren meinen Unterschiedliches, wenn sie z.B. von Leistungsbeurteilung reden. Abbildung 1 versucht, die Zusammenhänge zwischen den Begriffen zu klären.

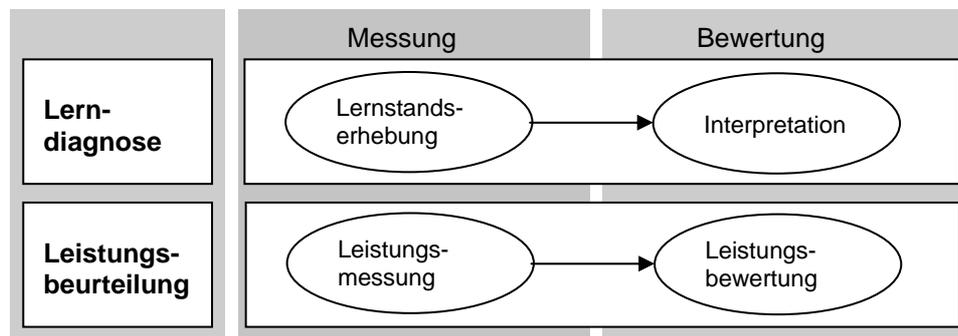


Abb.1. Zusammenhänge zwischen Lerndiagnose, Leistungsbeurteilung, Messung und Bewertung

Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung bestehen aus zwei Schritten: Zunächst wird eine „Leistung“ erhoben oder „gemessen“. Erst daran anschließend wird diese „Leistung“ in Bezug auf ausgewählte Kriterien eingeordnet, d.h. bewertet. Ob man bei der Messung von Leistungsmessung oder Lernstandserhebung spricht, ist eher Geschmackssache – im Grunde geht es um dasselbe. Oft wird mit Lernstandserhebung die Erhebung vor, mit Leistungsmessung die Erhebung nach dem Unterricht bezeichnet. Überträgt man die Problematik aber beispiels-

weise auf den Sportunterricht, zeigt sich, dass es zwischen den gemessenen „Leistungen“ keinen grundlegenden Unterschied gibt: Ein Lehrer, der mit seinen Schülern Weitsprung üben will, wird vielleicht zunächst alle Schüler einmal springen lassen. Er erhält dann einen Überblick über den Lernstand, d.h. über die Leistung, die ein Schüler vor dem Unterricht zu erbringen vermag. Nachdem die Technik des Springens geübt worden ist, wird der Lehrer die Schüler noch einmal springen lassen. Wieder wird ein Lernstand gemessen: die Leistung nämlich, die ein Schüler nach dem Unterricht erbringt. Sowohl vor als auch nach dem Unterricht wird die Leistung des Schülers in Bezug auf ein Kriterium (z.B. die Sprungweite, die ein Schüler mindestens erreichen sollte oder den Mittelwert der Sprungweiten der Klasse) eingeordnet, interpretiert, bewertet. Auch dieser Prozess ist Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung zugleich. Dennoch gibt es zwischen Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung gravierende Unterschiede.

### ***Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung – Sprachspiel oder realer Unterschied?***

Lernen beschreibt den Prozess des Kompetenzerwerbs, der auf sehr unterschiedliche Weise verlaufen kann. Leistung dagegen ist die Fähigkeit, die erworbenen Kompetenzen in einer spezifischen Situation unter Beweis zu stellen. Dabei kann aber nicht die Kompetenz selbst gemessen werden, sondern nur die Fähigkeit, diese Kompetenz in einer Prüfungssituation unter Beweis zu stellen. Wie diese Leistung ausfällt, hängt von Selbstwirksamkeitserwartungen, Leistungsangst und Tagesform sowie von der kommunikativen Kompetenz ab.

Im Prinzip lassen sich Leistung und Lernstand mit denselben Verfahren erfassen. Allerdings erfassen unterschiedliche Verfahren verschiedene Akzente. Während z.B. eine Klassenarbeit im wesentlichen die aktuelle Leistung ermittelt und damit vor allem für eine Leistungsbeurteilung geeignet ist, gibt z.B. ein Portfolio nicht nur Auskunft über die aktuelle Leistung, sondern auch über den Lernprozess. Es lässt sich damit gleichermaßen zur Leistungsbeurteilung wie auch zur Lerndiagnose einsetzen.

Der wesentliche Unterschied zwischen Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung ist das Ziel der Leistungsmessung: Während das Ziel der Leistungsbeurteilung ein abschließendes Urteil ist, besteht das Ziel der Lerndiagnose darin, Informationen über den Lernstand der Schülerinnen und Schüler zu sammeln, um darauf aufbauend Entscheidungen für den Unterricht zu treffen.

Wichtig ist, den Lernenden den Zweck einer Leistungserhebung deutlich zu machen. Die Vermischung von Lern- und Leistungssituationen wirkt sich nämlich ungünstig auf den Lernerfolg (und die Lernmotivation) aus. Das liegt daran, dass es in Leistungssituationen um die fehlerfreie Demonstration erworbener Fähigkeiten geht, während für den Erwerb anspruchsvollen Wissens selbständige, häufig aber auch mit Fehlern verbundene Lernaktivitäten wichtig sind.

### ***Welche Funktionen haben Leistungsbeurteilungen?***

Leistungsbeurteilung und Lerndiagnose haben die folgenden Funktionen:

- (1) *Unterrichtsoptimierung (didaktische Funktion)*. Für die Lehrkraft ist die Einschätzung der Lernvoraussetzungen (Vorkenntnisse, Schülervorstellungen, Interesse, Wissensstand) der Schüler wichtig für die *Unterrichtsplanung*. Die Diagnose der *Lernprozesse* und *Lernfortschritte* bietet eine wichtige Rückmeldung über die *Effektivität* des eigenen Unterrichts, und die Diagnose von *Lernschwierigkeiten* ist wichtig, um den *Unterstützungsbedarf* der einzelnen Schüler einschätzen zu können. Leistungsbeurteilungen dienen also auch dazu, den Unterricht und das Lernen zu verbessern.
- (2) *Schülerrückmeldefunktion (individuelle Förderung, Selbstevaluation)*. Für Schüler ist die Einschätzung des *Wissensstandes* eine Rückmeldung über die eigene *Kompetenz*. Die In-

formation über *Lernzuwächse* ist wichtig als *motivationaler Faktor* sowie für das *Kompetenzerleben*. Die Information über *Lernschwierigkeiten* ist hilfreich zur Einschätzung des für das weitere Lernen nötigen *Lernaufwands*.

- (3) *Entscheidungsfunktion (Schullaufbahnberatung)*. Leistungsbeurteilung hat immer auch eine *Auslesefunktion*: Sie entscheidet über Ausbildungs-, Sozial- und Lebenschancen.

### **Welche Formen der Leistungsbeurteilung gibt es?**

Bei der Leistungsbeurteilung gibt es *explizite*, aber auch *implizite* Verfahren. Mit expliziten Verfahren (z.B. Prüfungen, Arbeiten, Tests) wird – für alle sichtbar – der Lernstand oder die Leistung von Schülerinnen und Schülern erhoben. Implizite Leistungsbeurteilungen finden daneben weniger sichtbar – und oft auch weniger bewusst – auf der Grundlage von Beobachtungen und subjektiven Einschätzungen während des gesamten Unterrichtsverlaufs statt, etwa indem die Lehrkraft Fragen zum Verständnis stellt oder aus den Lösungen von Stillarbeit oder Experimenten Rückschlüsse auf den erreichten Lernstand zieht. Solche impliziten Beurteilungen sind zum einen nötig, um im Unterricht Entscheidungen treffen zu können (z.B. ein Thema abzuschließen, eine neue Aufgabenstellung einzuführen, eine Frage zu stellen oder einen Schüler aufzurufen). Zum anderen dienen sie auch dazu, die Erwartungen der Lehrkraft bei der Unterrichtsplanung (in Bezug auf Lernprozesse oder Verständnis) mit den beobachteten Lernprozessen im Unterricht zu vergleichen.

Implizite wie explizite Beurteilungen sind die Voraussetzung dafür, den Unterricht an die Voraussetzungen und Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler anpassen zu können („Unterrichtsoptimierung“). Außerdem dienen beide Verfahren auch der Rückmeldung für Schülerinnen und Schüler. Eine Entscheidungsfunktion kommt vor allem expliziten Beurteilungen und nur in geringem Maße impliziten Beurteilungen zu.

### **Bewertung fördert Lernen**

Schließlich sollte nicht vergessen werden, dass jede Bewertungssituation zugleich auch eine Lernsituation ist: Die Auseinandersetzung mit Aufgaben und Problemen zur Leistungsmessung fordert und fördert die eigenständige Auseinandersetzung mit einem Thema und übt den Transfer des Gelernten auf neue Fragestellungen. Damit dient die Leistungsmessung nicht nur der Erfassung, sondern zugleich auch der Förderung von Lernprozessen.<sup>1</sup>

### **Lerndiagnose und Unterrichtsgestaltung**

Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung sind keine „objektiven“ Verfahren, sondern werden in hohem Maße von den Erwartungen der Lehrkraft bestimmt. Abbildung 2 versucht, diese Zusammenhänge zu veranschaulichen. Darüber hinaus wird deutlich, in welcher Beziehung Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung auf der einen und die Gestaltung des Unterrichts auf der anderen Seite stehen.

Die Erwartungen der Lehrkraft beeinflussen nicht nur die Unterrichtsgestaltung, sondern auch die Gestaltung von Leistungssituationen, die der Beurteilung dienen sollen (Entscheidung für ein Verfahren, Vorbereitung, Atmosphäre etc.) sowie die Interpretation und Bewertung der beobachteten Leistungen. Diese Erwartungen sind abhängig von der Zusammensetzung der Klasse, aber auch von den allgemeinen Zielen, Orientierungen und dem Rollenverständnis der Lehrkraft. Außerdem hängen die Erwartungen von der diagnostischen Kompetenz ab, die als eine von vier „Fähigkeiten erfolgreicher Lehrer“ gilt (Weinert, Schrader & Helmke, 1990), zu denen außerdem Fachwissen, didaktisch-methodische Fähigkeiten und die Fähigkeit zur Klassenführung gezählt werden. Zur diagnostischen Kompetenz gehören (1) diagnostisches Wis-

<sup>1</sup> Damit hängt zusammen, dass viele Methoden zur Lerndiagnose und zur Leistungsbeurteilung (wie z.B. das Concept Mapping, s. PIKO-BRIEF 13) auch als Unterrichtsmethoden eingesetzt werden können.

sen (Wissen über die Fähigkeiten und Leistungen von Schülern, Wissen über Aufgabenschwierigkeiten) und (2) diagnostische Fertigkeiten (Beobachtungsfähigkeit, Beherrschen von Diagnoseinstrumenten).

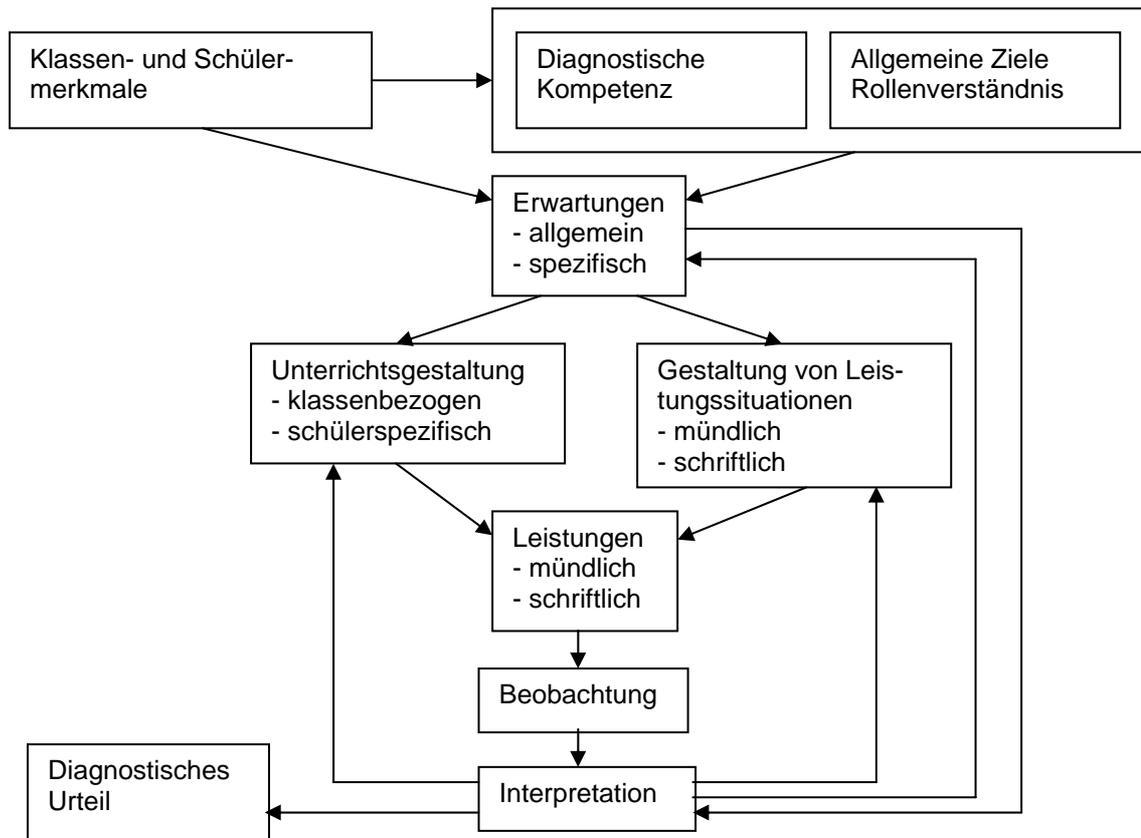


Abb. 2. Zusammenhänge zwischen Leistungserwartungen, Lerndiagnose und Unterricht (leicht modifiziert nach Schrader & Helmke, 2001)

Unterrichtsgestaltung und die Gestaltung von Leistungssituationen beeinflussen die Leistungen der Schüler, die von der Lehrkraft beobachtet, interpretiert und zu einem Urteilmengefasst werden. Die Rückmeldung dieser Ergebnisse hat einen kaum zu überschätzenden Einfluss auf die weitere Entwicklung des Lernens und die Motivation der Schülerinnen und Schüler. Dabei ist zu beachten, dass die selbstwertbezogenen und motivationalen Konsequenzen, die Schülerinnen und Schüler aus Leistungsurteilen ziehen, wesentlich von der Ursachenzuschreibung abhängen, die der Lehrer oder der Schüler selbst vornimmt: Je nachdem, ob Fähigkeit, Anstrengung oder der Kontext zur Erklärung einer guten oder schlechten Leistung herangezogen werden, können Einstellung und Handlungsbereitschaft des Schülers gefördert oder beeinträchtigt werden.

Lerndiagnosen und Leistungsmessungen verändern aber auch die Erwartungen der Lehrkraft. Mit der Beurteilung der beobachteten Leistungen der Schüler gewinnt die Lehrkraft eine Einsicht in die Lernvoraussetzungen, den Lernstand und die Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler. Diese beeinflussen die Erwartungen der Lehrkraft, die weitere Gestaltung des Unterrichts und die Gestaltung neuer Leistungssituationen.

Die Erwartungen der Lehrkraft wirken aber nicht nur vermittelt über Unterrichtsgestaltung und Gestaltung von Leistungssituationen, sondern auch direkt in der sozialen Interaktion auf die Schüler: Lehrkräfte verhalten sich ihren Erwartungen entsprechend unterschiedlichen Schülern gegenüber unterschiedlich und drücken damit ihre Erwartungen aus. Schüler nehmen diese Verhaltensunterschiede wahr und ziehen daraus Rückschlüsse für ihre Selbsteinschätzung (Pygmalion-Effekt: Jemand verhält sich den „heimlich“ ausgedrückten Er-

wartungen eines Gegenübers entsprechend). Die Erwartungen der Lehrkraft beeinflussen damit das Selbstkonzept der eigenen Fähigkeiten der Schüler (Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit), und dieses wiederum beeinflusst die Lernmotivation.

**Mit welchen Maßstäben lassen sich Leistungen vergleichen?**

Leistungen lassen sich mit unterschiedlichen Kriterien beurteilen. Tabelle 1 enthält dazu eine kurze Beurteilungsaufgabe. Dargestellt sind die Leistungen von neun Schülerinnen und Schülern einer durchschnittlichen Schulklasse in drei Leistungstests, die im Abstand von jeweils einem Monat durchgeführt wurden. Abgefragt wird jeweils der Unterrichtsstoff des letzten Monats, pro Test können maximal 100 Punkte erreicht werden, der Klassendurchschnitt liegt bei ca. 50 Punkten. Beurteilt werden soll das *letzte* Testergebnis, und zwar durch die Vergabe von einem bis fünf Pluspunkten (++) für gute oder einem bis fünf Minuspunkten (---) für schlechte Leistungen. Bei der Beurteilung soll sich die Lehrkraft auf eines ihrer Unterrichtsfächer beziehen und so entscheiden, wie sie persönlich das für angemessen hält.

Tab. 1: Kleine Beurteilungsaufgabe (leicht modifiziert nach Rheinberg, 2001)

Schüler	Erreichte Punkte				Beurteilung des letzten Testergebnisses (bitte Plus- bzw. Minuszeichen in die Kästchen schreiben)				
	1. Test	2. Test	3. Test (letzter Test)						
1	60	55	50	→					
2	25	25	25	→					
3	85	80	75	→					
4	50	50	50	→					
5	65	70	75	→					
6	15	20	25	→					
7	40	45	50	→					
8	75	75	75	→					
9	35	30	25	→					

Wenn Sie die kleine Beurteilungsaufgabe durchgeführt haben, dann wird Ihnen aufgefallen sein, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, die Leistung eines einzelnen Schülers einzuschätzen: Man kann seine Leistung mit den Leistungen der Mitschüler vergleichen oder aber mit seinen eigenen Leistungen in früheren Prüfungen. Außerdem kann man sich auch am Verhältnis richtiger Antworten in Bezug zur maximal erreichbaren Punktzahl orientieren.

Gewöhnlich werden Schülerleistungen mit den Leistungen der Klasse verglichen, man spricht dann von einer „sozialen Bezugsnorm“. Die soziale Bezugsnorm gibt einen guten Überblick über die Leistungsunterschiede zwischen Schülern zu einem bestimmten Zeitpunkt, sie lässt aber die Lernentwicklung des einzelnen Schülers außer Acht. Will man dagegen wissen, ob sich ein Schüler im Laufe der Zeit verbessert hat, so muss man seine Leistungen zu früheren Zeitpunkten betrachten. Man spricht hier von der „individuellen Bezugsnorm“. Diese zeigt, ob ein Schüler Lernprozesse erfolgreich durchlaufen hat, bietet aber keine Informationen darüber, inwieweit die Leistung eines Schülers auch der – z.B. vom Lehrplan - geforderten Leistung entspricht. Hier bietet sich eine Norm an, die als „sachliche“ oder „kriterienorientierte“ Norm bezeichnet wird und die sich an vorher definierten „objektiven“ Leistungskriterien oder Lehrzielen orientiert, so wie dies beispielsweise in Vergleichs- oder Parallelarbeiten angestrebt wird.

Keine der drei genannten Normen allein kann alle für Lehrkräfte und Schüler wichtigen Informationen bieten – jede Norm hat neben ihren spezifischen Vorteilen auch „blinde Flecken“ (siehe Tab. 2). Lehrkräfte sollten deshalb alle Bezugsnormen verwenden – zum einen, um einen differenzierten Einblick in die Leistungen ihrer Schüler zu gewinnen, zum anderen,

damit Schülerinnen und Schüler lernen, sich selbst unter verschiedenen Bezugsnormen zu bewerten.

Tab. 2. Informationen und „blinde Flecken“ unterschiedlicher Bezugsnormen

	Information	„blinder Fleck“
<b>soziale Bezugsnorm</b>	Einschätzung der eigenen Leistung im Vergleich zur Klasse	fehlende Information über den „Wert“ der Leistung (in Bezug auf ein Kriterium: Lehrziel, Standard) sowie über die eigene Entwicklung
<b>individuelle Bezugsnorm</b>	Information über den eigenen Lernzuwachs	fehlende Information über den „Wert“ der eigenen Entwicklung (erwartungsgemäß vs. über- oder unterdurchschnittlich)
<b>objektive Bezugsnorm</b>	Information über die Fähigkeit, externen („objektiven“) Kriterien (z.B. Lehrplanziele, Bildungsstandards) zu genügen	fehlende Information, welchen „Wert“ (i.S. einer besonderen Begabung) das Erreichen des Kriteriums hat

Die Bewertung unter der individuellen Bezugsnorm spielt vor allem für das selbstgesteuerte Lernen eine wichtige Rolle: Das Wissen um eigene Fortschritte fördert die Motivation, das Erkennen von Defiziten zeigt die Notwendigkeit eines erhöhten Lernaufwands. Bewertungen unter sozialer und kriterialer (sachlicher, objektiver) Bezugsnorm sind dagegen vor allem dann wichtig, wenn es um Entscheidungen für die weitere Ausbildungs-, Lebens- und Berufsplanung geht: Hier ist es von großer Bedeutung zu wissen, ob man den Anforderungen (eines Studiums, Berufs etc.) genügt (Kriterium), und ob man damit eine Leistung erbringt, die jeder andere auch erbringt, oder ob es sich dabei um eine spezielle Fertigkeit handelt (sozialer Vergleich).

### ***Erfordert eine neue Lehr-Lern-Kultur neue Formen der Lern – und Leistungsbeurteilung? - Kompetenzbereiche und Standards***

Zu den Leitlinien von „Physik im Kontext“ gehören – orientiert an einer konstruktivistischen Sicht des Lernens (vgl. PIKO-BRIEF 1) - die Entwicklung einer „neuen Lehr-Lern-Kultur“ (Leitlinie 1) und die „Förderung naturwissenschaftlichen Denkens, Arbeitens und Anwandens“ (Leitlinie 2, PIKO-BRIEF 6). Diese Leitlinien sollen dazu ermutigen, eine größere methodische Vielfalt im Unterricht zu erproben und neue Arbeitsformen in den Unterricht zu integrieren (vgl. z.B. die PIKO-BRIEFE 9 und 10 zur Methodenvielfalt). Zugleich weisen diese Leitlinien darauf hin, dass sich mit den Anforderungen einer zunehmend komplexer werdenden Welt auch die Ziele des Unterrichts von der Vermittlung abprüfbareren Wissens auf den Erwerb fachspezifischer und fächerübergreifender naturwissenschaftlicher und sozialer Kompetenzen im Sinne der Bildungsstandards verschieben. Duit, Häußler und Prenzel (2001) benennen eine Reihe von Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler im Unterricht erwerben können und sollten:

- (A) Wissen von Fakten, Konventionen und Benennungen
- (B) Wissen von Begriffen und Prinzipien
- (C) Verstehen von Zusammenhängen zwischen Begriffen und Prinzipien
- (D) Verstehen von Zusammenhängen im gesellschaftlichen Raum
- (E) Anwenden von Begriffen und Prinzipien in einer problemhaltigen Situation
- (F) Anwenden von naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden und Denkweisen in einer problemhaltigen Situation
- (G) Partizipation an Entscheidungen im gesellschaftlichen Raum sowie dem Wissen entsprechendes Handeln

Die Stufung von A bis G ist mit einer Zunahme der kognitiven Anforderungen verbunden. Der Erwerb kognitiv anspruchsvoller Kompetenzen erfordert auf Seiten der Schülerinnen und Schüler einen höheren Lernaufwand, auf Seiten der Lehrkräfte eine hohe Flexibilität in den Vermittlungsstrategien.

In den Bildungsstandards der KMK (2005) für den mittleren Schulabschluss Physik<sup>2</sup> werden vier Kompetenzbereiche und drei Anforderungsniveaus unterschieden (Tab. 3). Sie dienen als verbindlicher Orientierungsrahmen für Lehrplanarbeit und Unterrichtspraxis (vgl. Schecker, 2007). In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung bemüht man sich zur Zeit intensiv um Kompetenzmodelle, mit denen sich die vielschichtigen Kompetenzen und ihre Entwicklung verlässlich erfassen lassen (Schecker & Parchmann, 2006; Neumann et al., 2008; Labudde, et al., 2009).

Tab. 3: Kompetenzmatrix der Bildungsstandards Physik

Kompetenzbereiche	Anforderungsbereich
<b>Fachwissen</b>	I Wissen wiedergeben II Wissen anwenden III Wissen transferieren und nutzen
<b>Erkenntnisgewinnung</b>	I Fachmethoden beschreiben II Fachmethoden nutzen III Fachmethoden problembezogen anwenden und auswählen
<b>Kommunikation</b>	I Mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten II Geeignete Darstellungsformen nutzen III Darstellungsformen selbständig auswählen und nutzen
<b>Bewertung</b>	I Vorgegebenen Bewertungen nachvollziehen II Vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren III Eigene Bewertungen vornehmen

Jeder Unterricht fördert verschiedene Kompetenzbereiche, die unterschiedliche Beurteilungsverfahren erfordern. Anspruchsvolle kognitive Kompetenzen lassen sich mit den „klassischen“ Verfahren der Lern- und Leistungsbewertung z.T. nur schwer erfassen. Die neue Lehr-Lern-Kultur erfordert deshalb neben der Integration neuer Unterrichtsmethoden auch die Integration neuer Methoden zur Lern- und Leistungsbeurteilung. Eine Übersicht über solche „neuen“ (wie auch über „klassische“) Methoden der Lern- und Leistungsbeurteilung bietet der PIKO-BRIEF 13 „Methoden der Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung“. Hier findet sich auch ein Beispiel, wie mit Variationen einer Aufgabenstellung verschiedene Kompetenzbereiche angesprochen werden können.

### Zitierte Literatur

- Duit, R., Häußler, P., & Prenzel, M. (2001). Schulleistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. In F.E. Weinert, Hrsg., *Leistungsmessung in der Schule* (pp. 169-185). Weinheim: Beltz (PVU).
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg. (2005). *Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss Physik*. München: Luchterhand.
- Labudde, P. et al. (2009). Schwerpunkttagung „Kompetenzmodelle und Bildungsstandards: Aufgaben für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 343-370.
- Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H., & Fischer, H. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 103-123.
- Rheinberg, F. (2001). Bezugsnormen und schulische Leistungsbeurteilung. In F.E. Weinert, Hrsg., *Leistungsmessung in der Schule* (pp. 59-71). Weinheim: Beltz (PVU).
- Schecker, H. (2007). Die Bildungsstandards Physik – Orientierungsrahmen für den Unterricht. *Unterricht Physik*, 18, Heft 97, 4-11.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenzen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45-66.

<sup>2</sup> [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf)

- Schrader, F.-W. & Helmke, A. (2001). Alltägliche Leistungsbeurteilung durch Lehrer. In F.E. Weinert, Hrsg., *Leistungsmessung in der Schule* (pp. 45-58). Weinheim: Beltz (PVU).
- Weinert, F.E. (2001). Vergleichende Leistungsmessungen in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F.E. Weinert, Hrsg., *Leistungsmessung in der Schule* (pp.17-31). Weinheim: Beltz (PVU).

***Weitere Hinweise***

- Duit, R. & Häußler, P. (1997). Unterricht vielfältig bewerten. Überlegungen und Vorschläge für die Unterrichtsbeurteilung. *Unterricht Physik*, 8, Heft 38, 4-9.
- Häußler, P. (2009). Wie lässt sich der Lernerfolg messen? In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler, Hrsg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 265-310). Berlin: Springer.
- Weinert, F.E. (Hrsg.) (2001). *Leistungsmessungen in der Schule*. Weinheim: Beltz (PVU).



### ***Welche Formen der Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung lassen sich im Unterricht einsetzen?***

Wissen und Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern können mit verschiedenen Methoden erfasst werden (Duit & Häußler, 1997; Häußler, 2009). Unabhängig davon, welches Verfahren eingesetzt werden soll, erfordert jede Lern- und Leistungsbeurteilung eine Festlegung, was gelernt werden kann und soll. Dazu ist eine gründliche Lehrzielanalyse erforderlich. Der folgende Überblick skizziert Methoden, mit denen die Leistung oder der Lernstand von Schülerinnen und Schülern erfasst werden können. Jede dieser Methoden hat Vor-, aber auch Nachteile.

#### **(1) Schriftliche Verfahren** (Multiple-Choice oder offene Antworten)

- *Klassen- und Übungsarbeiten*
- *Tests*
- *Fragebögen*
- *Lückentextaufgaben*
- *Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben*
- *Aufgaben mit freier Antwort*
- *(Kurz)Aufsätze*
- *Begriffsnetze (Concept Maps)*
- *Versuchsprotokolle und Auswertungen von Versuchen.*

**Vorteile.** Die Vorteile schriftlicher Verfahren bestehen darin, dass Anforderungen sorgfältig geplant und Antworten bei der Bewertung gründlich analysiert werden können. Concept Maps, bei denen die Schüler aus vorgegebenen Begriffen ein Netz bilden und die Relationen zwischen den Begriffen benennen oder auch zu einem Ausgangsbegriff eigene Begriffe zuordnen, sind insbesondere dazu geeignet, das Vorwissen bzw. die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler (PIKO-BRIEF 1) zu erfassen.

**Probleme.** Ein generelles Problem besteht darin, dass jede schriftliche Aufgabe zugleich die Lesekompetenz prüft. Bei offenen Aufgaben kommt hinzu, dass viele Schüler Schwierigkeiten haben, sich sprachlich adäquat auszudrücken.

#### **(2) Mündliche Verfahren.**

- *Mündliche Prüfungen*
- *Schülerpräsentationen*
- *Interviews*

**Vorteile.** Sie bieten die Möglichkeit, schnell und flexibel auf Antworten einzugehen und unklare Punkte durch Nachfragen aufzuklären. Außerdem ergeben sich im Gespräch leichter Hinweise darauf, ob Antworten auswendig gelernt wurden oder auf tieferem Verstehen beruhen.

**Probleme.** Bei mündlichen Verfahren sind von Seiten der Lehrkraft spontane Interpretationen notwendig. Die Beurteilung kann deshalb durch die Erwartungen/Vorurteile der Lehrkraft verzerrt und die Leistungen der Schüler durch Prüfungsangst beeinträchtigt werden.

### (3) Beobachtungsverfahren.

Die Nutzung von Beobachtungen zur Lernbeurteilung geschieht eher intuitiv während des Unterrichts, Urteile werden meist aus Notizen abgeleitet.

**Vorteile.** Beobachtungsverfahren bieten einen sehr direkten Zugang zu den Lernprozessen und –schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler. Außerdem erfordern sie keinen zusätzlichen Prüfungsaufwand.

**Probleme.** Gravierende Probleme resultieren daraus, dass Beobachtungen in hohem Maße von den Erwartungen/Vorurteilen der Lehrkraft abhängen und das Urteil erst nachträglich aus dem Gedächtnis getroffen wird.

### (4) Experimentaltests <sup>1</sup>

Während alle vorstehend genannten Verfahren vor allem der Erhebung kognitiver Fähigkeiten dienen, lassen sich mit Experimentaltests neben der Fähigkeit zum naturwissenschaftlichen Denken auch Fähigkeiten zum naturwissenschaftlichen Arbeiten (PIKO-BRIEF 6) überprüfen.

**Vorteile.** Diese Tests liefern Hinweise darauf, inwieweit Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, das im Unterricht Gelernte auf Handlungssituationen im Unterricht wie auch im Alltag zu übertragen. Sollen diese Tests im Sinne einer Klassenarbeit durchgeführt werden, kann ihre Konstruktion und Durchführung allerdings recht aufwendig sein. Eine Alternative ist die Einbettung solcher Testelemente in Übungs- oder Sicherungsphasen des Unterrichts.

**Probleme.** Ein Nachteil besteht darin, dass vorhandenes Wissen durch fehlende Handlungskompetenz verdeckt werden kann.

### (5) Zeichnungen/Collagen <sup>2</sup>

Mit Aufforderungen wie „Was fällt dir zur Schwerkraft ein? Zeichne ein Bild!“ wird Schülerinnen und Schülern ein großer Spielraum eingeräumt, ihre eigenen Vorstellungen zu Papier zu bringen.

**Vorteile.** Solche Verfahren sind nicht nur zur Erfassung kognitiver, sondern auch affektiver Aspekte geeignet. Vorstellungen und Einstellungen der Schüler lassen sich so – insbesondere in den unteren Klassenstufen - gut erkunden.

**Probleme.** Problematisch ist die hohe Subjektivität (Interpretationsoffenheit) der Bewertung.

### (6) Alternative Formen der Lern- und Leistungsbewertung: Prozessbeurteilung

Eine Alternative zur „traditionellen“ Leistungsbeurteilung besteht darin, nicht punktuelle Leistungen, sondern die Lernprozesse und Lernentwicklungen der Schülerinnen und Schüler zu beurteilen. Dabei bietet es sich an, Schülerinnen und Schüler in die Beurteilung mit einzu beziehen. Diese Möglichkeit bietet z.B. die so genannte *Prozessbeurteilung*. Damit ist die gemeinsame, kriterienorientierte Beurteilung der Arbeits- und Lernprozesse durch Lehrer und Schüler gemeint. Grundlage dafür können Bögen zur Beobachtung des Arbeitsverhaltens während Experimentier- oder Gruppenarbeitsphasen oder Kriterienkataloge zur Beurteilung von schriftlichen Dokumentationen (z.B. Projektberichte, Versuchsprotokolle etc.) sein. Auch Selbstbeobachtungen von Schülerinnen und Schülern, die sie z.B. als Brief an sich selbst („Mitteilungen an mich“) verfassen und unter Mithilfe der Lehrkraft reflektieren, sind möglich. Eine solche geleitete Selbstbeurteilung vermeidet die Festigung subjektiver Eindrücke, fördert die Reflexionsfähigkeit der Schüler und kann zugleich eine aktive Lernhilfe sein.

<sup>1</sup> Anregungen für den Einsatz von Experimentaltests geben der „TIMSS Performance Test“ (Labudde & Stebler, 1999) sowie das Themenheft der Zeitschrift *Unterricht Physik* „Experimente als Lernerfolgskontrolle“ (Berge & Volkmer, 2002).

<sup>2</sup> Beispiele für Zeichnungen als Grundlage der Lerndiagnose bieten Wimber (1997) und White & Gunstone (1992)

Außerdem offenbart der Blick auf das eigene Lernverhalten auch Verbesserungsmöglichkeiten.

Zu den Verfahren der Prozessbeurteilung gehören auch das *Führen von Lerntagebüchern* und das Anlegen von *Portfolios*, die sowohl durch die Lehrkraft als auch durch die Schüler selbst bewertet werden können. Diese Verfahren bieten einen guten Einblick in die Lernprozesse der einzelnen Schüler:

**Lerntagebuch**<sup>3</sup>. In Lerntagebüchern können Schülerinnen und Schüler Erkenntnisse und Fragen zum Unterricht notieren und sich so einen Überblick über Inhalte und das eigene Lernen verschaffen.

**Portfolio**<sup>4</sup>. Das Portfolio ist eine Sammlung von Ideen und Materialien zu einer vorgegebenen Aufgabenstellung. Das Anlegen eines Portfolios kann zusätzlich zum Unterricht geschehen, aber auch Bestandteil des eigentlichen Unterrichts sein.

Beide Verfahren eignen sich sowohl zur Unterstützung von Lernprozessen als auch zur Lerndiagnose. Außerdem empfinden Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit zur Beobachtung der eigenen Lernprozesse und die „Sichtbarkeit“ der eigenen Fortschritte als motivationsfördernd.

### ***Einbeziehung der Schülerinnen und Schüler bei traditionellen Verfahren***

Die Einbeziehung von Schülerinnen und Schülern bei der Leistungsbeurteilung wie im Fall der Prozessbeurteilung fördert die Übernahme von Verantwortung für die eigenen Lernprozesse. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für lebenslanges Lernen. Für die Lehrkraft bietet eigenverantwortlicheres Lernen den Vorteil, dass Lern Diagnosen zunehmend einfacher werden, da sie in beiderseitigem Interesse stattfinden.

Ein großer Vorteil von Verfahren, die Schülerurteile in den Bewertungsprozess einbeziehen, besteht darin, dass Schüler meist sehr gut die eigene Leistung wie auch die Leistung ihrer Mitschüler einschätzen können und dass sie Verfahren, in denen ihr eigenes Urteil berücksichtigt wird, als gerechter erleben.

Nicht nur bei der Prozessbeurteilung, sondern auch bei der Verwendung „traditioneller“ Verfahren besteht die Möglichkeit, dass Schüler in die Bewertung einbezogen werden. So können sich *Schüler* z.B. *gegenseitig bewerten*, indem sie in Zweiergruppen ihre eigenen Lösungen (einer Aufgabe, eines Tests, einer Klassenarbeit) im Vergleich mit einer Musterlösung diskutieren und bewerten. Auch die Bewertung von Präsentationen oder Referaten kann in einer gemeinsamen Diskussion mit der Klasse durchgeführt werden. Dies ist umso einfacher, je klarer die Bewertungskriterien mit der Klasse diskutiert worden sind<sup>5</sup>.

### ***Lern Diagnosen auf der Grundlage von Unterrichtsbeobachtungen***

Angemessene Lern Diagnosen setzen voraus, dass möglichst viele Informationen über den Lernstand und die Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler sichtbar werden. Dies hängt wesentlich von der Unterrichtsgestaltung ab, d.h. u.a. davon,

- wie aktiv Schülerinnen und Schüler sich am Unterricht beteiligen können,
- wie und in welchem Ausmaß Fragen gestellt werden,
- wie Aufgaben und Problemstellungen in den Unterricht einbezogen werden,
- wie Schülerinnen und Schüler zum Fragen angeregt werden,
- ob das Lernklima das Eingestehen von Schwierigkeiten zulässt,
- wie mit Fehlern umgegangen wird.

Wichtige Hinweise auf Lernfortschritte und –schwierigkeiten können sich auch im *Gespräch mit einzelnen Schülern*, z.B. während Gruppenarbeits- oder Experimentalphasen, ergeben.

<sup>3</sup> s. Wildt (2005)

<sup>4</sup> s. Häußler & Duit (1997) und Kunze (1997)

<sup>5</sup> Zur Bewertung von Gruppen- und Projektarbeit s. Hepp (2001).

### ***Verfahren zur Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung im Überblick***

Tabelle 1 listet zusammenfassend die verschiedenen Verfahren auf, mit denen sich Schülerleistungen erfassen und Lerndiagnosen stellen lassen und gibt an, welche vorrangig der Leistungsbeurteilung dienen und welche sich eher für Lerndiagnosen eignen. Lerndiagnosen werden im Unterricht gewöhnlich eher implizit angestellt. Solche, meist routinemäßig und häufig unterhalb der Bewusstseinssebene ablaufenden Lerndiagnosen sind sinnvoll und notwendig, um Entscheidungen über den Fortgang des Unterrichts zu treffen. Für die langfristige Planung des Unterrichts und für fundierte Rückmeldungen über die Lernentwicklung an einzelne Schüler ist es aber sinnvoll, sich der untenstehenden Verfahren zu bedienen, weil sie oft ein besseres Bild von den Lernerfolgen und Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler vermitteln als implizite Lerndiagnosen.

*Tab. 1: Verfahren zur Leistungsbeurteilung und Lerndiagnose*

<b>Leistungsbeurteilung (Leistungsmessung)</b>	<b>Lerndiagnose (Lernstandserhebung)</b>
Klassenarbeit Parallel-/Vergleichsarbeit Lehrzielorientierter Test informeller Test Schülerpräsentation Mündliche Prüfung Hausarbeit Unterrichtsbeobachtung Experimentaltest	informeller Test Schülerpräsentation Experimentaltest Prozessbeurteilung Lerntagebuch Gespräch mit einzelnen Schülern Schüler bewerten sich gegenseitig Concept Maps Portfolios Zeichnungen Schüler zum Fragen ermutigen

### ***Wie lassen sich unterschiedliche Kompetenzen erfassen? Aufgaben zur Mechanik***

In vielen Fällen steht das Fachwissen im Zentrum von Lerndiagnosen und Leistungsbeurteilungen. Mit Einführung der Bildungsstandards haben auch andere Kompetenzen an Bedeutung gewonnen. Zur Erfassung dieser Kompetenzen sind aber keineswegs immer neue Verfahren erforderlich. So ist es durchaus möglich, auch mit „traditionellen“ Verfahren wie Klassenarbeiten oder Tests Kompetenzen zu erfassen, die über das Fachwissen hinausgehen. Die Tabelle 2 zeigt exemplarisch, wie sich unterschiedliche Kompetenzen erfassen lassen (vgl. zu den Kompetenzstufen den PIKO-BRIEF 12 „Lerndiagnose und Leistungsbewertung - Perspektiven aus Theorie und Forschung“). Die Beispiele zeigen, wie sich durch unterschiedliche Formulierungen verschiedene Anforderungsniveaus ansprechen lassen.

Die Stufe G (Partizipation an Entscheidungen im gesellschaftlichen Raum sowie dem Wissen entsprechendes Handeln) ist in dieser Abbildung nicht berücksichtigt, weil sie sich mit Aufgaben, in denen nur eine Kurzantwort verlangt wird, kaum erfassen lässt. Die Aufgabe zur Stufe D enthält aber Aspekte, die Hinweise auf mögliches Handeln im gesellschaftlichen Raum geben.

Beispiele für Aufgaben zu den Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss finden sich in Duit und Schecker (2007).

Tab. 2. Verschiedene Aufgaben vom Typ „Freie Antwort“, zu deren Lösung unterschiedliche Leistungen und Kompetenzen erforderlich sind (entnommen aus Duit et al., 2001, 175)

A	WISSEN VON FAKTEN, KONVENTIONEN UND BENENNUNGEN
	<i>Gib eine Einheit an, in der Geschwindigkeiten gemessen werden können!</i>
	(Erwartet wird eine Kurzantwort wie etwa cm/s oder Kilometer pro Stunde.)
B	WISSEN VON BEGRIFFEN UND PRINZIPIEN
	<i>Beschreibe, was es bedeutet, wenn man sagt, dass sich ein Fahrzeug beschleunigt bewegt!</i>
	(Erwartet wird eine kurze Aussage der Art, dass sich ein beschleunigtes Fahrzeug mit veränderlicher Geschwindigkeit bewegt.)
C	VERSTEHEN VON ZUSAMMENHÄNGEN ZWISCHEN BEGRIFFEN UND PRINZIPIEN
	<i>Erläutere und begründe, wovon die Verletzungsgefahr des Fahrers eines PKW hauptsächlich abhängt, wenn sein Wagen frontal gegen eine feste Mauer prallt!</i>
	(Erwartet wird eine Darlegung, welche Bedeutung die Geschwindigkeit (Bewegungsenergie) des PKW für die Unfallfolgen hat und welche Rolle verschiedene Sicherheitsmaßnahmen (Knautschzone, Sitzgurt, Airbag) spielen, um die Kräfte auf den Körper des Fahrers zu reduzieren.)
D	VERSTEHEN VON ZUSAMMENHÄNGEN IM GESELLSCHAFTLICHEN RAUM
	<i>In eurer Schule ist eine Kampagne zur Benutzung des Fahrradhelms gestartet worden. Mit welchen Mitteln und Aktionen würdest du deine Mitschüler überzeugen wollen, einen Helm zu tragen?</i>
	(Erwartet werden Vorschläge wie: ein Poster mit einer Statistik über Fahrradunfälle; Experimente zur Trägheit bewegter Körper; die Demonstration einer aus geringer Höhe auf den Asphalt fallenden Wassermelone und einer anderen durch einen Fahrradhelm geschützten Melone, die heil bleibt.)
E	ANWENDEN VON BEGRIFFEN UND PRINZIPIEN IN EINER PROBLEMHALTIGEN SITUATION
	<i>Ein hart gekochtes Ei mit einer Masse von 60 g fällt aus einer Höhe von 50 cm auf eine Unterlage und hinterlässt auf dieser eine 2 mm tiefe Delle. Wie groß ist die auf das Ei im Moment des Eindellens wirkende Kraft? (Nimm an, dass die Abbremsung des Eis ganz gleichmäßig erfolgt!)</i>
	(Die Antwort verlangt die Anwendung verschiedener Prinzipien der Mechanik, um zunächst die Geschwindigkeit kurz vor dem Aufprall, dann die als konstant anzunehmende Beschleunigung und schließlich die Kraft zu berechnen.)
F	ANWENDEN VON NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERSUCHUNGSMETHODEN UND DENKWEISEN IN EINER PROBLEMHALTIGEN SITUATION
	<i>Denke dir verschiedene Testreihen aus, in denen systematisch untersucht werden soll, unter welchen Bedingungen ein Ei zerbricht, wenn es auf eine Unterlage fällt!</i>
	(Erwartet wird ein Plan, in dem von den drei maßgeblichen Einflussgrößen – Fallhöhe, Material und Dicke der Unterlage – jeweils nur eine variiert wird.)

**Zitierte Literatur**

- Berge, O.E. & Volkmer, M., Hsrg. (2002). Experimente als Lernerfolgskontrolle. *Unterricht Physik*, 13, Heft 71/72
- Duit, R. & Häußler, P. (1997). Unterricht Bewerten. *Unterricht Physik*, 8, Heft 38.
- Duit, R., Häußler, P. & Prenzel, M. (2001). Schulleistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. In F.E. Weinert, Hsrg., *Leistungsmessung in der Schule* (pp. 169-185). Weinheim: Beltz (PVU).
- Duit, R. & Schecker, H., Hsrg. (2007). Die Bildungsstandards Physik – Orientierungsrahmen für den Unterricht. *Unterricht Physik*, 18, Heft 97.
- Häußler, P. (2009). Wie lässt sich der Lernerfolg messen? In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler, Hsrg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 265-310). Berlin: Springer.
- Häußler, P. & Duit, R. (1997). Die Portfoliomethode – Ein Verfahren zur individualisierten Unterrichtsbewertung. *Unterricht Physik*, 8, Heft 38, 24-26.
- Hepp, R. (2001). Planung, Durchführung und Beurteilung von Projekten. *Unterricht Physik*, 12, Heft 63/64, 8-14.
- Kunze, H. (1997). Individualisierte Leistungsbewertung – Erfahrungen mit einer Variante der Portfoliomethode. *Unterricht Physik*, 8, Heft 38, 27-29.
- Labudde, P. & Stebler, R. (1999). Lern- und Prüfungsaufgaben für den Physikunterricht. Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. *Unterricht Physik*, 10, Heft 54, 23-31.
- White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.
- Wimber, F. (1997). Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.... Zeichnungen enthüllen Vorstellungen, Einstellungen, Weltbilder. *Unterricht Physik*, 8, Heft 38, 30-32.
- Wildt, M. (2005). Mit Lerntagebüchern die Selbstreflexion fördern. *Lernchancen*, 43, 8, 54-56.

**Hinweise auf zusammenfassende Darstellungen zu „Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung“**

- Bambach, H., Bartnitzky, H., von Ilse, C. & Otto, G. (1996). Prüfen und Beurteilen. Jahresheft des Friedrich-Verlags. Seelze: Friedrich Verlag.
- Themenheft „Unterricht bewerten“ (Heft 38, April 1997), *Unterricht Physik* (s.o. Duit & Häußler, Hsrg, 1997).
- Häußler, P. (2009). Wie lässt sich der Lernerfolg messen? In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler, Hsrg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (pp. 265-310). Berlin: Springer.
- Friege, G. & Lind, G. (2004). Leistungsmessung im Leistungskurs. *MNU* 57/5, 259-265.
- Müller, W. (2006). Physikunterricht evaluieren. In H. Mikelskis, Hsrg., *Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 234-253).
- White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.  
*Dieses – leider nur in Englisch erhältliche – Buch informiert über alternative Ansätze, sich einen Eindruck davon zu verschaffen, was Schülerinnen und Schüler im Unterricht verstanden haben. Dazu gehören unter anderem Concept Maps, Interviews, Zeichnungen, Diagramme und Wortassoziationen.*

**PIKO-BRIEF NR. 14** (Februar 2010)**Methoden der Unterrichtsevaluation und des Feedbacks**

Autorin: Thorid Rabe



### ***Unterrichtsevaluation und Feedback - im Dienste der Verbesserung der Unterrichtsqualität und des Lernens der Schülerinnen und Schüler***

In den beiden PIKO-BRIEFEN 12 und 13 zu *Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung* steht die Erfassung und Nutzung der von den Schülerinnen und Schülern erreichten kognitiven Leistungen im Mittelpunkt. Dabei spielt auch die Bedeutung der Leistungserhebung für die Unterstützung des Lernens eine gewisse Rolle, u.a. durch Rückmeldung des Leistungsstands und seiner Entwicklung an die Schülerinnen und Schüler. Im vorliegenden Brief wird solches *Feedback* aus der Perspektive der *Unterrichtsevaluation* betrachtet. Dabei werden erstens kognitive *und* affektive Aspekte gleichgewichtig berücksichtigt. Zweitens steht die Verbesserung des Unterrichts hier stärker im Zentrum als in den beiden genannten Briefen.

#### ***Was bedeuten „Unterrichtsevaluation“ und „Feedback“ hier?***

Unter Unterrichtsevaluation versteht man in Anlehnung an Helmke (2003) eine mehr oder weniger systematische Erfassung der Durchführung und Ergebnisse des Unterrichts, wobei ein Vergleich mit vorgegebenen Standards oder mit eigenen Kriterien vorgenommen wird. Übergeordnetes Ziel ist die Verbesserung der Unterrichtsqualität. Mit *Feedback* ist gemeint, was im PIKO-BRIEF 12 als Rückmeldefunktion bezeichnet worden ist. Der Unterschied besteht allerdings darin, dass im Rahmen der Begriffe *Unterrichtsevaluation und Feedback* diese Rückmeldung erstens auf einer *systematischen* Erfassung *kognitiver und affektiver* Aspekte beruht, also nicht auf den Leistungsaspekt allein ausgerichtet ist. Zweitens beschränkt sich der Terminus Rückmeldung dort auf die Rückmeldung durch die Lehrkraft, während er hier auch Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler an die Lehrkraft einschließt.

Ein Feedback der Lehrkraft an die Schülerinnen und Schüler findet regelmäßig statt, Schülerinnen und Schüler erhalten aber nur begrenzt die Chance, eine solche Rückmeldung zu geben. Im Physikunterricht ist es - wie in allen anderen Fächern - üblich, die kognitiven Aspekte des Lernerfolgs, also Wissen und Wissensstandsänderungen zu erfassen (vgl. PIKO-BRIEF 12). Dies dient - wie Untersuchungen zeigen - vorwiegend der Bewertung in Form von Noten, seltener dazu, den Unterricht zu modifizieren oder den Schülerinnen und Schülern eine lernförderliche individuelle Rückmeldung zu geben. Vergleichsweise selten ist die Evaluation affektiver Aspekte wie Motivation, Interesse, Selbstkonzept und Einstellungen. Dies ist bedauerlich, da affektive Aspekte einerseits tiefgreifend mitbestimmen, ob kognitives Lernen gelingt und die Entwicklung affektiver Aspekte ein wichtiges eigenständiges Ziel des Physikunterrichts ist (PIKO-BRIEF 2). Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass emotionale Faktoren und Einstellungen der Beobachtung schwer zugänglich sind und solche Einschätzungen einen großen Interpretationsspielraum haben. Sie können „objektiv“ nur mit teilweise recht aufwändigen Verfahren (wie Interessentests) erhoben werden. Zudem ist bei der Erhebung affektiver Aspekte (insbesondere dort, wo es um Persönlichkeitsmerkmale geht) zu beachten, dass die Persönlichkeitsrechte der Schülerinnen und Schüler nicht verletzt werden.

Angesichts ohnehin drückenden Zeitmangels im Physikunterricht ist es schwierig, Unterrichtsevaluation, die kognitive wie affektive Aspekte berücksichtigt, im großen Umfang durchzuführen. Dies ist nur in Projekten wie PHYSIK IM KONTEXT möglich, in denen neue Inhalte und neue Formen der Vermittlung entwickelt und erprobt werden. Im Folgenden sollen Hinweise gegeben werden, wie Feedback (der Lehrkräfte wie der Schülerinnen und Schüler) auf der Basis von Unterrichtsevaluation „im Kleinen“ möglich ist.

## ***Leitfragen für die Planung von Evaluation und Feedback***

*Mit welchem Ziel soll der Unterricht evaluiert werden bzw. soll eine Rückmeldung der Schülerinnen und Schüler eingeholt werden?*

Welche Informationen sind nötig, die Hinweise darauf geben, wie Schülerinnen und Schüler sowohl kognitiv als auch affektiv angemessen unterstützt werden können? Falls es Probleme mit der Disziplin gegeben hat. Was sind die Ursachen und wie kann man diese Schwierigkeiten vermeiden?

*Wann wird evaluiert?*

Vor dem Unterricht, um die Ergebnisse für die Planung des Unterrichts zu nutzen und zu diesem Zweck zum Beispiel die Interessen der Schülerinnen und Schüler zu erkunden? Wird man nach dem Unterricht ein Feedback einholen, das dann in zukünftige Unterrichtsplanung und -durchführung eingeht? Oder während des Unterrichts ein Feedback erbitten?

*Von wem wird die Evaluation durchgeführt, wer gibt das Feedback?*

Während der Lehrerausbildung wird der Unterricht von Ausbildern und Kollegen bewertet (evaluiert). Im Schulalltag gibt es eine gewisse Zurückhaltung, Kollegen zu bitten, den eigenen Unterricht zu besuchen und anschließend ein Feedback zu geben. In der Regel verlässt man sich auf eigene Beobachtungen, die aber meist „intuitiv“ ausfallen, d.h. nicht systematisch gesammelt und ausgewertet werden. Um die eigenen Beobachtungen zu systematisieren ist es möglich ein *Lehrtagebuch* (s. dazu weiter unten) zu führen.

Erfahrungen aus Projekten der Lehreraus- und weiterbildung zeigen, dass ein Feedback von Kollegen sehr fruchtbar sein kann. Dies ist auch durch gemeinsames Anschauen einer auf Video aufgezeichneten Stunde – z.B. im größeren Kollegenkreis – möglich. Erfahrungen haben ergeben, dass Kolleginnen und Kollegen sehr fair und einfühlsam mit dem Unterricht eines anderen umgehen und fruchtbare Anregungen geben.

Schülerinnen und Schüler sollten – jedenfalls ab einem bestimmten Alter – als „Unterrichtsexperten“ ernst genommen werden. Sie sind die „Hauptbetroffenen“ des Unterrichts, die genau beobachten und anderes wahrnehmen als man selbst. Sie haben dann umfangreiche Unterrichtserfahrungen und Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Lehrkräften, um Unterricht verlässlich beurteilen zu können. In der Unterrichtsforschung hat es sich z.B. gezeigt, dass Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler zum Unterrichtsablauf und den verwendeten Methoden verlässlicher sind als die Einschätzungen ihrer Lehrkräfte.

Zu beachten ist allerdings, dass Schülerinnen und Schüler unter Umständen *sozial erwünschte Auskünfte* geben, mit denen sie entweder der Lehrkraft oder vor allem ihren Mitschülerinnen und Mitschülern entgegen kommen wollen. Insofern sollte Wert darauf gelegt werden, eine Atmosphäre des Vertrauens und der Offenheit herzustellen, in der die Schülerinnen und Schüler wissen, dass auch negative Kritik keine persönlichen Konsequenzen nach sich zieht, sondern dass Kritik konstruktiv aufgegriffen wird. Wenn das Feedback zu Veränderungen führt, ist auch zu erwarten, dass Schülerinnen und Schüler bereitwillig und genau rückmelden.

*Mit welcher Methode soll evaluiert werden?*

Zunächst ist zu entscheiden, ob die Evaluation mündlich oder schriftlich durchgeführt werden soll und ob eine geschlossene oder offene Form angemessen ist. Im Folgenden werden einige Methoden näher vorgestellt.

## ***Methoden für Evaluation und Feedback – eine Auswahl***

### *Selbstreflexion / Lehrtagebuch*

Zur gezielten Auswertung und Beurteilung des eigenen Unterrichts bietet sich ein Lehrtagebuch an, das dazu dient, das eigene Lehrverhalten, die Unterrichtsplanung und –durchführung kritisch zu reflektieren. Als Orientierung kann man die Merkmale guten Physikunterrichts im PIKO-BRIEF 4 nutzen. Sie erlauben es, gewissermaßen abzuchecken, ob und in welchem Ausmaß sie im eigenen Unterricht eine Rolle gespielt haben. Die folgenden Leitfragen von Becker (1998) können dafür als Anregung dienen:

- Wie habe ich den Lehr-Lern-Prozess angeregt?
- Konnte ich das Interesse der Schülerinnen und Schüler ansprechen und aufrechterhalten?
- Welchen Sprechanteil hatten die Schülerinnen und Schüler, welchen hatte ich?
- Habe ich mich auf bestimmte Schülerinnen oder Schüler konzentriert?

### *Hospitation / Videoanalyse*

Eine Bewertung des eigenen Unterrichts mit der Unterstützung von Kolleginnen und Kollegen erfordert zunächst Überwindung, bietet aber den Vorteil, dass diese zum einen nicht in den Unterricht integriert sind und zum anderen als ebenfalls pädagogisch-psychologisch ausgebildete Unterrichtsexperten professionelle Rückmeldung geben können. Als hilfreich erweist es sich, auch bei der Durchführung von schulpraktischen Übungen mit Lehramtsstudierenden, den Unterricht auf Video aufzuzeichnen, so dass man den Stundenverlauf später im Detail nachvollziehen kann. Eigene Verhaltensweisen werden einem selbst oft erst offensichtlich, wenn man sich selbst quasi „von außen“ beobachten kann. Wie bereits erwähnt, sind die Erfahrungen mit solchen Analysen des eigenen Unterrichts durch Kolleginnen und Kollegen sehr ermutigend (Brophy, 2004). Leitfragen, die die Auswertung strukturieren und Hinweise zur technischen Realisierung von Videoaufnahmen findet man bei Fischler (2006).

### *Fragebögen*

Sie können danach unterschieden werden, ob die Fragen *offen* oder *geschlossen* gestellt werden, also ob die Schülerinnen und Schüler mit eigenen Worten antworten oder vorgegebene Antworten auswerten (Bastian u.a., 2005; Schröder, 2006; Rabe, 2006). Ein offener Fragebogen zu einer abgeschlossenen Unterrichtseinheit könnte beispielsweise folgende Fragen enthalten:

- Was hast Du in den letzten Wochen (Stunden oder dgl.) gelernt?
- Welche Inhalte haben Dich besonders interessiert?
- Was hast Du nicht gern gemacht?
- Welche Inhalte waren für Dich schwer zu verstehen?
- Was nimmst Du Dir für den weiteren Unterricht vor?

Die Auswahl von Fragen hängt von dem Evaluationsinteresse ab. Es sollten nicht zu viele Fragen gestellt werden, um die Schülerinnen und Schüler nicht zu ermüden. Es lohnt sich allerdings, am Ende Zeit und Platz für freie Rückmeldungen unter dem Motto „Was ich unbedingt noch loswerden muss...“ zu lassen, weil so Aspekte zutage treten können, die man selbst vielleicht nicht als problematisch oder relevant eingeschätzt hat, die für Schülerinnen und Schüler aber von großer Bedeutung sind.

Die folgenden Aussagen sind stammen aus einem umfangreicheren *geschlossenen* Fragebogen bei Helmke (2003, 168 ff) und wurden ein wenig verändert. Sie sollen von den Schülerinnen und Schüler mit Zustimmung oder Ablehnung (Ja – Nein) bewertet werden:

**Motivierung:** Mein Physiklehrer bzw. meine Physiklehrerin ...

- ... kann neue Themen gut erklären.
- ... kann mich manchmal richtig für die Themen begeistern.
- ... Kann auch trockene Themen wirklich interessant machen.

**Schülerorientierung:** Mein Physiklehrer bzw. meine Physiklehrerin ...

- ... weiß genau, bei welchen Aufgaben ich Schwierigkeiten habe.
- ... erklärt etwas so lange, bis ich es verstehe.
- ... nimmt sich immer Zeit, wenn ich etwas mit ihm/ihr bereden möchte.
- ... kümmert sich um mich, wenn ich Schwierigkeiten habe.

Ein weiteres Beispiel stammt aus einem Schülerfragebogen von Schröder (2006). Die Schülerinnen und Schüler sollen auf einer vierstufigen Skala (gar nicht / eher nicht / schon eher / voll und ganz) angeben, wie sehr die Aussagen für sie zutreffen.

Unser Physiklehrer / unsere Physiklehrerin ...

- Drückt sich klar und verständlich aus.
- Stellt wichtige Sachverhalte heraus.
- Stellt Zusammenhänge mit dem Stoff anderer Fächer her.
- Gibt vorab einen Überblick zur Gliederung des Stoffes.
- Fasst abschließend die wichtigsten Inhalte und Ergebnisse zusammen.
- Verweist auf Zusammenhänge mit schon durchgenommenen Stoff.
- Geht im Unterricht in einer logischen Folge vor.

### *Interessenradar*

Mehrere thematische Schwerpunkte eines Inhaltsgebietes wie beispielsweise „Leben mit Radioaktivität“ werden auf ein Plakat geschrieben (Entdeckung der Radioaktivität, Altersbestimmung mit der C 14-Methode, Wirkungen der Radioaktivität auf den menschlichen Körper, Radioaktiver Abfall etc.). Die Schülerinnen und Schüler erhalten jeweils drei Klebepunkte, die sie ihrem Interesse entsprechend an die Themen vergeben können. Dabei können sie die Punkte einem einzigen Thema geben oder sie auf mehrere Themen verteilen. Bei der Planung und Durchführung des Unterrichts zum Inhaltsgebiet können die aus Schülersicht besonders interessanten Aspekte berücksichtigt und vertiefend aufgenommen werden.

### *Lerntagebuch / Lernjournal*

Die Schülerinnen und Schüler sollen über ihre eigenen Lernprozesse und Lernerfolge, aber auch über ihre Wahrnehmung des Unterrichts nachdenken und ihre Ergebnisse in einem „Tagebuch“ festhalten. Dabei können ähnliche Leitfragen wie bei offenen Fragebögen zur Orientierung dienen. Diese Methode muss sehr sensibel gehandhabt werden. Der Begriff *Lerntagebuch* deutet an, dass die Grenze zu geschützten Persönlichkeitsbereichen fließend ist. Weiterhin erfordert sie einen verhältnismäßig großen Zeitaufwand. Deshalb bietet es sich an, eine solche Dokumentation durch die Schülerinnen und Schüler im Rahmen offener Unterrichtsgestaltung einzusetzen und sie beispielsweise in die Arbeit mit einem Portfolio zu integrieren. Unter einem Portfolio<sup>1</sup> ist eine Art „Tagebuch“ zu verstehen, in das die Schülerinnen und Schüler ihre Arbeiten zu einem bestimmten Thema im Verlauf einer Unterrichtseinheit oder eines Schulhalbjahr sammeln (Häußler & Duit, 1997). Ein großer Vorteil dieser Evaluationsmethode ist einerseits, dass die Lehrkraft einen detaillierten Einblick in die individuellen Lernprozesse und Wahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler erhält. Andererseits erhalten die Lernenden durch die angestoßene Reflexion Anregungen, eigene Lernstrategien zu entwickeln und zu üben. Dazu gehört u.a. die Beobachtung und Kontrolle der eigenen Lernprozesse (Brenner & Brenner, 2005).

---

<sup>1</sup> s. PIKO-BRIEF 12

### *Koordinaten und Stimmungsbarometer*

Die Schülerinnen und Schüler schätzen sich selbst hinsichtlich ihres Lernerfolgs und ihres Spaßes am Unterricht ein, indem sie sich selbst mit einem Punkt in einem Koordinatensystem verorten: Auf der x-Achse ist beispielsweise der Lernerfolg abgetragen, auf der y-Achse der Spaß am Unterricht. Anstelle einer Einschätzung in einem Koordinatensystem ist es auch möglich, die Schülerinnen und Schüler zu bitten, auf einer Barometerskala, die von „Sonne“ bis „Regen“ oder einer Temperaturskala, die von +10 bis -10 reicht, ihre persönliche Wahrnehmung zu markieren. Aspekte können dabei der eigene Lernerfolg, die Lernatmosphäre, das Klassenklima, das Interesse oder das Lehrerverhalten sein. Die Auswertung ist bei den genannten Varianten schnell durchzuführen. Allerdings geben die Selbsteinschätzungen der Schülerinnen und Schüler keine Auskunft über die Ursachen ihrer Meinung (Brenner & Brenner, 2005).

### *Stumme Diskussion*

Auf ein Blatt oder mehrere Blätter werden (provokante) Aussagen zum Physikunterricht aufgeschrieben. Die Schülerinnen und Schüler können schriftlich auf diese Aussagen reagieren und auf die Kommentare oder Äußerungen der Mitschülerinnen und Mitschüler eingehen. Die Auswertung benötigt verhältnismäßig viel Zeit, so dass es sinnvoll ist, sie über mehrere Tage an einer Pinnwand im Klassenraum laufen zu lassen.

### *Blitzlicht*

Anhand von Leitfragen wie zum Beispiel *Was hat dir am heutigen Physikunterricht besonders gut gefallen bzw. nicht gefallen?* oder *Was würdest du dir für den weiteren Physikunterricht wünschen?* wird der Reihe nach von jeder Schülerin und jedem Schüler eine Rückmeldung – nicht nur für die Lehrkraft, sondern auch für die ganze Klasse – gegeben. Als Regeln werden festgelegt oder vorher ausgehandelt, dass sich jeder kurz fassen soll, dass alle Äußerungen unkommentiert stehen gelassen werden und dass man sich nicht gegenseitig verletzen soll. Im Anschluss kann bei Bedarf in einem Klassengespräch auf wichtige Punkte eingegangen werden.

### *Meckerkasten*

Die Schülerinnen und Schüler, aber auch die Lehrkraft können Wünsche und Kritik aufschreiben, adressieren und in einen Briefkasten im Physikraum oder im Klassenraum einwerfen. Dieser wird regelmäßig entleert und die „Post“ direkt an die Adressaten verteilt. Um nicht nur zu negativen Rückmeldungen, sondern auch zu Lob einzuladen, kann der Meckerkasten zum Lob- und Meckerkasten umbenannt werden.

### *Drei + und drei –*

Hier handelt es sich um eine sehr offene Rückmeldung, die wenig vorstrukturiert ist und auch entsprechend geringen Vorbereitungsaufwand erfordert. Die Schülerinnen und Schüler werden gebeten, auf einen zweigeteilten Zettel jeweils drei positive und drei negative Äußerungen zur Unterrichtseinheit oder zum Halbjahresunterricht im Fach Physik aufzuschreiben. Wie detailliert die Rückmeldung ausfällt, hängt von den jeweiligen Lernenden ab, der Aufwand bei der Auswertung kann entsprechend hoch sein.

**Zitierte Literatur**

- Bastian, J., Combe, A., & Langer, R. (2005). *Feedback-Methoden*. Weinheim: Beltz.
- Becker, G.E. (1998). *Unterricht auswerten und beurteilen*. Weinheim: Beltz.
- Brenner, G. & Brenner, K. (2005). *Fundgrube Methoden I für alle Fächer*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Brophy, J., Ed. (2004). *Using videos in teacher education*. Amsterdam: Elsevier.
- Fischler, H. (2006). Videoaufnahmen von fremdem und eigenem Unterricht. *Unterricht Physik*, 17, Heft 92 (Unterricht überdenken, Unterricht entwickeln), 19-21.
- Häußler, P. & Duit, R. (1997). Die Portfoliomethode – Ein Verfahren zur individualisierten Unterrichtsbewertung. *Unterricht Physik*, 8, Heft 38 (Unterricht bewerten), 18-23.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyer.
- Rabe, T. (2006). Motivation, Interesse und Selbstkonzept im Physikunterricht. In H. Mikelskis, Hrsg., *Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 253-269). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Schröder, H.-J. (2006). Was denken Schülerinnen und Schüler über den Unterricht? Einsatz eines Fragebogens zur Erfassung von Schülereinschätzungen. *Unterricht Physik*, 17, Heft 92 (Unterricht überdenken, Unterricht entwickeln), pp. 14-18

**Zum Weiterlesen**

*Ein Themenheft mit einer Reihe von Beiträgen zum Thema des vorliegenden Briefes, u.a. zum Schülerfeedback*

- Fischler, H., Hrsg. (2006). Unterricht Überdenken – Unterricht Bewerten. *Unterricht Physik*, 17, Heft 92.



## *Moderne Technologien im Unterricht - Sinn und Zweck*

### *Aktualität*

Moderne Technologien sind heute nicht mehr allein in Forschung und Industrie zu finden. Handys, Ohrthermometer (Strahlungsthermometer) und Bewegungsmelder an Hauseingängen gehören auch zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Medien berichten über technische Entwicklungen, die Werbung in Film- und Printmedien verspricht eine fortschrittliche, zukunftsweisende Technik mit Fachausdrücken wie "NANO", "ABS", "ESP" oder "Digitale Sensorik". Zu den Sachverhalten besteht jedoch oft ein erheblicher Erklärungsbedarf. Dem darf sich der Physikunterricht nicht verschließen, wenn Physik nicht ein Fach aus dem letzten Jahrhundert bleiben soll. Unterricht über moderne Technologien leistet auch einen Beitrag zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung und steht im Zusammenhang mit dem Begriff der "Scientific Literacy": "*Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.*" (Deutsches PISA-Konsortium, 2000, S. 23). In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss wird eine solche Grundbildung gefordert.

### *Erklärungswert von Physikunterricht*

Was ist ein "Schneller Brüter"? Welche Vorteile bieten Nano-Technologien (was gehört überhaupt dazu)? Wie funktioniert ein Wasser-Alarmmelder? Lassen sich Bewegungsmelder an Hauseingängen "überlisten", sind sie wirklich eine gute Einbruchsicherung?

Die Schüler sollen den Nutzen des Physikunterrichts und der Physik anhand aktueller Fragen und konkreter Anwendungen erfahren. Neben der Behandlung großtechnischer Geräte lassen sich auch moderne Technologien an Geräten aufdecken, die Schülerinnen und Schüler selbst verwenden. Physik kann dabei als sinnvolle Erklärungsgrundlage und sinnvolles Werkzeug für ein tieferes Verständnis unserer technischen Lebenswelt erkannt werden.

### *Konkretisierung und funktionelles Wissen*

"Warum soll ich wissen, was ein elektrischer Widerstand ist?" - Wasser-Alarmmelder, Drucksensoren in Autositzen, Joysticks und Steuerungsgeräte für Videospiele nutzen Widerstände als Sensoren. Auch Körperwaagen verwenden Widerstandsmessungen, um den Körperfettanteil zu bestimmen. Moderne Technologien können Inhalte aus dem Physikunterricht in einen funktionellen Rahmen stellen. Physikalische Inhalte bleiben nicht mehr Selbstzweck, sondern sind in einen Anwendungskontext eingebunden. Zwei Blickrichtungen sind denkbar:

1. An modernen Technologien lassen sich grundlegende physikalische Sachverhalte und Gesetzmäßigkeiten aufdecken und lernen. Technische Geräte können Anlässe für naturwissenschaftliches Arbeiten bieten. Ein Beispiel ist das Untersuchen und Analysieren von Geräten aus der Haustechnik, wie Rauchmelder, Fernsehfernbedienung, verbunden mit systematischen Messungen relevanter Größen.
2. Bereits verfügbares physikalisches Wissen lässt sich anwenden, um Technologien zu verstehen und bietet die Basis für funktionelle Prüfungen: Misst ein Gerät auch das, was es messen soll und mit welcher Genauigkeit? (Wie genau misst beispielsweise ein Ultraschall-Entfernungsmesser aus dem Baumarkt bei verschiedenen Temperaturen und in verwinkelten Räumen?)

## ***Das Potenzial für Lernprozesse bewusst nutzen***

### *Situated learning & anchored instruction*

Häufig verfügen Schülerinnen und Schüler über falsch angelerntes Faktenwissen. Begriffe werden wie Vokabeln auswendig gelernt und abgerufen. Damit lassen sich nur einfache, idealisierte Aufgabenstellungen bearbeiten. Echte Problemlösungen und eine Umsetzung des Wissens in konkreten Anwendungen sind mit dem sog. "trägen", nicht anwendbaren Wissen nicht zu leisten. Entsprechend den Ansätzen des „Situieren Lernens“ (Gruber & Renkl, 2000) und der "anchored instruction" (Bransford et al., 1990) sollen deshalb Fachwissen und Fachinhalte in *authentischen* Kontexten verankert werden (vgl. PIKO-BRIEF 5).

### *Unterricht für außerschulische Kontexte öffnen*

Moderne Technologien eröffnen Anknüpfungspunkte, um das Lernen mit Wissensbezügen zu erweitern, die über den üblichen Unterrichtsrahmen hinaus gehen. Dazu gehört der Besuch großtechnischer Anlagen und Labors. Auch Schülerlabore, ebenso wie Themen aus Haus- und Fahrzeugtechnik oder Sport- und Heimmedizin für den Privatbereich sind zu nennen (z. B. Pulsuhr und Blutdruck-Messgeräte, zu denen Schülerinnen und Schüler auch direkten Zugang haben). Authentische Kontexte stellen eine Verbindung zwischen Wissen aus dem Physikunterricht und der Realwelt her.

### *Physik erleben*

Mit modernen Technologien lässt sich Physik erleben (mitunter direkt am eigenen Körper). Selbstbau-Lügendetektoren aus dem Elektronikhandel, Körperfettmessgeräte, Pulsuhren oder Infrarotthermometer zur berührungsfreien Messung von Oberflächentemperaturen koppeln physikalische Messungen mit Empfindungen und Wahrnehmungen und steigern den Erlebniswert von Physikunterricht.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist Lernen in so genannten „Learning Communities“ (Lave & Wenger, 1991). Schülerinnen und Schüler können an Geräten gemeinsam experimentieren, über Lösungsvorschläge nachdenken und diskutieren sowie zu einer fachlichen, am Gegenstand ausgerichteten Kommunikation angeleitet werden (PIKO-BRIEF 6). Dies kann auch durch kleine Forschergruppen realisiert werden, die Funktionsweisen eines Gerätes analysieren und überprüfen (PIKO-BRIEF 11). Zu großtechnischen Anlagen lassen sich über moderne Medien aktuelle Informationen einholen, die sich Schülerinnen und Schüler gegenseitig präsentieren.

### *Naturwissenschaftliches und technisches Arbeiten*

Im Bereich moderner Alltagstechnologien bietet sich für den Unterricht auch ein „Nacherfinden“ als Verfahren an. Schülerinnen und Schüler analysieren Anwendungen und Alltagsgeräte, rekonstruieren die Funktionsweisen, finden Anpassungen an die eigenen Wünsche und konstruieren entsprechende eigene Anwendungen. So lassen sich aus der Kenntnis der Funktionsweise eines Fensteröffnungsmelders oder eines Wasserauslaufmelders weitere Alarmanlagen mit einer ähnlichen Funktionsweise entwickeln.

#### 1. Analysieren

Für das Analysieren von Geräten und Anwendungen müssen die Schüler eigenes Wissen anwenden, aber auch neue Informationen sammeln. Hierfür gibt es zu vielen Geräten und Sensoren aktuelles Informationsmaterial im Internet. Die Schüler bilden Hypothesen über die Funktionsweise. Geeignete Verfahren zur Verifikation der Vermutungen müssen sie sich selbst überlegen.

## 2. Rekonstruieren

Funktionseinheiten werden nachgebaut. Beispielsweise lassen sich viele einfache Anwendungen aus der Sensorik mit elektrischen Widerständen nachbauen (z. B. Drucksensoren, Neigungsschalter).

## 3. Konstruktion eigener Anwendungen

Aufbauend auf den erworbenen Erkenntnissen können nun auch eigene Anwendungen realisiert werden. Dabei erleben die Schüler/innen selbst die Schwierigkeiten, die bei einer solchen Aufgabe auftreten können. Sie durchleben den Prozess der Entwicklung „neuer“ Technologien und erfahren dabei Misserfolge, aber auch den Stolz, eine eigene Anwendung realisiert zu haben.

### ***Neue Anforderungen nicht übersehen - neue Methoden***

Komplexität der Sachverhalte und neues Fachwissen (auch für die Lehrenden) machen einen Unterricht über moderne Technologien nicht immer einfach. Wichtige Werkzeuge sind modulares Denken (das auch den Schülerinnen und Schülern vermittelt werden soll) sowie Schritte zur Elementarisierung und die "Didaktische Rekonstruktion" (PIKO-BRIEF 3).

#### *Denken und Unterrichten in Funktionsmodulen*

Hilfreich ist ein Denken, das in der Technik speziell bei komplexen Problemstellungen oft angewendet werden muss. Alle Details über Bauelemente in einem komplexen System können und müssen nicht verstanden sein. Allerdings muss man in der Lage sein zu prüfen, ob die Elemente ihre gewünschte Funktion erfüllen. Input und Output von Funktionsmodulen müssen definierbar und prüfbar sein. Verschiedene Einheiten wie z. B. eine Verstärkerschaltung oder die Auswerteelektronik sind als abgeschlossene Module zu betrachten, die nicht weiter analysiert werden. Dies kann ggf. später und auf einem höheren Leistungsniveau erfolgen. Modulare Betrachtungsweisen werden in unserer technisierten Welt mit fortschreitenden Entwicklungen immer wichtiger.

#### *Fachinhalte auswählen und elementarisieren*

Oft müssen komplexe Zusammenhänge verständlich vereinfacht werden. Reduktion auf wesentliche Inhalte und Elementarisierung sind gefordert. Deshalb sind nachfolgend kurz einige Ansätze zusammengestellt (Für weitere Details siehe Kircher, 2009).

### ***Kleine „Rezepte“ und Ideen für den Unterricht***

#### *Beschränkung auf grundlegende Funktionsprinzipien und auf qualitative Aussagen*

Anknüpfend an das Denken in Funktionsmodulen kann die Behandlung komplexer Zusammenhänge auf das eigentliche Funktionsprinzip reduziert werden. Erkenntnisse werden dabei lediglich in "je-desto-Aussagen" formuliert und nicht quantifiziert oder in Formeln ausgedrückt.

#### *Mit Analogien arbeiten*

Physikalische Zusammenhänge lassen sich häufig mit Analogien einfach und verständlich darstellen. Dabei stellen Analogien meist nur Ausschnitte eines Sachverhalts dar. Diese sind immer auf Anwendbarkeit, aber auch auf fachliche Richtigkeit zu prüfen (Duit & Glynn, 1992).

*Modellbildung*

Ohne Modellvorstellungen ist ein grundlegendes Verständnis komplexer Zusammenhänge gerade in solchen Bereichen kaum möglich, die einer direkten Sinneserfahrung entzogen sind, wie beispielsweise die Nanowelt (Hackl & Mikelskis-Seifert, 2007).<sup>1</sup> (PIKO-BRIEF 8).

Hilfen können auch gegenständliche Modelle, insbesondere bei Alltagstechnologien bieten. Funktionsmodelle können grundlegende Prozesse veranschaulichen oder sogar in vereinfachter Form die gewünschte Funktion erfüllen, z. B. selbst gebaute Neigungsschalter oder Wasserstandsmelder in der Sensorik.

*Anknüpfungsmöglichkeiten nutzen*

Viele Geräte kennen Schülerinnen und Schüler bereits aus ihrem Alltag. Anwendungen, wie die Messung der Körpertemperatur oder des Blutdrucks, lassen sich an Erfahrungen bei Arztbesuchen anknüpfen. Doch auch im häuslichen Umfeld begegnen Schülerinnen und Schüler modernen Technologien. Das Sammeln von Nachrichten in Zeitungen oder Dokumentationen im Fernsehen kann ein weiterer Anknüpfungspunkt sein. Häufig haben Schülerinnen und Schüler bereits Fragen zu dem einen oder anderen Alltagsgerät, das sie im eigenen Haushalt kennen gelernt oder im Bekanntenkreis bewundert haben. Diese können im Unterricht aufgegriffen werden. Nicht zuletzt stellen Nachrichten und Mitteilungen zu neuesten Forschungsergebnissen und Entwicklungen einen interessanten Anknüpfungspunkt für naturwissenschaftliche Fragestellungen bereit.

*Schülervorwissen und Eigenaktivitäten einbinden*

Schülerinnen und Schüler verwenden zur Erklärung ihrer Umwelt nicht selten naive Theorien mit Fehlvorstellungen. Oft verleitet dazu auch der Sprachgebrauch. So "sieht" der Bewegungsmelder im engeren Sinne nicht direkt Bewegungen, sondern reagiert auf Änderung der Wärmestrahlung. Der Körperfettmesser misst nicht direkt das „Fett“, und nicht überall wo NANO draufsteht ist auch "NANO drin". Schülerinnen und Schülern soll die Möglichkeit geboten werden, an eigenen Vorstellungen zu arbeiten (PIKO-BRIEF 1). Dazu hilft die eigene aktive Auseinandersetzung mit den Gegenständen. Attraktive Versuche, wie die Widerstandsmessung am Körperfettmessgerät, Modelle zu Funktionsweisen und Analogien können Schüler selbst entwickeln und prüfen. Dann wird Physik als Erklärungsgrundlage akzeptiert.

***Minimalschritte aus einer didaktischen Rekonstruktion***

Abschließend folgt ein kurzes Beispiel für eine didaktische Rekonstruktion (PIKO-BRIEF 3) zur Infrarotsensorik. In jedem Schritt wird versucht, eine grundlegende physikalische Aussage zu elementarisieren, an Alltagserfahrungen oder direkte physiologische Wahrnehmungen anzuknüpfen und eine Verständniseinheit aufzubauen.

*1. Jeder Körper strahlt elektromagnetische Wellen ab*

Körper mit einer Temperatur über 0 K strahlen elektromagnetische Wellen ab. Je höher die Temperatur, desto intensiver ist die Strahlung. Bei Temperaturen ab ca. 1000 K wird die Strahlung sichtbar. Mit zunehmender Temperatur ändert sich die Farbe von rot zu weiß; der Blauanteil steigt.

*Anknüpfen an Alltagserfahrungen:*

Schüler kennen glühende Cerankochfelder und Grillkohlen. Aber nicht jeder Körper strahlt im sichtbaren Bereich. Eine unsichtbare, intensive Wärmestrahlung kann man allerdings fühlen, beispielsweise in der näheren Umgebung einer Heizplatte oder eines Heizstrahlers.

---

<sup>1</sup> s. auch den PIKO-UNTERRICHTSENTWURF 5.12 zur Erschließung der „Nanowelt“.

## 2. Mit der Strahlung ist ein Transport von Energie verbunden

Wärmestrahlungsquellen geben Energie in Form elektromagnetischer Strahlung ab. Trifft die Strahlung auf einen Körper, wird diese zum Teil absorbiert und in innere Energie umgewandelt.

*Verankerung an Alltagserfahrungen:*

Beim Sonnenbaden hat jeder Schüler sozusagen schon einmal Energie „getankt“. Einfache Versuche mit einem Brennglas können eine Energieübertragung zusätzlich verdeutlichen.

## 3. Energie wird vom Sensor aufgenommen und löst ein Signal aus

Verschiedene physikalische Effekte wandeln die Strahlung in elektrische Energie um. So ist es möglich, Temperaturen berührungslos zu messen und Bewegungen zu erfassen.

*Anknüpfen an Alltagserfahrungen:*

Aus ihrem Alltag kennen Schülerinnen und Schüler Ohrthermometer und Bewegungsmelder. (Hier kommen Thermosäule und Pyroelektrika zum Einsatz.)

## Zitierte Literatur

- Bransford, J.D., Sherwood, R. D., Hasselbring, T. S., Kinzer, Ch., K., & Williams, S. M. (1990). Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Eds), *Cognition, education and multimedia* (pp. 115-141). Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Deutsches PISA-Konsortium. Hrsg (2000). *Schülerleistungen im internationalen Vergleich: Eine Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Duit, R. & Glynn, S. (1995). Analogien - Brücken zum Verständnis. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 43, Mai, 4-10.
- Gruber, H. & Renkl, A. (2000). Die Kluft zwischen Wissen und Handeln: Das Problem des trägen Wissens. In G. H. Neuweg, Hrsg., *Wissen – Können – Reflektion* (pp. 155-174). Wien: Studien-Verlag.
- Hackl, R. & Mikelskis, S. (2007). Nano im Unterricht? Neue Themen für die Sekundarstufe I durch die Integration moderner Technologien in den Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 18, Heft 98, 36-43.
- Kircher, E. (2009). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler, Hrsg., *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (pp. 113-148). Berlin: Springer.
- Lave, J. & Wenger, E (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.

## Weitere Hinweise

In diesem Themenheft finden gibt es Beispiele für Unterricht über moderne Technologien:  
Girwidz, R., Hrsg. (2006). Sensoren. *Unterricht Physik*, 17, Heft 91.

In den folgenden **PIKO-UNTERRICHTSENTWÜRFEN** finden sich weitere Beispiele für Unterricht, in dem moderne Technologien im Mittelpunkt stehen:

- 5.4 Temperatursensoren – Erleben, Verstehen, Anwenden
- 5.11 Körperfettmessung – ein Thema für den Physikunterricht?
- 5.12 Von Alltagserfahrungen zur Erschließung der Nanowelt