

# PLUS LUCIS

ISSN 1606-3015

# 2/2001

---

VEREIN ZUR FÖRDERUNG DES PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHTS  
ÖSTERREICHISCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT - FACHAUSSCHUSS LEHRER AN HÖHEREN SCHULEN



Schwerpunkt IMST<sup>2</sup>

Chancen für den Physikunterricht

Physikunterricht als moderierter Dialog

Kreisprozesse mit Kupfer

Mechanisches Fernsehen

Life in the Universe

Forscher Geist

Freihandexperimente

Bücher

# Physik Chemie

# Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit

## Zehn Thesen zur physikalischen Bildung

Peter Labudde

*Wie lassen sich mehr junge Menschen für eine naturwissenschaftlich-technische Ausbildung begeistern? Wie können wir allen Schülerinnen und Schülern Wege zur Physik, einem Pfeiler der Weltkultur, erschließen? Wir diskutieren diese Fragen immer wieder unter Kolleginnen und Kollegen, in Schule und Universität, im Modellversuch IMST<sup>2</sup> (Innovations in Mathematics, Science, and Technology Teaching) oder im PFL-Lehrgang. Die Diskussion wird hier fortgesetzt: So anspruchsvoll die Physik auch ist, noch anspruchsvoller sind Lehre und Unterricht. Zehn plakative Thesen sollen zum Nachdenken anregen, sollen provozieren. Sie sollen vor allem aber helfen, den eigenen Standort zu bestimmen, die Stärken des eigenen Unterrichts sichtbar zu machen und Anstöße für dessen Weiterentwicklung zu liefern.*

Die Thesen basieren auf Forschungsergebnissen der Physikdidaktik, Lernpsychologie, Wissenschaftstheorie und nicht zuletzt Physik. Wir können hier auf einige gesicherte empirische Aussagen zählen. Aus ihnen lassen sich Ansprüche an den Unterricht formulieren – allgemein [1], aber auch speziell an das Fach Physik. Damit sind gleichzeitig Chancen und Herausforderungen verbunden für die Lernenden, wie auch für Lehrende an Schulen und Hochschulen.

### 1. Exemplarisch Physik des 20. Jahrhunderts erarbeiten

Physik und Technik spürten in den letzten Jahrzehnten einen gesellschaftlichen Gegenwind. Und trotzdem, nach wie vor interessieren sich viele Jugendliche für naturwissenschaftliche Probleme und Phänomene [2]. Sie stellen Grundfragen des Seins: Woraus besteht Materie, wie hat sich das Universum entwickelt? Sie wollen mehr über technische Anwendungen lernen: Wie funktionieren Global Positioning System und Nieder-Energie-Haus, welcher Nutzen, welche Risiken sind damit verbunden? Sie interessieren sich für Medizinphysik: Was bedeuten Laser-Endoskopie und Computer-Tomographie?

Will man an moderne Forschungsmethoden heranführen oder neueste Technologien verständlich machen, darf sich der Unterricht in Moderner Physik nicht auf Quantenphysik und spezielle Relativitätstheorie beschränken. Auch aktuelle Forschungsergebnisse und technische Anwendungen müssen erarbeitet werden. Das kann nicht umfassend geschehen, sondern nur im exemplarischen Sinn. Hier ist die Physikdidaktik gefordert: Sie entwickelt Unterrichtsideen zu aktueller Physik auf der Basis von Physik, Wissenschaftstheorie und Lernpsychologie. Und sie hat die Umsetzung sorgfältig zu evaluieren, entsprechend den Standards sozialwissenschaftlicher Forschung. Sollen diese Ideen in die Praxis umgesetzt werden, müssen die Lehrpläne entrümpelt werden. Wir schleppen aus alter Ge-

wohnheit Inhalte mit, die weder für eine physikalische Grundbildung notwendig sind, noch viele Lernende interessieren!

### 2. Das Vorverständnis der Lernenden einbeziehen

Physikalische Inhalte, ihre Bedeutung für Wissenschaft und Allgemeinbildung, spannen den fachlichen Rahmen für Unterrichtsvorbereitung und -durchführung auf. Den zweiten Rahmen bilden Vorwissen, Lernprozesse und Lernschwierigkeiten der Jugendlichen. Beide sind wichtig und gleichermaßen zu berücksichtigen. Die Fachdidaktik spricht hier von didaktischer Rekonstruktion der physikalischen Sachstruktur [3].

Physikunterricht ist so zu planen und durchzuführen, dass Schülerinnen und Schüler immer wieder Gelegenheit erhalten, ihr individuelles Vorverständnis explizit einzubringen. Das Vorverständnis – aus Alltag und früherem Unterricht – umfasst konzeptionelles und methodologisches Wissen, die Alltagssprache, Interessen und Einstellungen. Darauf basierend 'konstruiert' das Individuum neues Wissen, gibt ihm eine Struktur, in der Alltags- und Fachwissen verbunden sind. Bei dieser Lerntheorie handelt es sich um den sogenannten konstruktivistischen Ansatz [2 - 5]. Auf ihn stützt sich die Physikdidaktik seit Jahren weltweit. So bildete die Erforschung des Vorverständnisses zu physikspezifischen Begriffen wie Kraft oder elektrischer Stromkreis sowie die Entwicklung von Unterrichtskonzepten zur Verbindung von Vorverständnis und Physik den Forschungsschwerpunkt der letzten zwanzig Jahre.

Mit der Integration des Vorverständnisses werden zwei Ziele erreicht: ein vertieftes Verstehen der Inhalte sowie eine bessere Motivation für die Physik. Werden Lernende im Sinne des Konstruktivismus abgeholt, fühlen sie sich ernst genommen. Sie können ihr Vorwissen (Bsp. 1) und ihre Fragen (Bsp. 2) einbringen, ihre Alltagserfahrungen mit der Physik verbinden. Sie erhalten die Chance, vermehrt vertikale Verknüpfungen herzustellen, d.h. innerhalb der Physik (kumulatives Lernen), wie auch horizontale Verknüpfungen, d.h. von der Physik zu anderen Wissenschaften (vernetztes Lernen).

### 3. Physik in einen lebensweltlichen Kontext einbetten

Die Integration des Vorverständnisses oder fächerübergreifende Bezüge lassen sich leichter realisieren, wenn physikalische Inhalte in einen lebensweltlichen Kontext eingebettet werden, so weit dies möglich ist. Das können Bezüge zum Alltag sein (stehende-Transversalwellen bei der Gitarre, die schiefe Ebene anhand einer Skischanze), zum eigenen Körper (Kräfte und Drehmomente beim Geräteturnen, das Herz als Pumpe) oder authentische offene Probleme (ein Energiespar-konzept für das Schulhaus, die Konstruktion eines mechanisch angetriebenen Schiffs).

Prof. Dr. Peter Labudde, Universität Bern, Höheres Lehramt, Postfach, CH - 3000 Bern 9, labudde@sis.unibe.ch

### Beispiel 1: Tief ins Glas schauen - physikalisch



"Wo befindet sich das Bild?" Schülerinnen und Schüler werden ermuntert, Hypothesen aufzustellen. Einige antworten: "Natürlich im Weinglas!" Andere widersprechen: "Das Glas wirkt wie eine Linse, dort ist das Bild aber außerhalb der Linse." Und dritte meinen: "Das Bild entsteht in unseren Augen. Nein, eigentlich sogar erst in unserem Kopf." Dieses Schülerexperiment lässt sich in einer Unterrichtseinheit zur Geometrischen Optik durchführen. Es kann sowohl zum Einstieg dienen, d.h. zur Problemaufarbeitung, wie auch als Anwendung der Optischen Abbildung.

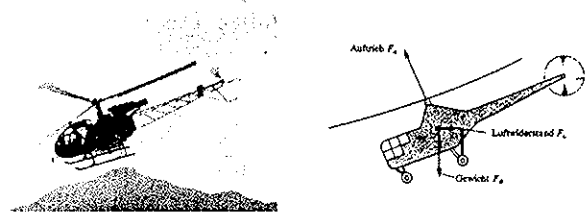
In Bezug auf die Integration des Vorverständnisses ist wichtig, dass die Antworten nicht kurz abgehakt, sondern mit ihren individuellen Begründungen ausführlich diskutiert werden. Erst dann führen die Jugendlichen weitere Experimente durch, z.B. stellen sie hinter das Weinglas einen Schirm, auf dem sich das Bild auffangen lässt. Anschließend vergleichen sie ihre Hypothesen mit den experimentellen Resultaten [6].

Hier wird den Lernenden explizit die Möglichkeit gegeben, das individuelle Vorverständnis einzubringen. Ihre Antworten bestimmen als zentrale Elemente den Unterrichtsverlauf. Die Jugendlichen führen wissenschaftliche Streitgespräche. Geleitet von eigenen Hypothesen planen sie Experimente, werten diese aus und vergleichen das Resultat mit ihren Anfangsvorstellungen. Sie verbinden so ihr Vorverständnis mit der Physik. Gleichzeitig erleben sie naturwissenschaftliches Arbeiten, Kommunikation und Kooperation [7, 8].

Ziel ist ein sinnvoll strukturiertes Begriffsgebäude der Physik. Wobei der Weg dorthin über Beispiele und Phänomene führt, die der Lebenswelt entstammen und die die Notwendigkeit einer klaren Begriffsbildung offenkundig machen. Die Alltagsbeispiele dienen also der Entwicklung eines strukturierten physikalischen Begriffsnetzes und physikalischer Modelle. Jugendliche sollen erkennen: Die Physik ist eine Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen herzustellen, sie zu ordnen und verstehen.

Empirische Untersuchungen belegen [2, 9, 10]: Unisono wünschen Jugendliche nachdrücklich einen lebensweltlichen Bezug im Physikunterricht. Die Studien zeigen zudem: Dieser Bezug hängt signifikant mit motivationalen Variablen zusammen, wie der Beliebtheit des Unterrichts und dem Selbstvertrauen in Physik. Hingegen gibt es kaum Zusammenhänge mit dem physikalischen Wissen, wie es in traditionellen Tests geprüft wird. Das könnte allerdings eine Frage der Prüfungskultur sein [11; These 9].

### Beispiel 2: Wie fliegt ein Hubschrauber?



In Mittel- und Oberstufe kann der Hubschrauber dazu dienen, die Newtonschen Axiome zu erarbeiten oder zu vertiefen. Sei es am Anfang der Unterrichtseinheit, um ein Problembewusstsein zu schaffen, sei es am Ende, um die Axiome in einem technischen Beispiel anzuwenden: "Warum kann ein Helikopter in der Luft stehen bleiben? Wie fliegt er nach vorne, hinten, zur Seite?" In der folgenden Diskussion dann: "Welche Kräfte wirken auf den Hubschrauber?"

Schülerinnen und Schüler erarbeiten schlussendlich: Im Schwebeflug halten sich Gewicht und aerodynamischer Auftrieb das Gleichgewicht. Um horizontal vorwärts zu beschleunigen, wird der Hubschrauber nach vorne gekippt; der Auftrieb weist dann eine Horizontal- und eine Vertikalkomponente auf. Letztere kompensiert das Gewicht, erstere beschleunigt den Helikopter. Wenn die Horizontalkomponente den gleichen Betrag aufweist wie der Luftwiderstand, fliegt der Helikopter mit konstanter Geschwindigkeit.

Weitere Fragen können innerhalb und außerhalb der Physik neue Einsichten und Verbindungen schaffen [7]: Wieso kann ein Hubschrauber überhaupt fliegen? (Aerodynamischer Auftrieb, Anstellwinkel) Wozu dient der Heckrotor? (Drehimpuls) Wie wird der Hubschrauber gekippt, d.h. gesteuert? (Kollektive und periodische Blattverstellung, Taumelscheibe) Warum kann ein Helikopter nur bis auf eine bestimmte Höhe fliegen? (Barometerformel, Luftdichte in Abhängigkeit von Temperatur und Höhe) Was ist der gesellschaftliche Nutzen, welches sind Risiken und Nachteile? (Rettungs- und Transportwesen, Kerosenverbrauch, Lärmbelästigung von Mensch und Tier).

## 4. Fächerübergreifend vernetzen

Es gibt mindestens vier Gründe für fächerübergreifenden Unterricht:

- Wissenschaftspropädeutik: d.h. Methoden, Chancen und Grenzen der Physik im Vergleich zu anderen Disziplinen und Arten der Weltbegegnung kennenlernen,
- allgemeine Bildungsziele bzw. Schlüsselqualifikationen: z.B. die Fähigkeit zu Perspektivenwechsel und Toleranz erwerben, indem ein Problem von verschiedenen Seiten analysiert wird,
- der Konstruktivismus als Lern-Lehr-Modell: die Integration des Vorverständnisses ist nicht ohne interdisziplinäre Verbindungen denkbar, denn das Vorwissen ist noch nicht nach Fächern geordnet, d.h. nicht diszipliniert,
- Schlüsselprobleme der Menschheit, wie Ozonloch oder Rohstoffmangel, lassen sich nur interdisziplinär lösen.

Fächerübergreifender Unterricht kann den lateralen Wissenstransfer erhöhen. D.h. Lernenden können ihr physikalisches Wissen häufiger außerhalb des Physikzimmers anwenden, sei es in anderen Fächern oder im Alltag. Das Wissen wird damit nachhaltig und 'allgemein-bildend'.

In Ländern wie England, Kanada oder der Schweiz ist fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht im 5. - 9. Schuljahr der Normalfall. Und in den Jahren 10 - 13 gibt es in Ergänzung zum Fachunterricht Freiräume für interdisziplinäre Projekte, Blockwochen, Semester- oder Maturaarbeiten. Fächerübergreifender Unterricht, als Oberbegriff verwendet, wird dabei in all seinen Varianten umgesetzt, vom fachüberschreitenden, über fächerkoordinierenden hin zum fächerergänzenden und integrierten Unterricht [2]. Die Third International Mathematics and Science Study zeigte, dass die Kinder und Jugendlichen dieser Länder ein mindestens ebenso hohes Niveau erreichten wie diejenigen in Ländern mit gefächertem Unterricht, z.B. Österreich oder Deutschland [12]. Fächerübergreifende Ansätze in bzw. mit Physik müssen nicht zur Beliebigkeit der Fachinhalte führen, sie vermitteln keine Allerweltsphysik, sondern bieten in Schule und Studium noch wenig genutzte Chancen.

## 5. Naturwissenschaftlich experimentieren

Für einen deutschen Modellversuch, der ähnliche Ziele wie das österreichische IMST<sup>2</sup>-Projekt verfolgt, wird festgehalten [11]: "Das Experimentieren, Beobachten, Vergleichen und Systematisieren spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine herausragende Rolle. [...] Gleichgültig, ob Lehrkräfte oder Schüler Versuche durchführen, das Formulieren von Fragestellungen und Vermutungen, die Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse und das Reflektieren der Vorgehensweise müssen zur Selbstverständlichkeit werden."

Unterrichtsbeobachtungen zeigen ein ernüchterndes Bild: Die Art und Weise, in der Experimente durchgeführt werden, stützt oftmals zu wenig den Lernprozess. Schülerinnen und Schüler erhalten nur selten die Gelegenheit, selbstständig Versuche zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Zudem gibt es keine Aufgaben- und Prüfungskultur, die naturwissenschaftliches Experimentieren in größerem Umfang einbeziehen würde.

Physikalische Versuche dürfen nicht um ihrer selbst eingesetzt werden. Bei jedem Demonstrationsexperiment und jeder 'hands-on-activity' muss das Ziel in Bezug auf Lernprozess und Unterrichtsablauf klar sein. Drei Hauptzwecke lassen sich unterscheiden [10]: "1) Providing first-hand experience, so that pupils can 'see it for themselves'. 2) Testing ideas by making predictions, setting up a valid test, collecting reliable evidence and relating what is found to the original idea. 3) Experience of 'doing science' through carrying out an investigation which has a certain degree of open-endedness."

Es gilt, günstige Voraussetzungen für das Experimentieren zu schaffen. Diese sind noch nicht immer selbstverständlich: Doppellektionen, Blockhalbtage oder -wochen statt des 45'-Rhythmus; ein breites Spektrum von Unterrichtsmethoden mit Projektarbeiten, Fallstudien oder Lernzirkeln; die Nutzung des Computers für Datenerfassung und -verarbeitung; der Einbezug von Schülerexperimenten, Projekt- und Semesterarbeiten in die Notengebung.

## 6. Qualitativ und quantitativ argumentieren

Unter dem Titel "Die Zukunft der Physik sichern" war 1999 in den Physikalischen Blättern, der Fachzeitschrift der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, zu lesen: "In der Schule müssen bis zur Oberstufe die Faszination und der spielerische Umgang mit wissenschaftlichen Inhalten Vorrang vor einer formalistischen Herangehensweise haben." Viele 12- bis 15-Jährige finden in der Mittelstufe schlecht Zugang zur Physik, weil sie durch eine vorschnelle Mathematisierung vergrault werden. Ihr kognitiver Entwicklungsstand läßt die Verarbeitung der angebotenen Informationen oft nicht zu. Sie können, auch bei bestem Willen, nicht alles verstehen.

Es gibt ein zweites, wissenschaftstheoretisches Argument gegen ein einseitig quantitatives Vorgehen: Physik ist dadurch gekennzeichnet, dass sich qualitatives und quantitatives Arbeiten komplementär ergänzen. So schreibt ein Schüler Fermis über dessen Arbeitsweise: "From Fermi I learnt to look at things qualitatively first and understand the problem *physically* before putting a lot of formulas on paper. [...] Fermi was as much an experimenter as a theorist, and the mathematical solution was for him more a confirmation of his understanding of a problem than the basis of it." Hier wird physikalisches Verstehen sogar mit qualitativem Vorgehen gleichgesetzt, das Quantitative folgt sekundär.

Die Qualität des Physikunterrichts hängt entscheidend davon ab, ob qualitatives und quantitatives Vorgehen gut ausbalanciert sind. Zum einen sollten neue Begriffe und Modelle zunächst qualitativ erarbeitet werden. Zum anderen sollten Jugendliche zuallererst, bevor die Physik mit Mathematik und quantitativen Experimenten zugeschüttet wird, aus der Sache heraus eine Einsicht entwickeln können: nämlich ein Verständnis für die Notwendigkeit von Formalismen und quantitativen Laborexperimenten! Diese Einsicht wird fälschlicherweise vorausgesetzt. Dabei wäre sie für die Schule ein zentrales allgemeinbildendes Ziel.

## 7. Mädchengerecht unterrichten

Das Problem ist aus vielen empirischen Studien bekannt: Es gelingt zu wenig, Mädchen und jungen Frauen Wege zur Physik zu erschließen. Als Lehrkräfte müssen wir uns verschiedenen Herausforderungen stellen [2, 9, 13]: Mädchen zeigen im Vergleich zu Jungen weniger Interesse an und geringere Leistungen in Physik. Ihr Selbstvertrauen in diesem Fach ist schwach. Physik hat ein männliches Image. Das Vorverständnis weist geschlechtsspezifische Unterschiede auf. Junge Frauen entscheiden sich seltener für einen Beruf oder ein Studium nat.-technischer Richtung. Zahlreiche Modellversuche und physikdidaktische Studien belegen andererseits: Es gibt Möglichkeiten, den Unterricht mädchengerechter zu gestalten.

## 8. Kooperation und Kommunikation fördern

Folgende Argumente sprechen für Kooperation und Kommunikation im Unterricht:

- Physikalische Forschung ist ohne Teamarbeit, ohne den gegenseitigen Austausch in Kolloquien, Konferenzen oder Zeitschriften undenkbar; Warum sollte das, was für die Forschung sinnvoll, ja notwendig ist, nicht auch für die Lehre gelten?

### Wege zu einem mädchengerechten Physikunterricht

Auf der Basis empirischer Forschungsprojekte lassen sich zehn Unterrichtsrezepte zusammenstellen (für eine detaillierte Beschreibung siehe [13]):

1. Auch an die Vorerfahrungen und Interessen der Mädchen anknüpfen
2. Alltagssprache und Fachsprache miteinander vergleichen und verbinden
3. Im Kontextbezug Staunen, Neugierde und Aha-Erlebnisse ermöglichen
4. Kommunikation durch eine kooperative Lernatmosphäre fördern
5. Phasenweise in monogeschlechtlichen Gruppen unterrichten
6. Das Spektrum der Rückmelde- und Bewertungsformen erweitern
7. Das Selbstvertrauen der Mädchen in die eigene Leistungsfähigkeit stützen
8. Identifikationsmöglichkeiten für junge Frauen schaffen
9. Mit Teenagern und Eltern über Geschlechterstereotypen und -vorurteile sprechen
10. Im Unterricht bei aktuellen Anlässen momentan und situationsspezifisch reagieren

- Das Herausarbeiten des Allgemeinen ist charakteristisch für die Wissenschaft Physik wie auch für den Physikunterricht. Dieses Allgemeine erhält nur im Dialog intersubjektive Gültigkeit. Kommunikation und Kooperation sind damit konstitutiv für den Unterricht.
- Im Konstruktivismus wird von 'co-construction of knowledge' gesprochen: In der gemeinsamen Diskussion von Fragen, Hypothesen und Interpretationen gewinnt neues Wissen an Struktur.
- Lehrpläne, Hochschule und Wirtschaft betonen die Bedeutung der Sozial- und Selbstkompetenz. Das Mittragen einer demokratischen Gesellschaft, die Arbeit im Team oder die Orientierung in einer vernetzten Welt verlangen danach.

"Wie können wir den Austausch von Fragen und Ideen zwischen den Lernenden, wie einen wissenschaftlichen Disput initiieren? Setzen wir verschiedene Sozialformen ein? Fördern wir eine kooperative Lernatmosphäre?" Die Umsetzungsmöglichkeiten sind zahlreich, z.B.: Statt auf eine Frage nur eine Person antworten zu lassen, sammelt man unkommentiert mehrere Antworten, notiert diese stichwortartig an der Tafel und stellt sie dann zur Diskussion. Vor der Durchführung eines Versuches werden Hypothesen zuerst in Zweiergruppen, dann im Plenum diskutiert. In Freihandversuchen können Schülerinnen und Schüler ihr Vorwissen einbringen, es untereinander diskutieren und erweitern. Mit diesen Maßnahmen werden nicht nur Zusammenarbeit und Diskussion gefördert, sondern auch Selbstständigkeit, d.h. die Übernahme von Verantwortung für das eigene Lernen.

### Beispiel 3: Schülerexperiment 'Solutions' aus TIMSS



Der TIMSS-Experimentiertest für 13-Jährige mit 12 Versuchen brachte zwei interessante Resultate: Die Mädchen schnitten in allen Ländern gleich gut ab wie die Knaben; dabei hatten sie bei den traditionellen Aufgaben der TIMSS-Haupterhebung klar schlechtere Leistungen gezeigt. Die besten Leistungen erzielten Kinder aus Ländern, in denen Experimentieren groß geschrieben wird, u.a. Singapur, Schweden, Schweiz.- Hier die englische Originalversion des Versuchs 'Solutions':

*Your task:* Investigate what effect different water temperatures have on the speed with which the tablet dissolves.

*This is what you should do:* Plan an experiment to find out what effect different water temperatures have on the speed with which the tablet dissolves.

1. Write your plan here. Your plan should include:
  - how many measurements you will make.
  - what you will measure.
  - how you will present your measurements in a table.
2. Carry out your tests on the tablets. Make a table and record all your measurements.
3. According to your investigation, what effect do different water temperatures have on the speed with which a tablet dissolves?
4. Explain why you think different water temperatures have this effect.
5. If you had to change your plan, describe the changes you made and why you made them. If you did not have to change your plan, write 'No change'.

### 9. Das Beurteilen und Bewerten erneuern

Lernen ohne Rückmeldung ist undenkbar. Sei es, dass Lernende positiv verstärkt werden, indem sie Kompetenzzuwachs erfahren. Sei es, dass sie allein oder in der Gruppe eigene Fehler oder diejenigen anderer analysieren. Im Unterricht müssen über weite Phasen Freiräume bestehen, in denen frei argumentiert werden kann. Unkonventionelle oder falsche Ideen sind hier genauso wichtig wie richtige. Aus dem Prozess des Fehlermachens und der Fehlerkorrektur entwickelt sich Lernen. Was richtig oder falsch ist, wird im Idealfall durch den Disput in der Gruppe oder durch ein Experiment beurteilt. Die Lehrperson sollte davon so weit wie möglich entlastet werden. Stattdessen ermuntert sie vertrauensvoll Jugendliche zu eigen-

nen Lernwegen. Sie sollte zusammen mit ihnen während und nach dem Lernprozess einen Rückblick auf die Lernwege halten. Mit dieser Art von Selbstreflexion und -beurteilung werden metakognitive Fertigkeiten entwickelt, die sich für das eigenständige Lernen als zentral erwiesen haben.

In anderen Unterrichtsphasen geht es dann um das Bewerten, d.h. um die Notengebung. Diese sollte sich auf ein breites Spektrum von Prüfungsformen abstützen. Damit können Jugendliche zeigen, dass sie die vielfältigen Bildungsziele des Physikunterrichts erreichen: So sind im International Baccalaureate, einem an über 800 Schulen abgenommenen weltweiten Zentralabitur, 20% der Unterrichtszeit für Schülerexperimente vorgesehen, die für Zeugnis- und Maturanoten zählen. In der Schweiz schreiben alle Jugendlichen in einem von ihnen gewählten Bereich, z.B. in Physik, eine Art Diplomarbeit für das Abitur. In Victoria/Australien müssen alle Schülerinnen und Schüler jedes Jahr ein kleineres naturwissenschaftliches Projekt bearbeiten. Im TIMSS-Experimentierertest führten 13-Jährige verschiedenste Physik- und Mathematikexperimente durch [14, siehe Bsp. 3].

## 10. Über die Physik und sich lernen

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft, Physiklehrkräfte, wir alle sprechen dem Physikunterricht allgemeinbildenden Charakter zu. Um dieses Ziel zu erreichen, genügt es nicht, einfach Physik zu lehren. Im Unterricht sollten regelmäßig wichtige Charakteristika dieser Wissenschaft *explizit* diskutiert werden. Auf einer Metaebene, aber stets anhand eines konkreten Beispiels, erarbeiten Jugendliche der Oberstufe u.a. folgende Einsichten [4]:

- Ein Ziel der Physik ist, Voraussagen zu liefern. Das aber bedarf eindeutiger und trennscharfer Begriffe. Die Definitionen müssen jede für sich und untereinander konsistent sein. Hierin unterscheiden sich Fach- und Alltagssprache.
- Mit nur wenigen Begriffen und Gesetzen lassen sich sehr verschiedene und sehr lange Argumentationsketten aufbauen. Bei einem Minimum an Begriffen entsteht ein Maximum an Erklärungen und Voraussagen, und zwar in äußerlich verschiedenen Domänen. Was im Alltag nur mit Hunderten von Worten zu beschreiben ist, kann in Physik mit einer Formel auf den Punkt gebracht werden.
- Andererseits beschreibt die Physik nur einen Aspekt der Welt. So liefert sie andere Aussagen und Bilder über den Mond als Joseph von Eichendorff mit dem Gedicht Mondnacht: Physik und Poesie als zwei verschiedene Arten der Weltbegegnung.

Dieses Reflektieren über Physik lässt sich verbinden mit der Reflexion über die eigenen Lernprozesse sowie über die eigenen physikalischen Fragen, Interessen und Einstellungen. Hier treffen sich Metaphysik und Metakognition. Das Werden der Physik verbindet sich mit dem Werden des Menschen.

*Liebe Leserin, lieber Leser: Als ausländisches Mitglied des IMST<sup>2</sup>-Beirats und als regelmäßiger Gastreferent an Österreichischen Weiterbildungsveranstaltungen habe ich etwas Einblick in den Physikunterricht Ihres Landes. Ich bin beeindruckt von den Innovationen und Initiativen, die von Lehrkräften, von Schulen und vom IMST<sup>2</sup>-Projekt ausgehen. Die obigen Thesen sind bewusst kurz und plakativ formuliert, klingen*

*in einigen Passagen vielleicht kritisch und hart. Ich möchte damit Standortbestimmungen ermöglichen und Diskussionen anreizen. Möge es uns gelingen, die Qualität des Physikunterrichts zu sichern und weiterzuentwickeln!*

## Literatur

- [1] J. Baumert: *Ansprüche an den Unterricht in der heutigen Zeit*. Düsseldorf, Ministerium für Schule und Weiterbildung 1997
- [2] P. Häußler et al.: *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. IPN, Universität Kiel 1998
- [3] U. Kattmann et al.: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3/3, 3-18 (1997)
- [4] P. Labudde: *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Haupt*, Bern 2000
- [5] R. Duit: Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41/6, 905-923 (1995)
- [6] P. Labudde: *Alltagsphysik in Schülerversuchen*. Dümmler, Bonn 1996
- [7] P. Labudde: *Erlebniswelt Physik*. Dümmler, Bonn 1993
- [8] P. Labudde: Selbstständig lernen - Eine Chance für den Physikunterricht. *Unterricht Physik* 37, 4-9 (1997)
- [9] M. Monk und J. Osborne: *Good practice in science teaching: What research has to say*. Open University Press, Buckingham 2000
- [10] W. Harlen: *Effective Teaching of Science: A Review of Research*. SCORE, Edinburgh 1999
- [11] BLK-Kommission: *Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des math.-nat. Unterrichts"*. Bonn 1999
- [12] A. Beaton et al.: *Achievement in the Middle School Years: IEA's TIMSS*. Chestnut Hill, MA 1996, <http://timss.bc.edu>
- [13] P. Labudde: Mädchen und Jungen auf dem Weg zur Physik - Reflexive Koedukation im Physikunterricht. *Unterricht Physik* 49, 4-10 (1999)
- [14] M. Harmon et al.: *Performance Assessment in IEA's TIMSS*. Chestnut Hill, MA 1997, <http://timss.bc.edu>