

Lehrerbildung im Spannungsfeld von Physik und Physikdidaktik

Helmut Kühnelt

Dank

Lassen Sie mich mit Dank beginnen. Dank an die Physikalische Gesellschaft für die Stiftung eines Preises für die Lehre, deren Bedeutung neben der Forschung damit unterstrichen wird. Zurecht wurde der Sexl-Preis in der Vergangenheit - mit einer Ausnahme: Univ.-Prof. Alfred Pflug - an engagierte Gymnasiallehrerinnen und -lehrer vergeben. Zurecht wohl deshalb, da die Aufbereitung der Physik für alle Schülerinnen und Schüler schwieriger als der Unterricht für Interessierte an Hochschulen ist und da das Bild der Physik in der Öffentlichkeit vom Erfolg oder Misserfolg des Schulunterrichts geprägt wird. Natürlich auch Dank für die mir persönlich zuteil gewordene Auszeichnung und Anerkennung meiner Tätigkeit. Aber über diese persönliche Auszeichnung hinaus freue ich mich über die damit verbundene Anerkennung der Bedeutung der Physikdidaktik durch den Vorstand der ÖPG.

Ich möchte an dieser Stelle auch meinen Mitarbeitern Helga Stadler und Helmut Mayr danken, von deren großem fachdidaktischem Wissen und deren Praxiserfahrung ich profitiere, sowie - stellvertretend für viele - den oftmaligen Diskussionspartnern Leo Ludick, Leopold Mathelitsch und Christoph Leubner, ebenso den Lehrerinnen und Lehrern, mit denen ich zusammenarbeiten durfte, besonders jenen aus dem Lehrgang Pädagogik und Fachdidaktik, und schließlich meinen Wiener 'Chefs' Herbert Pietschmann und dem leider allzu früh verstorbenen Roman Sexl.

Lehrerausbildung - lästige Pflicht der Universität?

Allzu oft wird Lehrerausbildung als lästige Pflicht gesehen, von den Studierenden ist ja nur selten ein Beitrag zur Forschung zu erwarten, sind sie doch durch das Studium zweier Fächer zu sehr belastet, um in einem Spezialgebiet die nötige Tiefe zu erreichen. Dabei wird übersehen, dass der Beruf eines Physiklehrers andere Qualifikationen erfordert als jener des Forschers, wie später auszuführen sein wird.

Von jenen Hochschullehrern, die die Bedeutung der Lehreraus- und -weiterbildung für die Universität, aber auch für das Bild der Physik in der Öffentlichkeit anders eingeschätzt haben, möchte ich hier drei besonders nennen, wobei ich die Wienlastigkeit zu entschuldigen bitte:

Frau Prof. Franziska Seidl, die mit der Einrichtung des Schulversuchspraktikums eine wesentliche Komponente ins LA-Studium brachte und 1947 die Fortbildungswoche für Physik- und Chemielehrer begründete, welche seither alljährlich statt-

findet und in den letzten Jahren von jeweils gut 500 Lehrerinnen und Lehrern besucht wurde. (Zur interessanten Biographie von Frau Prof. Seidl hat Prof. Lintner in PLUS LUCIS geschrieben.)

Prof. Herbert Pietschmann und Prof. Roman Sexl 'erfanden' zu Beginn der 70er Jahre nicht nur die Bundesseminare, einwöchige Lehrerfortbildungskurse für moderne Physik, sondern setzten auch einen Schritt zur Studienreform durch Einführung eines speziell auf Lehramtskandidaten abgestimmten Vorlesungszyklus aus theoretischer Physik mit Betonung des Verständnisses der modernen Physik. Sexl erkannte die Bedeutung einer wissenschaftlich betriebenen und international vernetzten Physikdidaktik, er war der erste und bisher einzige Lehrstuhlinhaber für Physikdidaktik in Österreich und wurde schließlich Vorsitzender der IUPAP Commission for Physics Education. (Über unser gemeinsames Interesse am Einsatz des PC in der Ausbildung kam ich zur Physikdidaktik.) Von ihm stammt ein die Problematik des gymnasialen Physikunterrichts scharf beleuchtender Satz: *"Der Physikunterricht beantwortet Fragen, die die Schüler nicht gestellt haben."*

Physik von A bis Z

Physik ist eine Weise, die Welt zu sehen, zu untersuchen und zu interpretieren. Das Ziel der wissenschaftlichen Ausbildung ist vor allem, das Untersuchen zu lernen. Das Dilemma der Ausbildung besteht allerdings darin, dass Physik ein Gebäude mit altem Fundament und oberen, in Bau befindlichen Stockwerken ist, dass sie von A bis Z, von Archimedes bis Zeilinger eine ungeheure Fülle an Fakten, Gesetzen und Wissen enthält, die wenigstens teilweise im Lauf des Studiums vermittelt bzw. erworben werden sollen. Für künftige Forscher liegt der Schwerpunkt der Ausbildung bei der modernen Physik, die klassische Physik wird im Eiltempo der einführenden Vorlesungen durchquert. In der Schule stellt jedoch die klassische Physik einen Schwerpunkt dar, zu ihrem Unterricht gehört ein gutes Verständnis von Newtonscher Mechanik und Maxwell'scher Theorie. Doch wie gut werden unsere Studierenden auf die Aufgabe, klassische Physik zu unterrichten, vorbereitet?

Testen Sie Ihre Studenten! Es gibt zahlreiche Aufgaben zu Grundprinzipien der Physik, einige sind unter den TIMSS-Aufgaben zu finden (s.a. Arons 1990). Stellen Sie diese 'Gymnasialstoffaufgaben' nach der Einführung in die Mechanik ihren Studenten! Im Zuge einer Lehrveranstaltung fragten wir, wie sich die Anzeige einer Waage verändern werde, wenn wir in einen auf der Waage stehenden Becher Wasser einen Finger eintauchen. Was als Anregung für einen Unterrichtseinstieg gedacht war, entwickelte sich zu einer einstündigen Lektion.

Bei allen Tests dieser Art zeigt sich - nicht nur in Österreich -, dass die Studierenden nur ein schwaches Verständnis der Grundlagen und Begriffe entwickelt haben, dass sie eher die

ao. Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt, Arbeitsgruppe Physikdidaktik am Institut für Theoretische Physik der Universität Wien
Vortrag bei der Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft an der Universität Graz, September 2000. Erschienen in den Mitteilungen der ÖPG 1/2001.

Fähigkeit zum Einsetzen in Formeln erworben haben. Zugleich zeigt sich, was aus der physikdidaktischen Forschung bekannt ist:

Schüler und Studenten kommen in den Unterricht mit Vorstellungen aus dem Alltag (die dort meist ausreichen), den sog. Präkonzepten. Im Unterricht sollten diese Vorstellungen zu physikalischen Konzepten transformiert werden, physikalisches Denken sollte erlernt werden. In vielen Beobachtungen zeigt sich jedoch, dass die alten Präkonzepte weiter bestehen, die physikalischen Konzepte nur bei bestimmten Prüfungsfragen aktiviert werden, sonst aber ein Rückgriff auf die alten Konzepte erfolgt. Es kann ebenso beobachtet werden, dass physikalische Konzepte missverstanden werden und es zur Ausbildung von Misskonzepten kommt (wovon die Zentrifugalkraft ein Paradebeispiel ist).

Daraus folgt: *Nicht nur in den Schulen, auch an den Hochschulen besteht die Notwendigkeit, den Physikunterricht erfolgreicher zu machen.* Dabei sollte die Maxime von Dieter Nachtigall, emeritiertem Physikdidaktiker der Universität Dortmund, beachtet werden:

- Stoff vortragen bedeutet nicht, ihn zu lehren.
- Stoff im Gedächtnis speichern bedeutet nicht, ihn zu lernen.
- Stoff aus dem Gedächtnis reproduzieren bedeutet nicht, ihn zu verstehen.

Diese drei Grundsätze sind besonders für jene bedeutsam, die später als Lehrer tätig sind.

Neben der Kenntnis von Inhalt und Methode der Physik ist das *Wissen über Physik* für Lehrer wichtig (und in den Studienplänen kaum berücksichtigt). H. Pietschmann sagte 1998 in einem Vortrag dazu: "Wer aber Physik erfolgreich *vermitteln will*, muss sich die Frage - *was Physik ist und bedeutet* - stellen... Dieses Ziel ist viel schwerer zu erreichen als die Fähigkeit, physikalisch erfolgreich tätig zu sein."

Physikdidaktik - Teil der Physik oder der Pädagogik?

Zunächst ist zu klären: Was ist Physikdidaktik? Ist sie die Handwerkskunst des erfahrenen Lehrers oder ist sie mehr? Soll sie in den Physikinstitutionen verankert sein oder bei den allgemeinen Pädagogen? Die Antwort auf diese Fragen hat Konsequenzen: Genügen Lehraufträge für bewährte Lehrer oder ist Personal (und kleiner Sachaufwand) in Konkurrenz zum (immer knappen) Personal der physikalischen Forschung einzuplanen?

Forschende Physikdidaktik, Physics Education Research, ist eine internationale wissenschaftliche Gemeinschaft mit eigenen Journalen, Konferenzen und Netzwerken (z.B. Homepage der PER-Gruppe an der University of Maryland). Damit Physikdidaktik neben ihrer Rolle bei der Lehrerbildung einen Einfluss auf den Unterricht erhält, bedarf es des dauernden Kontakts zu den Lehrenden.

Physikdidaktik hat die Aufgabe der Forschung und Lehre für den Physikunterricht. Damit ist sie (und nicht die Physik) die Bezugswissenschaft des Lehrers, bei dem die Vermittlung und nicht die physikalische Forschung im Zentrum steht. Sie benötigt Physik und alle anderen Naturwissenschaften (besonders wenn der Unterricht von natürlichen Phänomenen ausgeht, die selten pure Physik sind), daneben ist sie aber auch auf Pädago-

gik, Philosophie, Psychologie,... angewiesen. Oft wird sie zur Methodenlehre reduziert, wohl zu ihrem Schaden. Zu den Aufgaben zählen:

- Lehre und Weiterentwicklung von Methoden des Physikunterrichts, aber auch
- Elementarisierung, d.h. die Übersetzung physikalischer Sachverhalte in zielgruppengerechte Darstellung,
- Erforschung der physikspezifischen Lernschwierigkeiten (unter Beachtung von Alter und Geschlecht der Zielgruppe) und von Maßnahmen, um ihnen zu begegnen,
- Diskussion und Begründung der Lehr- und Bildungsziele und der damit verbundenen Stoffauswahl.

In Diskussionen wird von erfolgreichen Forschern gelegentlich die Ansicht vertreten, dass 'Fachkenntnis + Begeisterung' erfolgreichen Unterricht ergibt. Während es natürlich zutrifft, dass ohne 'Fachkenntnis + Begeisterung' kein erfolgreicher Unterricht stattfinden wird, trifft die genannte Ansicht bestenfalls für den Einzelunterricht mit Hochbegabten zu, in der Realität des Schulunterrichts ist der Misserfolg vorprogrammiert. Was fehlt also noch?

Lehrer sind Physiker mit dem Schwerpunkt Vermittlung

Dem wird zwar meist zugestimmt, doch die Konsequenzen für die Ausbildung werden nicht gezogen. Schauen wir, welche Kompetenzen Physiklehrer - und natürlich auch Physiklehrerinnen - brauchen.

Fachkompetenz ist unabdingbar und muss sich tatsächlich von Archimedes bis Zeilinger erstrecken. Natürlich muss nicht auf jede Frage eine schnelle Antwort gegeben werden, aber die Fähigkeit, sich kompetent zu informieren, muss gegeben sein. Für die Behandlung alltagsrelevanter Fragen sind über die engeren Fachgrenzen hinausreichende Kenntnisse aus Technik, Biologie, Medizin,... notwendig, Meteorologie, Geo- und Astrophysik/nomie nicht zu vergessen.

Kenntnisse über Physik werden benötigt, ebenso über die Geschichte und Entwicklung ihrer Konzepte, sowie Grundlagen der Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie, und Reflexion über Mächtigkeit und Grenzen der physikalischen Methodik.

Unterrichtsmethoden umfassen neben dem traditionellen Lehrervortrag und Demonstrationsexperiment das Schülerexperiment (meist in Gruppen), aber auch das selbständige Erarbeiten von Wissen aus Literatur und Internet und das selbständige experimentelle Untersuchen werden heute gefordert. Projekte stehen im Zeichen von Schulqualität hoch im Kurs. Gerade im Bereich der Methodik ist die Kooperation mit der allgemeinen Pädagogik besonders gewünscht. Die Arbeit mit Medien und die Online-Datenerfassung erfahren in der Ausbildung zu wenig Beachtung.

Zusammenarbeit mit Kollegen des eigenen und fremder Fächer wird immer notwendiger. Die beginnende verstärkte Autonomie der Schulen führt zur Diskussion des Stellenwerts der Schulfächer, ihres Umfangs und der notwendigen Mittel. Physikunterricht ist - wie das Beispiel gerade aus dem berufsbildenden Schulwesen zeigt - keineswegs selbstverständlich und oft stundenmäßig unzureichend dotiert. In dieser Diskussion werden gute Argumente benötigt, ähnlich bei der schulautono-

men Gestaltung von Lehrplänen. Ansatzweise sollte das Studium darauf vorbereiten. Viel zu wenig funktioniert auch der professionelle Erfahrungsaustausch. (Auch hier sehe ich ein Defizit in der Ausbildung.)

Reflexion über den eigenen Unterricht mit dem Ziel der Verbesserung erfordert eine das eigene Tun kritisch prüfende Haltung, die auch während des Studiums angelegt werden müsste.

Warum Spannungsfeld?

Der Umfang an physikalischem Wissen, über das man (also auch junge Lehrer) verfügen sollte, ist jedem Leser bewusst, die obige unvollständige Aufzählung von Fähigkeiten, die Lehrer zusätzlich zum Fachwissen benötigen, zeigt die Vielfalt weiterer lehrerspezifischer Fähigkeiten. Und damit kommen wir zum Dilemma, in dem sich das Spannungsfeld von Physik und Physikdidaktik für die Ausbildung manifestiert.

Durch die Notwendigkeit eines zweiten Faches stehen nach dem Gesetz für jedes der Fächer, bedenkt man einen Aufwand von einem Semester für Diplomarbeit und Abschlussprüfung, lediglich 2 Studienjahre zur Verfügung. Reicht dies wohl kaum für die fachliche Vorbereitung, so führt der fachdidaktische Teil des Studiums umso mehr auch in den neuen Studienplänen ein Aschenputteldasein.

Als Konsequenz stellt sich dar - und dies wurde bereits 1994 in einem Memorandum einer ÖPG-Arbeitsgruppe festgestellt und vom ÖPG-Vorstand gebilligt:

Im Studium muss für den Beruf vorbereitet werden, das heißt, der Überblick ist der Erlernung von Spezialtechniken vorzuziehen, was vermehrt getrennte Lehrveranstaltungen für Diplomstudenten und Lehramtskandidaten bedeutet. Seminare müssen gegenüber Vorlesungen ausgeweitet werden, selbständiger Wissenserwerb muss verstärkt werden und die geringe Zeit für persönlichen Kontakt zur Klärung von Verständnisproblemen genutzt werden.

Der Stellenwert der Physikdidaktik innerhalb der physikalischen Institute muss neu bestimmt werden, wenn die Ausbildung fachlich *und* didaktisch gut vorbereiteter Lehrer ein ernstes Anliegen ist. Ich muss nochmals die Notwendigkeit einer personell qualitativ und quantitativ angemessenen Ausstattung betonen.

Lebensbegleitendes Lernen

Als Konsequenz aus der geschilderten Lage stellt sich die Notwendigkeit zur verstärkten Fortbildung nach der Erstausbildung und einigen Jahren Berufserfahrung, Fortbildung sowohl in einzelnen berufsorientierten Seminaren (wie auch der Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts) als auch in längerfristigen Kursen. Ziel sollte dabei sowohl die Verbesserung des Unterrichts als auch die Weiterqualifikation sein, die etwa Betreuungslehrer in ihrer Ausbildungsfunktion bei Studierenden und Junglehrern benötigen.

Ein erfolgreiches Modell stellt der zweijährige Universitätslehrgang *Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen* dar, dessen Naturwissenschaftszweig im Herbst 2000 zum 3. Durchgang angesetzt hat. Ein Team aus Hochschullehrern (Pädagogik, Biologie, Chemie, Physik) und zwei Gymnasial-

lehrern betreut und begleitet eine Gruppe von etwa 30 Lehrerinnen und Lehrern, die ihre didaktische und fachliche Kompetenz steigern und in zwei kleinen Forschungsarbeiten erste Schritte in fachdidaktischer Forschung machen.

Drei Hinweise an dieser Stelle: In der Schweiz wurde ein postgraduales Studium zur Qualifikation des fachdidaktischen Nachwuchses an der Universität Bern eingeführt. In den Niederlanden vergibt die Forschungsstiftung Stipendien an Lehrer zur Weiterbildung. Die National Science Foundation NSF (USA) fördert sowohl physikdidaktische Forschung und Entwicklung als auch die Weiterbildung von Lehrern durch Stipendien.

Hier sollte auch die engagierte Weiterbildungsarbeit erwähnt werden, die die Arbeitsgemeinschaftsleiter in den Bundesländern mit und für ihre Kollegen organisieren.

Herausforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht

Ähnlich wie in der BRD hat auch in Österreich die TIMS-Studie zu den Fachleistungen in Mathematik und Physik gezeigt, dass der Unterricht für die große Mehrheit der Maturantinnen und Maturanten nicht das leistet, was in einem internationalen Vergleichstest erwartet wurde. Das Bildungsministerium hat dieses Ergebnis ernst genommen und nach einer Detailanalyse der TIMSS-Ergebnisse den Auftrag zu einem Projekt *Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching* (IMST²) gegeben. Hier sollen im Lauf von 5 Jahren Ideen für einen erfolgreicherer Naturwissenschaftsunterricht entwickelt und erprobt werden sowie an Schulen bereits vorhandene Initiativen unterstützt und weiterentwickelt werden. Federführend ist das IFF Klagenfurt, fachdidaktische Arbeitsgruppen sind eingebunden, und es besteht natürlich Offenheit für Ideen und Unterstützung von außen. Die Arbeit wird in vier Teilschwerpunkten ablaufen und Mathematik und die naturwissenschaftlichen Fächer betreffen, wobei auch die Konsequenzen der Informationstechnologien für den Unterricht beachtet werden.

Schwerpunkt 1: Grundbildung. Welche Fähigkeiten und Kenntnisse sollten über die Unterstufe hinaus in der Oberstufe erworben werden? Was sollten alle Maturanten können, wie soll dies erreicht werden?

In Schwerpunkt 2 wird die Bildung naturwissenschaftlicher Schwerpunktschulen fachlich und organisatorisch unterstützt.

Schwerpunkt 3 arbeitet an Forschung und Entwicklung von Unterricht unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Zugangs von Mädchen und Burschen. Zusätzlich werden Videodokumentationen von gutem Unterricht zum Einsatz in der Aus- und Weiterbildung erstellt.

In Schwerpunkt 4 geht es um eigenverantwortliches und selbständiges Arbeiten.

Alle Teilprojekte arbeiten mit Schulen und Lehrergruppen zusammen, so dass eine intensive Vernetzung von Theorie und Praxis gegeben ist. Mit einem ähnlichen Projekt in der BRD zur Effizienzsteigerung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, das im Auftrag der Bund-Länder-Kommission vom IPN Kiel koordiniert wird, wird kooperiert.

Schlussbemerkung

Das neue Studiengesetz hat mit der Trennung der Lehramtsstudien von den wissenschaftlichen eine ambivalente Weichenstellung vorgenommen. Einerseits entspricht dies einer Forderung nach stärkerer Berufsvorbildung als bisher, andererseits reduziert die Entkopplung der beiden Physikstudien die Durchlässigkeit zwischen den Studien. Wenn die Universitäten ihre Verantwortung für die Fachdidaktik nicht wahrnehmen, stehen die Pädagogischen Akademien bereit, die pädagogische und fachdidaktische Ausbildung zu übernehmen.

Die LA-Studenten müssen sich bewusst sein, dass sie nicht nur einen schwierigen, sondern auch einen wichtigen Beruf gewählt haben. Die Lehrenden müssen - besser als bisher - deutlich machen, dass die gediegene Berufsvorbereitung ein echtes Anliegen der Physikinstitute ist und dass fachliche, fachdidaktische und pädagogische Ausbildung angemessen gewichtet werden.

Ich habe bewusst mehr Probleme angerissen, als Lösungen angeboten. Lösungen müssen in gemeinsamem Bemühen von Physikern und Physikdidaktikern gefunden werden.

Zum Nachlesen

Arons, Arnold B. (1990): *A guide to introductory physics teaching*, Wiley, NY.

Pietschmann, H.: *Wirklichkeitsvorstellung und Physikunterricht*,

<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/981/pietschmann.pdf>

Zur Bildung der Lehrerinnen und Lehrer am Gymnasium und vergleichbaren Schulformen, Memorandum der MNU 1999, <http://www.mnu.de/Lehrerbi.htm>

Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert, Memorandum der MNU 1998, <http://www.mnu.de/Schwelle.htm>

Projekt IMST², <http://imst.uni-klu.ac.at>

ÖPG-Memorandum zur Lehrerbildung:

<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/951/memo1.pdf>

Kühnelt, H.: *Teacher Education for the 21st Century*, Resümee des Round Table 3 bei GIREP Konferenz Barcelona 2000: <http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/Artikel/RT3-resume.pdf>

Kühnelt, H.: *New ways of in-service teacher Training University Course: Pedagogy and Science Education for Teachers*, GIREP Conference Ljubljana 1996, <http://pluslucis.univie.ac.at/Artikel/v2b.pdf>

zu Prof. Seidl:

<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/962/SEIDL.pdf>

Physics Education Research Group at the University of Maryland: <http://www.physics.umd.edu/perg/>

zu TIMSS:

<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/002/timss.pdf>

100 Jahre Quantentheorie

Ausstellung in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Historische Geräte - Nachbauten - Originaldokumente - Experimente - Animationen

veranstaltet von der Kommission für Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Medizin der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Diese Ausstellung wurde von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft gestaltet.

4. April - 3. Mai 2001, Mo. - Fr. 9.00 - 17.00 Uhr
(ausgenommen 13. und 16. April sowie 1. Mai 2001)

Dr.-Ignaz-Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Auskünfte und Anmeldungen zu Führungen:
<http://www.oeaw.ac.at> und (01) 51581-519

