

ROBERT-WICHARD-POHL-PREIS

Vielfältige Fachdidaktik

In der Physikdidaktik gibt es viele Herausforderungen, z. B. Themen der modernen Physik für den Unterricht aufzubereiten oder die Gründe für Erfolg oder Abbruch im Physikstudium zu erforschen.

Volkhard Nordmeier

Die Aktivitäten der Physikdidaktik reichen von der fachbezogenen Entwicklungsforschung bis zur empirischen Lehr- und Lernforschung in Schule und Hochschule. In der Rolle als Vermittlungswissenschaft bilden heute auch die Wissenschaftskommunikation und -dokumentation sowie die öffentlichkeitswirksame Verbreitung aktueller Forschungsergebnisse Tätigkeitsfelder physikdidaktischer Arbeit. Dieser Beitrag soll exemplarisch Einblicke in aktuelle Projekte geben, die diese unterschiedlichen Aspekte illustrieren.

Die Kluft zwischen den Inhalten des Physikunterrichts – im Wesentlichen die klassische Physik des 17. bis 19. Jahrhunderts – und der äußerst vielschichtigen modernen Wissenschaft Physik vergrößert sich ständig. Dies führt auch dazu, dass das Bild der Physik, das in der Schule vermittelt und im Alltag oft als „die Physik“ verstanden wird (z. B. [1, 2]), häufig nicht mehr zeitgemäß ist. Neue Forschungsansätze, deren Methoden und Ergebnisse sind selten Thema im Unterricht, obwohl beispielsweise Wissenschaftssendungen zeigen, dass durchaus ein großes Publikum an aktueller Forschung und physikalischen Phänomenen interessiert ist. Zudem belegen Studien wie TIMSS, dass moderne Physik im Unterricht das Interesse am Fach Physik steigern kann [3].

Damit sich der Unterricht zukünftig nicht noch weiter von der aktuellen Physik abkoppelt, sind effektive Maßnahmen notwendig. Schon im Bereich der Mittelstufenphysik sollten Lehrkräfte ihren Schülern die Gelegenheit bieten, moderne Forschung kennenzulernen. Diese Bestrebungen sollten sich kontinuierlich bis zur Oberstufenphysik erstrecken. Insbesondere neue Informations- und Kommunikationstechnologien, die heute einen wesentlichen Anteil der Lebenswirklichkeit von Jugendlichen ausmachen und für Lehr-Lernzwecke zunehmend an Bedeutung gewinnen [4, 5], verfügen über didaktisch-methodisches Potenzial und bieten adäquate Zugänge zu aktueller Forschung. In der Sekundarstufe II gilt es, Interessen individuell zu stärken und im Hinblick auf die Anschlussfähigkeit an ein naturwissenschaftlich-technisch ausgerichtetes Studium zu schärfen.

Auf diese Weise ließe sich womöglich auch ein weiteres Problem lösen: Die Anzahl der jungen Frauen, die sich für das Studium eines MINT-Fachs (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) interessie-



Im Multimedia-Labor der AG Didaktik der Physik werden an der Freien Universität Berlin innovative Medienformate

für die naturwissenschaftliche Bildung entwickelt und produziert.

ren und dieses erfolgreich absolvieren, ist trotz vielfältiger Aktivitäten nicht signifikant gestiegen [6].[#] Zwar hat die Interessen- und Genderforschung inzwischen zahlreiche Befunde vorgelegt und Interventionsmaßnahmen erfolgreich erprobt [2, 7–9], doch diese finden bislang nur selten Anwendung. Die Ergebnisse dieser Studien lassen z. B. erwarten, dass aktuelle Forschungsthemen (z. B. Medizin- oder Biophysik) im Unterricht das naturwissenschaftliche Interesse von Schülerinnen stärken könnten. Im Folgenden soll ein Beispiel zeigen, wie sich Themenfelder der modernen Physik auch für den Schulunterricht aufbereiten lassen.

[#] siehe auch www.mintzukunftschaften.de/mint-quoteunterfrauen.html

KOMPAKT

- Physikunterricht vermittelt oftmals nur physikalische Erkenntnisse der klassischen Physik. Aber auch die moderne Physik lässt sich für den Mittel- und Oberstufenunterricht aufbereiten. Zudem weckt insbesondere moderne Physik das Interesse der Schüler.
- Eine empirische Studie hat die Abiturnote, das Fachinteresse, die Informiertheit über Studienanforderungen und Betreuung im Studium als wichtigste Indikatoren für den Studienerfolg identifiziert.
- Große Unterschiede bestehen zwischen Physik- und Lehramtsstudierenden. Daher scheinen zielgruppenspezifische Curricula im Studium sinnvoll.

Prof. Dr. Volkhard Nordmeier, Freie Universität Berlin, Fachbereich Physik, Arnimallee 14, 14195 Berlin – Preisträgerartikel anlässlich der Verleihung des Robert-Wichard-Pohl-Preises auf der DPG-Frühjahrstagung in Mainz.

Moderne Physik verstehbar machen

#) s. auch den Artikel auf S. 29 in diesem Heft

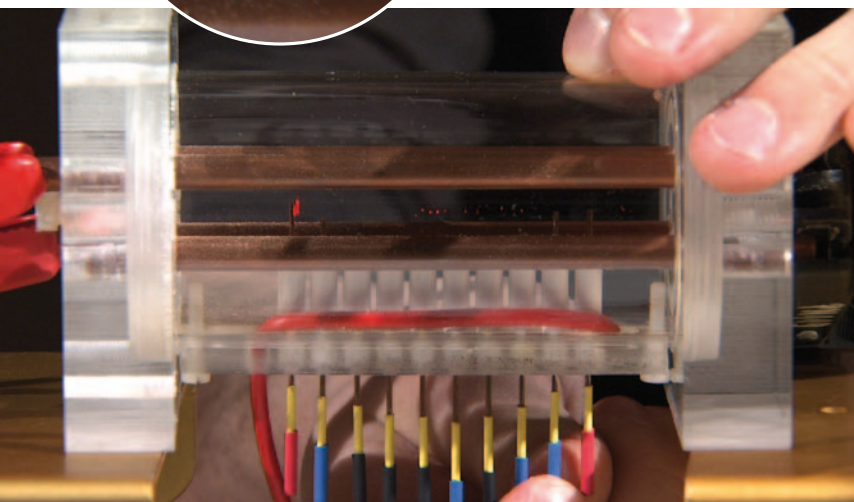
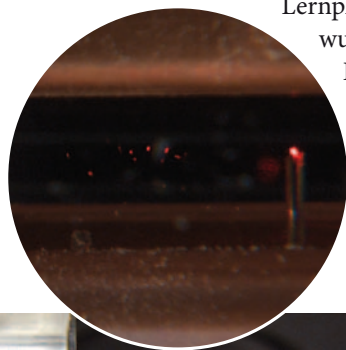
%) vgl. Berichte der Konferenz der Fachbereiche (KFP) unter www.kfp-physik.de/statistik/index.html

Ein Teil unserer fachdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten verfolgt das Ziel, wesentliche Themen der (modernen Physik) zu konzeptualisieren und zu elementarisieren, neue Schulexperimente sowie Unterrichtsmaterialien zu entwickeln und entsprechende Lehr- und Lernkonzepte zu erproben und zu evaluieren. Dies gelingt in enger Zusammenarbeit zwischen Fachdidaktik, Fachwissenschaft und Schulpraxis.

Im Rahmen eines Projektes zur „Öffentlichkeitsarbeit“ im „SFB 450 – Analyse und Steuerung ultraschneller photoinduzierter Reaktionen“ konnten wir beispielsweise zeigen, dass sich die Arbeit eines hochkomplexen Forschungsverbundes sehr erfolgreich didaktisch aufbereiten und präsentieren lässt. Neben Ausstellungen, Vorträgen und Laborführungen war ein Schwerpunkt die prototypische Entwicklung neuer (multimedialer) Lehr-Lernangebote für Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte.

Tagungen und Fortbildungsveranstaltungen dienen dazu, die Lehrkräfte auf den aktuellen Stand der Forschung zu bringen. Zudem haben wir neue didaktische Experimente konzipiert und gebaut, die zentrale Phänomene und Effekte aus dem Forschungsfeld nachstellen. Dazu gehören beispielsweise Selbstbau-Laser [10] und neuartige (lineare, segmentierte) Paul-Fallen [11], die es ermöglichen, geladene Teilchen (makroskopisch) zu bewegen.

In Form eines virtuellen Forschungslabors zur Femtochemie entstand zudem eine multimediale Lernplattform. Diese interaktive Umgebung wurde anhand realer Szenarien und Bilder aus den Forschungslaboren der am Projekt beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler prototypisch aufgebaut und durch multimediale Lernelemente angereichert. Eine zentrale Rolle spielen dabei vor allem interaktive Medien-



Ionisierte Mikropartikel lassen sich in einer segmentierten Paul-Falle mit verschiebbaren Stiftelektroden bewegen.

Per Laserlicht lässt sich die Bewegung der Teilchen sichtbar machen (s. auch [11]).

formate (interaktive Bildschirmexperimente oder Bildschirmlabore), um physikalische, reale Experimente zu präsentieren [12–13]. Um das virtuelle Forschungslabor an den Bedürfnissen der Zielgruppe (Oberstufenschüler und Lehrkräfte) ausrichten zu können, haben wir in die Entwicklung dieser Angebote sowohl Lehramtsstudierende der Physik als auch Schülergruppen eingebunden.

Hochschuldidaktische Bildungsforschung

Die Physikdidaktik engagiert sich zunehmend in der empirischen Bildungsforschung, sowohl im Bereich der Lehr-Lernforschung zum schulischen Unterricht und zum Kompetenzerwerb als auch im Bereich der Hochschulforschung – ein Themenkomplex, der seit einigen Jahren an Bedeutung gewinnt. Offen ist hier unter anderem, welche Faktoren zum Studienerfolg oder zum erfolgreichen Übergang von Schule zu Hochschule beitragen, wie sich Lehrveranstaltungen wirksamer gestalten lassen oder die Lehramtsausbildung professionalisiert werden kann. Wie im Folgenden skizziert, sollen erste empirische Studien beispielsweise dazu beitragen, die hemmenden und förderlichen Bedingungen für einen Studienerfolg zu ermitteln.

Aufgrund der aktuellen Bemühungen in der Politik um eine effizientere Gestaltung des Bildungssystems, der geringer werdenden finanziellen Mittel und der anwachsenden Leistungsorientierung in den Hochschulen hat das Thema Studien(miss)erfolg an Bedeutung gewonnen. Die HIS-Studien verweisen auf die hohen Abbrecherquoten in Bachelor-Studienfächern, insbesondere in den naturwissenschaftlichen Studiengängen.^{#)} Der Schwund in Mathematik, Chemie und Physik/Geowissenschaften erreicht Werte bis zu 62 % (für Physik/Geowissenschaften) [14]. In der Physik ist die Situation noch besorgniserregender.

Bereits im ersten Studienjahr wechseln fast 30 % der Physik-Anfänger in ein anderes Fach oder studieren gar nicht weiter. Diese Quote ist seit vielen Jahren recht stabil und der Befund nicht neu [6, 14].^{%)} Bislang ist aber nur wenig bekannt über die Gründe, die zu einem so frühen Studienabbruch führen – oder auch über die Bedingungen, die sich förderlich auf das Studium auswirken. In einer empirischen, hochschuldidaktischen Längsschnittstudie haben wir Studierende im Fach Physik und im Lehramt Physik untersucht. Eine ausführliche Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich in [15, 16].

Gründe für den Studienabbruch

Um mittelfristig erfolgreiche Maßnahmen zur Reduktion der hohen Abbruchquoten implementieren zu können, ist es von großer Bedeutung, die Gründe für eine Exmatrikulation oder einen Studienfachwechsel zu kennen. Die Studie konnte die Abiturnote (allg. Hochschulzugangsberechtigungsnote) und



Schülerinnen und Schüler des Hans-Carossa-Gymnasiums Berlin bauen interaktive Experimente im Forschungslabor auf



(links) und präsentieren diese in der Schule (rechts).

das Studienwahlmotiv „Parkstudium“ als zentrale Prädiktoren identifizieren, welche die Chance der Exmatrikulation erhöhen. Studierende mit einer eher schlechten Abiturnote und Studierende, die das oftmals zulassungsfreie Fach Physik nur gewählt haben, um beispielsweise Vergünstigungen zu erlangen oder Wartezeiten zu überbrücken, laufen also Gefahr, ihr Physikstudium frühzeitig abzubrechen.

Das Risiko für eine Exmatrikulation sinkt dagegen, wenn die Studierenden beispielsweise ein hohes Fachinteresse mitbringen, sich vorher gut über die Studienanforderungen informiert haben, oder sie im Studium gut betreut und unterstützt werden. Oder anders formuliert: Ungünstig für den Studienerfolg wirkt es sich aus, wenn sich die Studierenden unzureichend über die Studienanforderungen informiert haben und über ein geringes Fachinteresse verfügen. Die Abiturnote und das Zusammenspiel von Betreuung und Unterstützung gelten als wichtigste Faktoren, um eine Exmatrikulation vorherzusagen.

Die befragten Exmatrikulierten nennen als Abbruchmotiv am häufigsten „inhaltliche Anforderungen“: Sie geben unzureichende mathematische/physikalische Vorkenntnisse, die schwere Nachvollziehbarkeit der in den Lehrveranstaltungen genutzten mathematischen Verfahren oder das Fehlen von Zeit und Gelegenheit zum Nachholen fehlender Kenntnisse als zentrale Gründe für den Abbruch an. Das Motiv „mangelnde Studienmotivation“ ist am zweithöchsten ausgeprägt: Den Exmatrikulierten war beispielsweise das Studium zu theoretisch, oder das Interesse ging verloren. Andere wichtige Motive, das Physikstudium abzubrechen, sind: „Studienbedingungen“, „berufliche Neuorientierung“ sowie „berufliche oder finanzielle Gründe“.

Unsere Studie verdeutlicht, dass es für einen erfolgreichen Studieneinstieg sinnvoll ist, neben den herkömmlichen Informationsveranstaltungen weitere Informationsquellen (z. B. über das Internet) anzubieten. Zudem scheint es empfehlenswert zu sein, vor Studienbeginn die individuellen Interessen zu überprüfen und mit den tatsächlichen Anforderungen abzugleichen (z. B. in Form eines Self-Assessments).

Auf die Studienrichtung kommt es an

Die Studie ist auch der Frage nachgegangen, ob zwischen Physik- und Lehramtsstudierenden signifikante Unterschiede in den Eingangsvoraussetzungen, in der Beurteilung der Studienbedingungen, im Studier- und Lernverhalten, in den Kontextbedingungen sowie im Studienerfolg bestehen und welche Variablen die Studienzufriedenheit signifikant vorhersagen. Diese Vergleiche zeigen, dass sich die befragten Kohorten bereits zum Studienbeginn unterscheiden. Physikstudierende verfügen über ein höheres Fachinteresse und eine bessere Abiturnote. Ein Großteil der Physikstudierenden wählt direkt im Anschluss an die Schule das Physikstudium, bei den Lehramtsstudierenden ist dieser Anteil deutlich geringer. Lehramtsstudierende arbeiten häufiger neben dem Studium und beurteilen es als schwieriger, Studium und Erwerbstätigkeit zu vereinbaren. Grund dafür sind vermutlich die hohen Studienanforderungen vom ersten Semester an. Dadurch steigt das Arbeitspensum für die Studierenden im Fach Physik oft schnell an, sodass kaum Zeit für eine Erwerbstätigkeit bleibt, wenn man das Studium entsprechend des Studienverlaufsplanes absolvieren möchte.

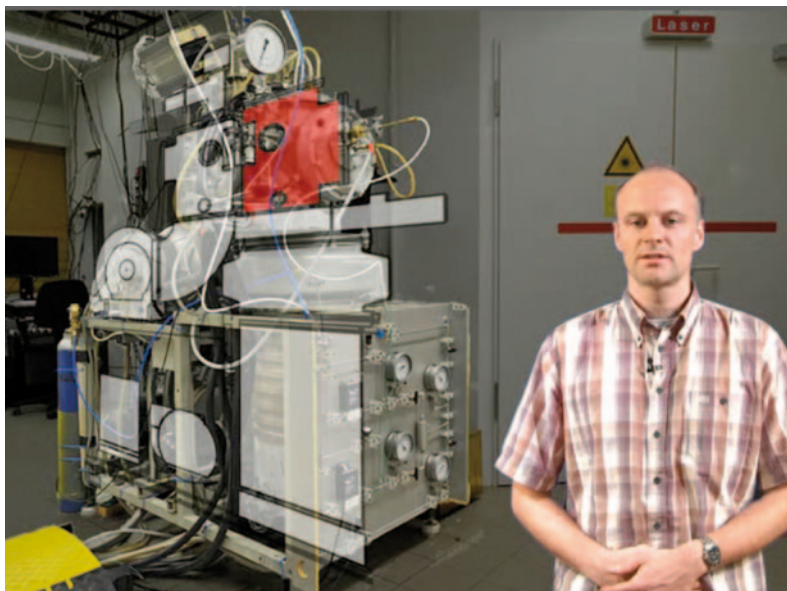
Tendenziell haben Lehramtsstudierende höhere Lernschwierigkeiten als Physikstudierende. Ferner unterscheiden sich beide Gruppen im Studieninteresse und in der gegenstandsbezogenen intrinsischen Moti-



Junge Museumsbesucher sowie Schüler und Schülerinnen entdecken die Funkti-



onsweise von Teilchenfallen.



Ein Wissenschaftler erklärt im virtuellen Forschungslabor den Aufbau einer Molekularstrahlapparatur. Durch die Überlagerung des Bildmaterials mit einem

schematischen Aufbau resultiert eine bessere Übersicht der einzelnen Funktionselemente in der Apparatur.

vation: Während Physikstudierende sich aufgrund von Interesse und Spaß mit den mathematischen, physikalischen und theoretischen Inhalten auseinandersetzen, möchten sich die Lehramtsstudierenden eher didaktisches und schulrelevantes Wissen für die spätere Berufstätigkeit als Lehrer aneignen.

Die Ergebnisse einer multiplen Regression zeigen, dass nicht nur die Lernschwierigkeiten, das Studieninteresse und die gegenstandsbezogene intrinsische Motivation signifikant die Studienzufriedenheit vorhersagen, sondern auch die Studienbedingungen, die inhaltliche Ausgestaltung, das Studienklima und die Lehrqualität. Die motivationalen Ausprägungen beeinflussen die Vorhersage der Studienzufriedenheit allerdings am stärksten. Daher sollte es aufgrund der hohen Schwundquoten in der Eingangsphase von besonderem Interesse sein, die unterschiedlichen motivationalen Ausprägungen und Eingangsvoraussetzungen der Studierenden im Fach und im Lehramt Physik zu berücksichtigen.

Reformierte Lehrerbildung

Um die Besonderheiten der (eher berufsfeldbezogenen) Motivation bei den Lehramtsstudierenden zu berücksichtigen, bietet die Freie Universität Berlin seit dem Wintersemester 2010/2011 teilweise unterschiedliche und stärker professionsbezogene Studienmodule für diese Zielgruppe an, die fortlaufend evaluiert werden. Das durch die Deutsche Telekom Stiftung geförderte Projekt „MINT – Lehrer/innenbildung neu denken“ bildet die Grundlage für die Reform der Studiengangphase insbesondere für die Fächer Physik und Mathematik.

Die Reform zielt darauf ab, den Übergang von der Schule zur Hochschule besser zu gestalten, zielgrup-

penspezifische Lehrveranstaltungen (und Curricula) zu konzipieren, Theorie und Praxis durch den verstärkten Einbezug der Schülerlabore besser zu verschränken sowie das „fachliche Selbstbewusstsein“ der Studierenden durch die professionsbezogene Ausbildung angehender Lehrerinnen und Lehrer zu stärken.

Literatur

- [1] D. Höttecke, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 7, 7 (2001)
- [2] C. Schreiner und S. Sjøberg, *The Relevance of Science Education. Sowing the Seeds of ROSE*. Oslo: Acta Didactica (2004)
- [3] J. Baumert, W. Bos und R. Watermann: TIMSS/III: Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Befunde. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (1999)
- [4] Acatech (Hrsg.): *Monitoring von Motivationskonzepten für den Techniknachwuchs (MoMoTech): Best-Practice Empfehlungen*. Heidelberg u. a.: Springer (2011)
- [5] W. Neuhaus, V. Nordmeier und J. Kirstein: *Das Lehrbuch der Zukunft – Mediendidaktische Aspekte im Validierungsprojekt „Technology Enhanced Textbook“*. In: *PhyDid B* (weblink: www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/321) (2010)
- [6] G. U. Nienhaus, *Physik Journal*, August/September 2010, S. 26
- [7] U. Kessels, *Undoing Gender in der Schule. Eine empirische Studie über Koedukation und Geschlechtsidentität im Physikunterricht*. Weinheim und München: Juventa Verlag (2002)
- [8] H. Faulstich-Wieland, *Mädchen und Naturwissenschaften in der Schule. Expertise für das Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung*. Hamburg (2004)
- [9] N. Holstermann und S. Bögeholz, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 13, 71 (2007)
- [10] A. Merli, J. Göller und V. Nordmeier, *Praxis der Naturwissenschaften – Physik*, 8/59, 25 (2010)
- [11] S. A. Schulz, R. Wöstenfeld, R. Kastl, F. Schmidt-Kaler und V. Nordmeier, *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid)*, 1/8, 15 (2009)
- [12] J. Kirstein und V. Nordmeier, *Eur. J. Phys.*, 28, 115 (2007)
- [13] J. Kirstein und V. Nordmeier, *Praxis der Naturwissenschaften – Physik*, 8/59, 20 (2010)
- [14] U. Heublein, R. Schmelzer, D. Sommer und J. Wank, *Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2006 (HIS: Projektbericht Mai 2008)*. Hannover: Hochschul-Informations-System (2008)
- [15] A. Albrecht und V. Nordmeier, *Die Hochschule*, 2, 131 (2011)
- [16] A. Albrecht und V. Nordmeier, *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, im Druck (vorauss. 1/2013)

DER AUTOR

Volkhard Nordmeier studierte Physik, Mathematik und Informatik in Osnabrück. Nach der Promotion war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in Münster und als Lehrstuhlvertreter in Bochum tätig. 2003 wurde er als Professor für Didaktik der Physik an die TU Berlin berufen. Seit 2005 arbeitet er am Fachbereich Physik der FU Berlin. Mit seiner Arbeitsgruppe widmet sich Nordmeier der fachdidaktischen Forschung, der Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsmitteln und der Fortbildung von Lehrkräften

