

Reform der Studieneingangsphase im Lehramt Physik – Erhebungen von Beliefs im Lehramtsstudium Physik

Stephanie Eller, André Albrecht, Elke Heinecke und Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik, Arnimallee 14, 14195 Berlin
s.eller@fu-berlin.de, andrefub@zedat.fu-berlin.de,
elke.heinecke@fu-berlin.de, volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

Kurzfassung

Im Rahmen des längsschnittlichen Forschungsprojektes „Studienerfolg im Fach Physik“ wurden relevante Aspekte und Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg bei Physik- und Lehramtsstudierenden an verschiedenen Hochschulstandorten erhoben. Beispielsweise zeigen die empirischen Befunde, dass mit der Aufnahme des Studiums verschiedene Eingangsvoraussetzungen und zeitlich stabile disparate motivationale Ausprägungen bei den Studierenden im Fach Physik und im Lehramt Physik vorliegen (vgl. [1]-[4]).

Aufbauend auf diesen Befunden werden seit dem Wintersemester 2010/2011 modifizierte Studienmodule in der Experimentalphysik für die Lehramtsstudierenden im Rahmen des Projekts „MINT-Lehrerbildung neu denken“ zur Gestaltung der Studieneingangsphase angeboten. Dabei werden sowohl methodische als auch inhaltlich-didaktische Interventionen umgesetzt. Erste Befunde hinsichtlich der Evaluation dieser Neugestaltung werden im Folgenden vorgestellt.

1. Einleitung

Im Rahmen des längsschnittlich angelegten Projekts „Studienerfolg im Fach Physik“ wurden unter anderem Studierende im Fach und im Lehramt Physik sowie Exmatrikulierte beider Studiengänge an zwei deutschen Universitäten in der Studieneingangsphase hinsichtlich einer Reihe relevanter Merkmale zur Vorhersage des Studienerfolgs und des -abbruchs modellgeleitet untersucht (vgl. [1]-[4]).

Die längsschnittliche Studie zeigt unter anderem bei den Weiter- bzw. aktiv Studierenden, dass mit der Aufnahme des Studiums verschiedene Eingangsvoraussetzungen und zeitlich stabile disparate motivationale Ausprägungen bei den Studierenden im Fach und im Lehramt Physik vorliegen ([1], [3]-[4]): So weisen die Physik- und die Lehramtsstudierenden bereits zum Zeitpunkt der Studienaufnahme beispielsweise unterschiedliche Noten in der Hochschulzugangsberechtigung sowie unterschiedliche Orientierungen im Fachinteresse auf. (Für eine ausführliche Befundsdarstellung sei auf [1] und [4] verwiesen.) Im Rahmen der Studieneingangsphase zeichnet sich die Gruppe der Lehramtsstudierenden durch eine höhere berufsbezogene extrinsische Motivationen aus, die Gruppe der Physikstudierenden dagegen durch eine höhere Ausprägung intrinsischer motivationaler Orientierungen ([1], [4]). Neben verschiedenen Konstrukten der Studienbedingungen aus einem der Studie zugrunde liegenden modifizierten Modell (vgl. [1], [3]-[4]) sind bestimmte

motivationale Konstrukte in der Lage, einen signifikanten Aufklärungsbeitrag zur Studienzufriedenheit zu leisten (vgl. [1], [4]). Im Verlauf der ersten beiden Studiensemester – also in der Studieneingangsphase – weisen sowohl die Physik- als auch die Lehramtsstudierenden stabile, also insignifikante, motivationale Orientierungen im zeitlichen Verlauf auf, so dass die Physikstudierenden konstant eher intrinsisch orientierte und die Lehramtsstudierenden konstant eher extrinsisch orientierte berufsbezogene motivationale Ausprägungen aufweisen (vgl. [1], [4]).

Aufbauend auf diesen Befunden werden an der Freien Universität Berlin seit dem Wintersemester 2010/2011 in Teilen unterschiedliche und stärker berufsfeldbezogene Studienmodule in der Experimentalphysik für die Lehramtsstudierenden angeboten.

2. Methodische Intervention

Ausgehend vom Projekt „Studienerfolg im Fach Physik“ (s.o.) wurden unter Beachtung weiterer methodischer Forderungen (wie sie beispielsweise in den Thesen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft für ein modernes Lehramtsstudium [5] expliziert sind) verschiedene methodische Interventionen durchgeführt. In die Vorlesung sind beispielsweise regelmäßig Kurzaufgaben („Assessments“) integriert, bei denen die Studierenden mit einem eigens dafür konzipierten Abstimmungssystem interaktiv

Verständnisfragen zur aktuellen Thematik beantworten. Einen weiteren Schwerpunkt stellen neu konzipierte Übungen dar.

2.1. Konzeption der Übungen

Die Übungen bestehen nun aus zwei Teilen:

Im *ersten* Teil erfolgt eine Nachbesprechung der Vorlesung, bei der zentrale Fragen zu den Vorlesungsinhalten gemeinsam erarbeitet werden. Dazu werden von der Dozentin zentrale Fragen an die Tutor/inn/en weitergeleitet. Je nach Bedarf werden anschließend Übungsaufgaben besprochen. Die Studierenden erhalten ihre korrigierten Lösungen und eine Musterlösung zwei Tage vor dem Tutorium und können sowohl online als auch persönlich die Besprechung von Aufgaben erfragen. Hat es bei einer Aufgabe wiederholt Schwierigkeiten gegeben, wird die/der Tutor/in die Aufgabe zur Besprechung ergänzen.

Im *zweiten* Teil der Übung lösen die Studierenden entweder gemeinsam eine Präsenzübungsaufgabe oder sie bearbeiten ein Self-Assessment. Die Präsenzaufgaben sind inhaltlich an die Inhalte von Vorlesung und Übungsaufgaben angepasst und dienen der inhaltlichen Vertiefung. Treten bei der Bearbeitung Fragen auf, haben die Studierenden die Möglichkeit direkt andere Studierende oder ihre/n Tutor/in zu fragen. Neben der inhaltlichen Vertiefung soll durch die Präsenzaufgaben zudem die Vernetzung der Studierenden untereinander gestärkt werden. Dies wird antizipiert, da insbesondere einige Konstrukte der Studienbedingungen – beispielsweise das Studienklima – einen relevanten Aspekt zur Vorhersage der Studienzufriedenheit leisten (vgl. [1], [4]).

Im Rahmen der Betreuung und Unterstützung der Neumatrikulierten werden insbesondere zu Beginn des Studiums Self-Assessments eingesetzt, um den Studierenden eine fachbezogene Rückmeldung zu geben [6]. In Bezug auf mathematische Grundlagen bestehen die ersten zwei Self-Assessments im Wesentlichen aus Grundlagen der Vektorrechnung, Ableitungen, Integralen und deren graphischer Interpretation. Da Mathematik bei nur etwa 50% der Studierenden das erste oder zweite Fach ist, wird hierauf ein besonderes Augenmerk gelegt, um auf Schwierigkeiten mit den mathematischen Grundlagen gleich zu Beginn des Studiums reagieren zu können.

2.2. Evaluation der methodischen Intervention

Neumatrikulierte Bachelorstudierende mit Lehramtsoption, die im Wintersemester 2011/2012 das Studium an der Freien Universität aufgenommen haben, wurden abermals modellgeleitet – entsprechend dem Projekt „Studienerfolg im Fach Physik“ (s.o.) – untersucht. Der Vergleich von 39 Studierenden mit einer Studienaufnahme *vor* und 21 Studierenden mit einer Studienaufnahme *nach* den umgesetzten Interventionsmaßnahmen zeigt Folgendes

(vgl. [7] für das Forschungsdesign, das zugrunde liegende modifizierte Modell und die empirischen Befunde):

Studierende mit einer Studienaufnahme *nach* der Intervention weisen eine höhere Zufriedenheit in den Studienbedingungen „Studien- und Prüfungsorganisation“, „Lehrqualität“ sowie „Betreuung und Unterstützung“ auf. Des Weiteren zeigen Studierende mit einer Studienaufnahme *nach* der Intervention eine geringere Wahrnehmung der Gesamtbelastung durch das Studium. Im Rahmen des Studien- und Lernverhaltens charakterisiert sich die Gruppe der Studierenden mit einer Studienaufnahme *nach* der Intervention durch günstigere Ausprägungen in den Lernschwierigkeiten, im Studieninteresse und in der Demotivation im Vergleich zu den Studierenden mit einer Studienaufnahme *vor* der Intervention (vgl. [7]). Demzufolge erweisen sich die Intervention in Form der stärker berufsfeldbezogenen Studienmodule in der Experimentalphysik für die Lehramtsstudierenden als eine wirksame Maßnahme, bezogen auf die Verbesserung der Studienbedingungen im Lehramt Physik.

3. Didaktisch-inhaltliche Intervention

Neben der allgemeinen Studienzufriedenheit spielen die Beliefs der Studierenden eine wesentliche Rolle bei der Auseinandersetzung mit dem Fach. Diese hängen beispielsweise mit der Motivation aber auch mit der Auswahl der Lernstrategien zusammen [8]. Wie und ob sich Beliefs entwickeln, war lange Zeit umstritten. Eine Darstellung verschiedener Interventionsansätze findet sich beispielsweise in [9]. Die Weiterentwicklung der Beliefs wird in dieser Studie durch das „Integrative Personal Epistemology Model“ theoretisch fundiert [10]. In Bezug auf die Weiterentwicklung von Beliefs hebt Schraw [11] hervor, dass sich die Beliefs über die Zeit entwickeln, insbesondere jedoch im Zusammenhang mit der universitären Ausbildung („College and Graduate Education“, [11]).

Dies wirft zunächst die Frage auf, welche Beliefs im Rahmen der universitären Ausbildung in Hinblick auf die Physik gefördert werden sollten, aber auch, welche Beliefs als adäquat bezeichnet werden können.

Einen Expertenkonsens über Beliefs zur *Natur der Naturwissenschaften* (im engl.: *Nature of Science, NoS*) zu erzielen ist kaum möglich, da selbst Expert/inn/en in Hinsicht auf bestimmte Aspekte der *Natur der Naturwissenschaften* sehr unterschiedlich antworten [12]. Zudem müssen „Lerninhalte über die Natur der Naturwissenschaften [...] immer neu und immer vorläufig als naturwissenschafts- didaktischer Konsens aus den Bezugswissenschaften Physik, Chemie, Biologie, Philosophie, Soziologie und Politikwissenschaften konzipiert werden“ ([13], S. 3).

Hinsichtlich einzelner Aspekte hat sich zum einen aus der Forschung über Inhalte und Ziele von *Nature of Science*-Aspekten im Unterricht und damit einhergehend der Diskussion über Inhalte des K12 Curriculums („Kindergarten through grade 12“) über die NoS im anglo-amerikanischen Raum ein Konsens gebildet. Als Forschungsbeispiel sei die Delphi-Studie von Osborne et al. [14] genannt, die sich zum Ziel gesetzt hat, Inhalte der Natur der Naturwissenschaften zu identifizieren, die als relevant für das Naturwissenschafts-Curriculum aufgefasst werden. Als inhaltlicher Konsens hat sich im Rahmen der Konsensfindung für die Naturwissenschaften „eine Liste von Aussagen [...], die auf weitgehende Akzeptanz gestoßen ist“ ([12], S. 161) entwickelt. Zudem konnten eine Reihe von ‚Mythen‘ über die Naturwissenschaften identifiziert werden (vgl. [12]), die als nicht adäquat betrachtet werden können. Exemplarisch sei hier die Aussage: „Naturwissenschaften und deren Methoden können alle Fragen beantworten.“ ([12], S. 162) genannt.

3.1 Inhaltlich-didaktische Aspekte der Vorlesung

Ein Kritikpunkt am naturwissenschaftlichen Grundstudium ist die Aneignung eines „implizites Wissenschaftsverständnis“ der Studierenden, „indem sie die Begriffe, Modelle, Theorien und Methoden ihres Faches weitgehend unreflektiert lernen“ ([13], S. 5).

Der Aspekt der Begriffsbildung wird in den neu konzipierten Vorlesungen zur Experimentalphysik aufgegriffen, indem Aufgaben eingesetzt werden, die die fachsprachliche Ausdrucksweise thematisieren. Beispiele dafür sind die beiden Aussagen:

- Unfallzeuge: „Der Autofahrer hat nicht gebremst, sondern sogar beschleunigt!“
- Reporter: „Ein starkes Finish: Direkt hinter der Kurve beschleunigte Vettel sein Auto wieder!“

Die Studierenden sollen die Aussagen hinsichtlich ihrer fachlichen Korrektheit prüfen und dann erklären, wie die in den Aufgaben enthaltenen alltags-sprachlichen und die fachsprachlichen Begriffe zusammenhängen.

Zudem werden Projektaufgaben in die Vorlesung integriert, bei denen die Studierenden beispielsweise eine „Landkarte der Physik“ erstellen sollen. Dabei sollen die Studierenden die wesentlichen Inhalte der Physik in einem möglichst zusammenhängenden Konzept darstellen und Parallelen zwischen den einzelnen Fachgebieten darstellen. Diese Aufgabe zielt darauf ab, das konzeptuelle Verständnis der Studierenden zu fördern.

Im Rahmen der Vorlesung werden Experimente vorgeführt und Modelle vorgestellt und erläutert. In diesem Rahmen kommen die Studierenden mit wissenschaftstheoretischen Grundlagen in Kontakt. Die Grundbegriffe ‚Theorie‘, ‚Gesetz‘, ‚Hypothese‘ etc. werden in der Vorlesung genutzt, aber nicht als Inhalt der Vorlesung selbst explizit thematisiert.

Das didaktische Konzept der Vorlesung Experimentalphysik I mit den Schwerpunkten klassische Mechanik und Thermodynamik ist eng angelegt an [15]. Viel Wert wird beispielsweise auf das dort vorgestellte Konzept der Energieerhaltung gelegt, zum einen zur Abgrenzung der Begriffe Arbeit und Energie und des Weiteren zum Vergleich der Betrachtung offener und abgeschlossener Systeme.

3.2 Erhebung der Beliefs der Studierenden

Das in [16] dargestellte Fragebogeninstrument zum Erheben von Teilaspekten der Physik wurde weiterentwickelt und fokussiert nun auf die Bereiche „Physikalisches Wissen“ und „Erkenntnisgewinnung“. Im Detail umfasst das Instrument die Aspekte: „Statik und Dynamik des Wissens“, „Absolutes Wissen“, „Einfluss des Zufalls“, „Ziele der Physik“, „Besonderheiten der Physik“, „Relevanz der Mathematik für die Physik“ und im Bereich der Erkenntnisgewinnung: „Naturwissenschaftliche Methodik“, „Beobachten und Messen“, „Auswerten und Interpretieren“ und „Veröffentlichen“. Eine Pilotierung wurde für die Skalen (außer dem Bereich der Erkenntnisgewinnung) in einem Vorkurs bei Studierenden, die im anschließenden Semester die Experimentalphysik I besucht haben, durchgeführt.

Im Wintersemester 2011/12 wurde ein Quasi-Längsschnitt erhoben. Dabei wurden Studierende des ersten Semesters, des dritten Semesters und Studierende ab dem 5. Fachsemester befragt, also Kohorten mit und ohne Intervention. Im dritten Semester wurde zusätzlich die gesamte Kohorte befragt (also auch die Studierenden im Fach Physik und der Meteorologie, die auch die Grundlagenvorlesungen zur Experimentalphysik besuchen).

3.2.1 Erste Ergebnisse Quasi- Längsschnitt

Befragt wurden 25 Lehramtsstudierende des 1. Semesters, 25 Studierende im dritten Semester und 27 Studierende im 5. Semester oder höher. Die Zuordnung fand dabei anhand der Veranstaltungen, die die Studierenden besuchten, statt. Zudem wurde das Hochschulsesemester abgefragt. Bei gravierenden Abweichungen der beiden Aussagen wurde von einer Zuordnung zu einer der oben genannten Gruppen abgesehen.

Verglichen wurden die Ergebnisse der drei Studienzeitpunkte durch eine einfaktorielle ANOVA (Faktor: Fachsemester), die „bei gleich großen Stichproben gegenüber Verletzungen ihrer Voraussetzungen relativ robust ist“ ([17], S. 276), und weil es sich bei dieser Untersuchung um einen Quasi-Längsschnitt handelt, d.h. um eine Erhebung von drei unabhängigen Stichproben zu einem Messzeitpunkt.

Dabei stellt sich heraus, dass im Vergleich der Gruppenmittelwerte keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Bereichen „Statik und Dynamik des Wissens“, „Absolutes Wissen“, „Einfluss des Zufalls“, „Ziele der Physik“, „Besonderheiten der

Physik“ und „Relevanz der Mathematik für die Physik“ auftreten. (Der „Relevanz der Mathematik für die Physik“ wurde von allen drei Stichproben im Mittel zugestimmt.)

3.2.2 Erste Ergebnisse - Vergleich der Studierenden im dritten Semester

Im dritten Semester wurden zu den oben genannten Aspekten neben den Lehramtsstudierenden ($N=14$) zudem Studierende im Fach Physik ($N=15$) und der Meteorologie ($N=18$) befragt, die alle eine Experimentalphysik-III Vorlesung besuchen (s.o.). Die Auswahl der Stichprobe fand sowohl über die Teilnahme an der Veranstaltung für Studierende im dritten Semester als auch über die Angabe des Fachsemesters statt. Für den Vergleich der drei Gruppen wurde der parameterfreie Kruskal-Wallis-Test (vgl. [17], S. 276 für das Verfahren) genutzt.

Keine statistisch signifikanten Unterschiede zeigten sich zwischen den drei Gruppen in den Bereichen „Absolutes Wissen“, „Statik und Dynamik des Wissens“, „Einfluss des Zufalls“ und beim „Veröffentlichen“.

Hinsichtlich der Besonderheiten der Physik zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der Wahrnehmung der Physik als ein besonders stark durchstrukturiertes Fach.

Statistisch signifikante Abweichungen zwischen den drei Gruppen treten zudem im Bereich der Frage nach der Quelle naturwissenschaftlicher Erkenntnis auf, beispielsweise „Physikalische Erkenntnisse werden gewonnen, indem man experimentiert und durch die Auswertung der Messergebnisse zu einem physikalischen Gesetz gelangt.“

Statistisch signifikante Unterschiede traten im Bereich „Beobachten und Messen“ bei den folgenden Items auf:

- „Bei allen physikalischen Experimenten kann der Einfluss der Messapparatur auf den Ausfall des Experiments prinzipiell beliebig klein gemacht werden.“
- „Das präzise und gleichzeitig prägnante Erfassen von Beobachtungen ist eine wesentliche Forschungshandlung.“

4. Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass es hinsichtlich der Entwicklung der Beliefs Aspekte gibt, bei denen sich die Ausprägungen der Studierenden höherer Semester und der Neuimmatrikulierten (die an der neu konzipierten Lehrveranstaltung teilnehmen) nicht unterscheiden. Dabei ist zu beachten, dass die Befragung zu einem frühen Zeitpunkt im Semester stattfand, und es bleibt zu beobachten, ob und welche Entwicklung der Beliefs in den kommenden Semestern stattfinden wird.

Andere Aspekte, wie das „Absolute Wissen“ zeigen hingegen im Mittel eine relativ geringe Ausprägung, was dem aktuellen Konsens entsprechend als adäquater Belief bezeichnet werden kann. Hier ist insbesondere bei den Neuimmatrikulierten (im Mittel) bereits ein adäquater Belief vorhanden, der auch von den Studierenden der höheren Semester vertreten wird.

Einige Aspekte, wie die Einschätzung der Relevanz der Mathematik, die sich im Quasi-Längsschnitt nicht unterscheiden haben, unterscheiden sich auch nicht in Hinblick auf das Studienfach der Studierenden im dritten Semester (Physik, Meteorologie).

5. Ausblick

Die Erhebung der Beliefs soll in einem echten Längsschnitt fortgesetzt werden. Anvisiert ist eine Befragung über die ersten vier Semester. Im kommenden Semester sollen die Daten der Studierenden aus dem ersten Semester mit denen aus dem zweiten Semester abgeglichen und zum darauffolgenden Zeitpunkt auch die Entwicklung einzelner Personen über die ersten drei Semester betrachtet werden. Das Projekt „MINT-Lehrerbildung neu denken!“ wird durch die Deutsche Telekom Stiftung gefördert.

6. Literatur

- [1] Albrecht, A. (2011). *Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik* (Dissertation). Zugriff am 21.12.2011 unter http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf
- [2] Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2011). Ursachen des Studienabbruchs in Physik. Eine explorative Studie. *Die Hochschule*, 20 (2), 131-145.
- [3] Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2012). Studieneingangphase im Fach Physik: Befunde und Interventionsmaßnahmen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 260-262). Münster: LIT-Verlag.
- [4] Albrecht, A. & Nordmeier, V. (im Druck). Studium der Physik. Untersuchung und Analyse von Bedingungen für einen erfolgreichen Studieneinstieg. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*.
- [5] Deutsche Physikalische Gesellschaft (Hrsg.) (2006): Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik. Zugriff am 10.05.2012 unter http://www.dpg-physik.de/static/info/lehramtsstudie_2006.pdf
- [6] Heukamp, V., Putz, D., Milbradt, A. & Hornke, L. (2009). Internetbasierte Self-Assessments zur Unterstützung der Studienentscheidung. *Zeitschrift für Beratung und Studium*, 4 (1), 2-8.

- [7] Albrecht, A. & Nordmeier, V. (eingereicht). Interventionsstudie im Lehramtsstudium der Physik – dem Erfolg auf der Spur. *PhyDid, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*.
- [8] Urhahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10 (1), 71-87.
- [9] Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 665-701.
- [10] Bendixen, L. & Rule, D. (2004). An Integrative Approach to Personal Epistemology: A Guiding Model. *Educational Psychologist*, 39 (1), 69-80.
- [11] Schraw, G. (2001). Current Themes and Future Direction in Epistemological Research: A Commentary. *Educational Psychology Review*, 13 (4), 451-463.
- [12] Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, S. 159-175.
- [13] Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein Überblick. In: D. Höttecke, C. Höble und E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 2-22). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- [14] Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community, *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (7), 692-720.
- [15] Müller, R. (2009). *Klassische Mechanik – Vom Weitsprung zum Marsflug*. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- [16] Eller, S. & Nordmeier, V. (2011). Reform der Studieneingangsphase im Fach Physik. *PhyDid B*. Zugriff am 10.05.2012 unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/324/443>
- [17] Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5. Auflage). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.