

Viktoria Rath

Fachpraktische Ausbildung von Paderborner Physiklehramtsstudierenden. Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines neuen Lehrkonzepts für das physikalische Praktikum 'Schulphysik I' im Haupt- und Realschulstudiengang Physik

Zusammenfassung

Dieser Artikel stellt ein neu erarbeitetes Lehrkonzept für experimentelle Fachpraktika in der universitären Lehrerbildung von Physiklehrkräften des Lehramts für Haupt- und Realschulen sowie für die entsprechenden Jahrgänge von Gesamtschulen vor. Hierzu werden sowohl die Ausgangssituation und die Entwicklungsarbeit als auch die Erprobung des Konzepts im Sommersemester 2015 dargestellt. Die Implementierung des Lehrkonzepts wurde im Rahmen des Paderborner Weiterbildungsprogramms "Professionelle Lehrkompetenz für die Hochschule" wissenschaftlich evaluiert.

Schlüsselwörter

Physikstudium; gutes Praktikum; Schülervorstellungen, FCI, NOS(1)

1 Ausgangslage und übergeordnete Ziele

Die universitäre Ausbildung von angehenden Physiklehrkräften gliedert sich in einen fachdidaktischen und einen fachwissenschaftlichen Teil; letzterer beinhaltet (Fach-)Vorlesungen und experimentelle (Fach-)Praktika. Die experimentelle, praktische und verpflichtende Fachausbildung der HRGe-Physiklehramtsstudierenden besteht aus den drei aufeinander aufbauenden Modulen Schulphysik I (Mechanik), Schulphysik II (Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik) und Schulphysik III (Atomphysik, Radioaktivität, Umweltphysik), jeweils bestehend aus Praktikum und Übung (vgl. Prüfungsordnung (B.Ed.) Physik HRGe. Stand: 04/2014). Diese Veranstaltungen werden in Paderborn von Mitarbeitern der Didaktik der Physik durchgeführt.

Ausgehend von den Rückmeldungen der Studierenden, den beobachteten Leistungen (z.B. in Protokollen, Übungsaufgaben, beim Experimentieren) und dem Kompetenzerwerb der Teilnehmer (z.B. Experimentierkompetenz) in vorangegangenen Semestern sowie den Erfahrungen der Dozenten erscheint eine Neuentwicklung des Lehrkonzepts für diese Module notwendig. Auf diese Ausgangslage, die Anforderungen an die Weiterentwicklung und die Ziele der begleitenden Forschung zu Evaluationszwecken wird in diesem Kapitel näher eingegangen.

1.1 Bisheriges Lehrkonzept der Schulphysik und Anfänge einer Neukonzeption

Alle drei Schulphysik-Module besitzen den gleichen, von den Inhaltsfeldern unabhängigen Grundaufbau sowie gemeinsame übergeordnete Ziele (vgl. Prüfungsordnung). An den Praktikumsterminen führen die Studierenden in 2er Gruppen physikalische Experimente zu dem jeweiligen Inhaltsfeld des Schulphysik-Moduls durch und schreiben eine festgelegte Anzahl an Versuchsprotokollen, die benotet werden.

An den jeweiligen Versuchstagen finden Antestate statt (kurze mündliche Abfragen vor der Versuchsdurchführung), die ebenfalls benotet werden (die fachlichen Sachverhalte und den theoretischen Hintergrund zu den Experimenten erarbeiten sich die Studierenden, aufbauend auf die zugehörige Fachvorlesung, die ein Semester zuvor gelesen wurde, selbstständig und in Heimarbeit). Eine Besonderheit in der Paderborner Physiklehramtsausbildung (HRGe) ist die zu dem Praktikum zugehörige Übung. In diesen Übungen der Schulphysik-Module sollen die Studierenden in ihrer Vorbereitung unterstützt werden und es werden Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit Messgeräten, mit komplizierten Sachzusammenhängen und mit Methoden zur Auswertung von Messdaten angeboten, die beim Experimentieren im Praktikum Anwendung finden.

Ziel des Praktikums und der zugehörigen Übung ist es, ein vertieftes, konzeptionelles Verständnis der in der Vorlesung behandelten grundlegenden Konzepte bei den Studierenden zu fördern. Darüber hinaus sollen die Studierenden die Fähigkeit erwerben, diese Konzepte zu vernetzen und bei der Bearbeitung einfacher experimenteller Problemstellungen anzuwenden. Außerdem sollen sie Erfahrungen beim qualitativen und quantitativen Experimentieren erwerben und ein Verständnis für die naturwissenschaftlichen Denkweisen und Arbeitstechniken entwickeln. Neben diesen fachlichen Kompetenzen sollen die Studie-

renden spezifische Schlüsselkompetenzen erwerben bzw. weiter-entwickeln (z.B. komplexe Sachverhalte eigenständig präsentieren, in Gruppen eigenständig komplexe Aufgabenstellungen lösen).

Die drei Schulphysik-Module wurden bisher in dieser beschriebenen Form jeweils 1-2 Mal durchgeführt. Hierbei sind diverse Schwierigkeiten aufgefallen, die sich folgendermaßen zusammenfassen lassen:

- Das Ziele, die Vernetzung der fachlichen Inhalte, ein tiefergehendes Konzeptverständnis sowie der Aufbau eines angemessenen Verständnis der Natur der Naturwissenschaften, wurden von vielen Studierenden nicht erreicht. Häufig zeigen die Studierenden in ihren Endabgaben der Protokolle, in späteren (fachdidaktischen) Veranstaltungen beim Experimentieren sowie in Prüfungen auch nach den Schulphysik-Modulen ein eher rudimentäres (Alltags-)Verständnis von wissenschaftlichem Experimentieren und von der Natur der Naturwissenschaften.
- Die Studierenden haben zum Teil große Schwierigkeiten, Messgeräte korrekt zu bedienen, ein Experiment wissenschaftlich durchzuführen, auszuwerten sowie ein Versuchsprotokoll zu schreiben.
- Die Studierenden haben häufig Probleme, Aufgaben auf Schulniveau angemessen zu lösen, physikalische Sachverhalte passend zu präsentieren und offene, projektartige Aufgabenformate zu bearbeiten.
- Der fachliche und strukturelle Zusammenhang zwischen der vorbereitenden Übung und dem Praktikum wurde zum Großteil von den Studierenden nicht erkannt.

Auf Basis dieser Auflistung von Schwierigkeiten und den nicht bei allen Teilnehmern erreichten Zielen wurde zum WS 14/15 das Konzept dieser drei Module überarbeitet und die Schulphysik stärker vereinheitlicht. Kern dieses übergeordneten Konzepts ist die angestrebte stärkere Verzahnung des jeweiligen Praktikums und der zugehörigen Übung, die jeweils für die einzelnen Module separat entwickelt werden soll. Hierbei wird angestrebt, die Anforderungen beim Experimentieren und bei der Bearbeitung von offenen, projektartigen Experimentieraufgaben schrittweise über die drei Semester zu erhöhen. Ebenfalls wurden einheitliche Kriteriums- und Bewertungsmaßstäbe entworfen (z.B. Bewertungs-Checklisten für die Protokolle).

Zudem wurde dieses Konzept anhand der Schulphysik II im WS 14/15 für die Inhaltbereiche Elektrizitätslehre, Magnetismus und Optik konkretisiert und implementiert. Bei dieser ersten Teilerprobung des Konzepts konnten erste positive Erfahrungen gesammelt werden, die sich in einem Feedbackgespräch zwischen den Dozenten und den Studierenden sowie in einem von den Teilnehmern ausgefüllten Feedback- und Bewertungsbogen zeigte.

1.2 Ziele: Entwicklung und Evaluation eines konkreten Lehrkonzepts für Schulphysik I

Ausgehend von den positiven Erfahrungen im WS14/15 soll das übergeordnete Konzept für die Schulphysik-Module auch für die Schulphysik I und somit auf den Inhaltsbereich Mechanik übertragen und ein konkretes Lehrkonzept entwickelt sowie implementiert werden. Um belastbare Aussagen über die Lernwirksamkeit dieses Lehrkonzepts treffen zu können, soll die Durchführung im Sommersemester 2015 wissenschaftlich begleitet werden. Die Ziele dieser wissenschaftlichen Begleituntersuchung liegen auf zwei Ebenen und lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Entwicklung eines neuen Lehrkonzepts für die Schulphysik I vor dem Hintergrund der konstruktivistischen Sicht auf Lernen (vgl. Duit, 2008; Hopf et al., 2011) anhand kontextorientierten Problemlöseaufgaben (vgl. Frieger, 2002) und einer den Paderborner Bedürfnissen angepassten Verzahnung des Praktikums und der vorbereitenden Übung gegenüber dem alten Konzept. Hierbei soll sich an dem Vorbild der bereits erprobten neuen Schulphysik II orientiert werden. Die übergeordneten Ziele sind hierbei, das konzeptionelle Verständnis in der Mechanik und das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften und deren Arbeitsweisen stärker zu fördern. Folgende Aspekte werden bearbeitet:
 - i. Die konkreten Inhalte der Mechanik, die in der Schulphysik I exemplarisch durchgenommen werden, werden neu ausgewählt sowie deren Verteilung auf die Praktikums- und der Übungstermine neu geordnet. Die exemplarischen Inhalte werden vor dem Stand der aktuellen Schülervorstellungsforschung (vgl. skizzierten Forschungslage in Kapitel 2) ausgewählt, um den Teilnehmern eine Auseinandersetzung mit diesen zu ermöglichen und den Aufbau eines korrekten physikalischen Verständnisses zu fördern. Zudem sollen solche Versuche ausgewählt werden, die eine Vor- oder Nachbereitung in der Übung und eine reine experimentelle Auseinandersetzung im Praktikum ermöglichen, um die Verzahnung dieser beiden Veranstaltung deutlich werden lassen.
 - ii. Die Versuche und die Versuchsanleitungen des Praktikums werden teils aus alten Materialien generiert und teils neu entwickelt. Bei den Aufgabenstellungen werden, im Vergleich zu den früheren Materialien, folgende fach- und allgemeindidaktische Gesichtspunkte stärker berücksichtigt: Kontextorientierung (vgl. Nawrath, 1980), Beispiellernen und Problemorientierung (vgl. Reinhold et al., 1999; Frieger, 2002; Lind et al., 2004), Forschendes-entdeckendes Lernen (vgl. Hötteke, 2010), Motivation und Interesse (vgl. Hopf et al., 2011; Hepp, 2010), Kompetenzorientierung (vgl. Leisen, 2011; Müller & Müller, 2002), Didaktische Rekonstruktion (vgl. Kattmann et al., 1997), Experimente und Kompetenzerwerb (vgl. Heinicke & Nawrath, 2014, Schreiber, 2012), Alltags- sowie Schülervorstellungen (vgl. Duit, 2015; Hopf et al., 2011). Bei der Auswahl wurde stark auf die Eignung der Versuche für

- die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Denkweisen und Arbeitstechniken geachtet (z.B. vielfältige, gängige Methoden der Aufnahme und Auswertung von Messdaten).
- iii. Ausgehend von den konkreten Inhalten des Praktikums wird erstmals ein Curriculum erstellt und semesterbegleitend die Inhalte der Übung entwickelt. Hierbei wird ein offensichtlicher Zusammenhang mit dem Praktikum forciert.
 2. Erprobung und Evaluation des - in der Aufgabenstellung für die Lehre veränderten, jedoch mit den gleichgebliebenen übergeordneten Zielen versehenen - neuen Lehrkonzepts der Schulphysik I im SS15. Bei der Evaluation stehen der Lernzuwachs hinsichtlich des konzeptionellen Verständnisses in der Mechanik sowie das Wissen über die Naturwissenschaften und deren Arbeitsweisen im Vordergrund.

2 Alltagsvorstellungen und das konzeptuelle Verständnis in und über die Physik

Bei der Neu- bzw. Weiterentwicklung der Schulphysik I wurden als theoretische Basis die konstruktivistische Sichtweise auf Lernen (vgl. Duit, 2008) und der Ansatz von der didaktischen Rekonstruktion (vgl. Kattmann et al., 1997) gewählt. Folglich muss besonders das Vorwissen der Lernenden bei der Konzeptionierung beachtet werden. Ein erheblicher Teil dieses Vorwissens sind die Vorstellungen der Lernenden¹, die nicht mit der physikalischen Sichtweise übereinstimmen und gerade daher erheblichen Einfluss auf den Lernprozess nehmen.

Der Aufbau eines wissenschaftlichen Verständnisses über physikalische Zusammenhänge wird in der Schule, aber auch in der Hochschule oftmals von sogenannten Alltags- bzw. Schülervorstellungen, die häufig auch noch nach dem Physikunterricht oder teilweise auch noch nach dem Physikstudium bestehen, behindert. Gerade im Fach Physik besitzen diese falschen Vorstellungen und Konzepte eine sehr bedeutsame Rolle, da sie sich als äußerst hartnäckig und sehr hinderlich für das Lernen von Physik erwiesen haben (vgl. Wodzinski, 1996; Hopf et al. 2011). Vor dem Hintergrund des späteren Berufs der Lehramtsstudierenden sind eine korrekte physikalische Sichtweise und die Sensibilität für Schülervorstellungen daher umso bedeutsamer.

Gerade im Inhaltsbereich der Mechanik weisen viele Physikstudierende aus Alltagserfahrungen stammende Vorstellungen auf, die nicht der physikalischen Sichtweise entsprechen (vgl. Wodzinski, 1996). Ebenfalls besitzen Lernende oftmals Vorstellungen über das Experimentieren und die Arbeitsweisen der Naturwissenschaften, die nicht mit dem wissenschaftlichen Vorgehen übereinstimmt (vgl. Duit, 1989).

¹ Diese Vorstellungen werden in der (physik-fachdidaktischen) Literatur meist als Alltags- oder Schülervorstellung bezeichnet, wobei die Vorsilbe „Schüler“ irritieren kann, da dies nicht nur Vorstellungen von Schülerinnen und Schüler sind, sondern ebenfalls bei Physikstudierenden oder sogar bei Physikern zu finden sind (vgl. Gramzow, 2015; Waren, 1979; Clement, 1982; Arons, 1981).

Um ein adaptives, förderliches Lehrkonzept für die Schulphysik I zu entwickeln, sollten daher die in diesem Kapitel kurz dargestellten Erkenntnisse aus einer über Jahrzehnte andauernden Forschungsaktivitäten zu Alltags- bzw. Schülervorstellungen und deren Bedeutung beim Lernprozess eines physikalischen konzeptionelles Verständnis bei der Auswahl der Experimentieraufgaben berücksichtigt werden.

2.1 Alltagsvorstellungen und deren Bedeutung für das Lernen von Physik

Lernende kommen nicht als unbeschriebenes Blatt in den Physikunterricht bzw. in universitäre Physiklehrveranstaltungen, sondern mit teils tief verankerten Denkweisen und Vorstellungen zu Begriffen, Phänomenen und Prinzipien, die sie in vielfältigen Alltagserfahrungen entwickelt haben. Diese stimmen meistens nicht mit der zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellung überein. In dieser Diskrepanz liegt die Ursache von vielen Lernschwierigkeiten. Die Lernenden haben aufgrund ihrer Vorstellungen häufig erhebliche Schwierigkeiten, die angebotene Physik (z.B. im Lehrbuch, in der Vorlesung) zu verstehen (vgl. Duit, 2015; Wiesner, 2008).²

Neben den alltäglichen Erfahrungen beeinflusst nicht weniger die Alltagssprache, wie sich Physiklernende die Welt vorstellen. Reinders Duit (2015) veranschaulicht dieses an folgenden alltagssprachlichen Formulierungen: Mit dem sprachlichen Ausdruck „Die Sonne geht auf“ wird eher die Vorstellung, dass die Sonne um die Erde kreist, als die heutige wissenschaftliche Auffassung unterstützt. Ebenfalls führt die Art und Weise, wie im Alltag beispielweise bei täglichen Gesprächen, aber auch in den Medien von „Energie“, „Wärme“, „Kraft“ etc. gesprochen wird, zur Ausbildung von bestimmten, tief verankerten Vorstellungen.

Diese aus Alltagserfahrungen und der Umgangssprache aufgebauten (Schüler-)Vorstellungen bilden die Basis für die Aneignung von neuem Wissen und Lernprozessen nach der heute zugrunde gelegten konstruktivistischen Sichtweise (vgl. Duit, 2008). Der gemeinsame Kern der vielen Varianten der konstruktivistischen Auffassung von Lernen ist, dass Wissen das Ergebnis eines kognitiven Konstruktionsprozesses ist, der vom Individuum unternommen wird, um der sozialen oder natürlichen Umwelt eine Bedeutung zu geben. Für Lernprozesse bedeutet dies, dass Wissen nicht „transportiert“, sondern individuell und aktiv konstruiert werden muss. Informationen können nicht direkt an Lernende weitergeben und Wissen somit nicht direkt in die Köpfe der Lernenden transportiert werden, wie beispielsweise beim veralteten Nürnberger-Trichter-Modell des Lehrens und Lernens. Vielmehr können nur geeignete Daten angeboten werden, die die Lernenden sich aufgrund ihres Vorwissens erschließen und zu Informationen aufbereiten, die für ihren Lernprozess wirksam werden (vgl. Duit, 1995; 1994; 2015; Wodzinski 1996; Niedderer 1999; Wiesner 2008). Walter Jung formulierte diese Bedeutungskonstruktion bereits 1986 folgendermaßen:

² Zur Verdeutlichung dieser Problematik geben Hopf et al. (2011, S. 34) ein sehr anschauliches Beispiel aus dem Anfangsunterricht in der Schule zur Elektrizitätslehre.

Der Zuhörer muss dem, was er hört, und dem, was er sieht, einen Sinn geben. Und das ist nur möglich, indem er Verbindungen mit schon Bekanntem herstellt, also konstruiert [...] In einem gewissen Sinn wird die Information vom Aufnehmenden konstruiert, indem er schon gespeicherte Vorstellungen aktiviert, in die er die Eingabe einordnet.
(Jung, 1986)

Hans Niedderer und Horst Schecker (1992) führen eine Auflistung an, die die wichtigsten Ergebnisse der Forschung zu Schüler- und Alltagsvorstellungen und Lernen zusammenfassend darstellt, die von Rita Wodzinski (1996) ins Deutsche übersetzt wurde. Nach Wissensstand der Autorin existieren in diesem Untersuchungsbereich seit den 1990er Jahren keine Untersuchungen mit neueren Erkenntnissen bzw. Ergebnissen, so dass die sechs Aspekte immer noch als aktuell angesehen werden können:

1. Alltagsvorstellungen sind sehr resistent gegenüber Veränderungen.
2. Bereichsspezifische Untersuchungen zeigen international ähnliche Ergebnisse.
3. Es gibt eine begrenzte Anzahl an grundlegenden alternativen Konzepten, die das Verhalten von Lernenden in verschiedenen Situationen hinreichend erklären.
4. Lernende aktivieren unterschiedliche Konzepte in Situationen, die für Physiker äquivalent sind.
5. Lernende passen ihre Konzepte der jeweiligen Situation an.
6. Lernende beobachten und argumentieren kontextabhängig. Das bedeutet, durch Experimente lassen sie sich nur begrenzt überzeugen.

Diese von Niedderer und Schecker zusammengetragenen Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Rolle und Bedeutung von Alltagsvorstellung beim Lernen gelten in der physikdidaktischen Forschung als abgesichert und anerkannt. Wodzinski (1996) weist auf die Doppeldeutigkeit dieser Liste hinsichtlich der Stabilität und Flexibilität von Alltagsvorstellungen hin. Einerseits zeigen die ersten drei Aspekte, dass Schülervorstellungen stabile Elemente („deep structure“) enthalten, andererseits weist die Liste auch ein gewisses Maß an Flexibilität der Vorstellungen auf („current constructions“).

2.2 Alltagsvorstellung in der Mechanik

Die Diskrepanz zwischen den physikalischen Vorstellungen und den Alltagsvorstellungen ist vor allem in der Mechanik sehr groß. Zudem erweisen sich die Vorstellungen in diesem physikalischen Bereich als sehr stabil und können somit den Aufbau eines konzeptionellen physikalischen Verständnisses in der Mechanik stark behindern. Daher ist es nicht überraschend, dass der deutlich größere Teil der empirischen Untersuchungen zu Alltags- und Schülervorstellungen bis heute im Bereich der Mechanik zu finden ist (vgl. Wodzinski, 1996). Eine gute Übersicht über die zusammengetragenen Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Mechanik findet man beispielsweise bei McDermott (1884), Schecker (1985), Gustone und Watts (1985), Nachtigall (1986), Arons (1990), Wiesner (1993 und 1994), Weber (1991) und Wodsinski (1996).

Bei genauerer Analyse der einzelnen Systematisierungen der Alltagsvorstellungen in der Mechanik fällt jedoch eine unterschiedliche Körnung und Graduierung dieser aus, so

dass keine einheitlich, allseits anerkannte Kategorisierung der Vorstellungen in der Mechanik in der Fachdidaktik existiert (vgl. Rath & Reinhold, 2016). Aufgrund der inhaltlichen Ausrichtung der Schulphysik I wird die Systematisierung von Walter Jung (1981) als Ausgangspunkt bei den Schülervorstellungen als sinnvoll erachtet. Jung führte in den 1980er Jahren eine der detailliertesten Untersuchungen im deutschsprachigen Raum über „Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik“ (Jung et al., 1981) durch. Diese bereits etwa 25 Jahre alten empirischen Ergebnisse wurden in den nachfolgenden Jahren z.B. von Horst Schecker (1985) reproduziert (jedoch nicht in gleicher Weise systematisiert) und werden auch heute noch als aktuell angesehen. Die empirischen Untersuchungsergebnisse bilden möglichen Vorstellungen ab, mit denen Studierende zu Beginn ihres Physikstudiums in die universitären Veranstaltungen zum Inhaltsbereich der Mechanik kommen können.

Diese Ergebnisse von typischen Alltags- bzw. Schülervorstellungen in der Mechanik sollen an dieser Stelle aufgrund ihrer Fülle nicht weiter aufgeführt werden, sondern auf die detaillierten Beschreibungen inklusive Beispielen bei Jung und Kollegen (1981), Schecker (1985), Wodzinski (1996) verwiesen werden.

Diese auf Schülerebene empirisch untersuchten Alltagsvorstellungen der angeführten Autoren wurden in mehreren internationalen Studien für Collegeschüler bzw. Studierenden ebenfalls gefunden (vgl. Schecker, 1985; Nachtigall, 1986). So untersuchte beispielsweise J. W. Warren (1979) die inhärenten Probleme des Newtonschen Kraftbegriffs und die Schwierigkeiten seiner Vermittlung bei Studierenden in Eingangskursen der Physik, Mathematik und Ingenieurwissenschaften. Hierbei diskutiert er ausführlich die drei Newtonschen Axiome im Hinblick auf konzeptuelle Schwierigkeiten. Seine Ergebnisse decken sich mit denen von Jung und Kollegen (1981). Darüber hinaus konnte Warren feststellen, dass seine Probanden bzgl. des dritten Newtonschen Axioms ($actio = reactio$) folgende falsche Vorstellungen besitzen: $Actio$ und $Reactio$ greifen an dem gleichen Körper an. Dieser bewegt sich nur dann, wenn $Actio$ größer ist als $Reactio$.

John Clement (1982) untersuchte ebenfalls Alltags- bzw. Schülervorstellungen von Studierenden. Der Schwerpunkt seiner Forschungsaktivitäten waren die fest verankerten qualitativen Vorstellungen bei College-Erstsemestern (Physik, Ingenieurwissenschaften) über den Zusammenhang von Kraft und Bewegung. Auch in diesem Bereich der Mechanik konnte er die bereits bei Jung et al. (1981) empirisch Ergebnisse verifizieren. Für einen Großteil seiner Probanden beinhaltet eine Bewegung immer eine Kraft, diese Kraft ist zur Aufrechterhaltung der Bewegung erforderlich. Bei Bewegungen gegen eine Bremskraft ist die bewegende Kraft größer als die Bremskraft. Schnelligkeitsänderungen kommen nach Ansicht der Studierenden zustande, weil die Kraft sich aufbaut oder „abstirbt“.

Ergänzend untersuchte auch A. B. Arons (1981) die bei Lernschwierigkeiten zugrunde liegenden Fehlkonzepte von College-Studenten in einführenden Physikkursen im Bereich der Kinematik und zum Kraftbegriff. Arons konnte die gleichen falschen Vorstellungen bezüglich des Zusammenhangs zwischen Kraft und Bewegung (nur belebte Körper können Kraft ausüben, in Richtung der Bewegung wirkt immer eine Kraft) sowie für das 3. Newtonsche Axiom ($Actio$ und $Reactio$ greifen am gleichen Körper an) bei College-Studenten erheben.

2.3 Alltagsvorstellung zu der Natur der Naturwissenschaften

Bis in die 90er Jahre wurden unter dem Begriff Alltags- bzw. Schülervorstellung fast ausschließlich Vorstellungen zu physikalischen Begriffen, Konzepten und Phänomenen verstanden. In den nachfolgenden Jahren wurde der Begriff ausgeweitet. Hierdurch veränderten bzw. erweiterten sich die Projekte und Untersuchungen in diesem Forschungsbereich. Alltagsvorstellungen über das Experimentieren, über wissenschaftliche Arbeitsweisen, über Erkenntnismethoden und den eigenen Lernprozess rücken immer mehr mit in die Betrachtungen und in die Forschungsinteressen (McComas, 1998; Höttecke, 2001; Duit, 2004/2011a; Duit & Treagust, 2003).³ Der Aufbau eines wissenschaftlichen Verständnisses von der Natur der Naturwissenschaften sowie deren Arbeitstechniken bei Lehramtsstudierenden und die Vermittlung von schulrelevantem Wissen können nach Irene Neumann (2011) in sechs Kernbereiche unterschieden werden. Diese lassen sich in Anlehnung an die englischsprachige Literatur (z.B. Schwarz, Ledermann, 2008) in die Bereiche Nature of Scientific Inquiry (NOSI) und Nature of Science Knowledge (NOS bzw. NOSK) unterteilen (Neumann, 2011; vergleiche auch Woitkowski, 2015):

Nature of Scientific Inquiry (NOSI)	Nature of Science (NOS)
Naturwissenschaftliche Untersuchungen ...	Naturwissenschaftliches Wissen ...
(1) beginnen mit einer Frage	(1) ist subjektiv beeinflusst
(2) nutzen vielfältige Methoden und Herangehensweisen	(2) wird auf empirischer Basis schlussfolgernd gewonnen
(3) erlauben verschiedene Interpretationen	(3) ist vorläufig

Abbildung 1: Facetten von NOSI und NOS nach Neumann (2011) und Woitkowski (2015)

Die in diesem Kapitel dargestellten empirischen Forschungsergebnisse zu Alltags- bzw. Schülervorstellungen beim und über das Physiklernen stellen bei der Entwicklung des neuen Lehrkonzepts neben der fachlichen Klärung der Veranstaltungsinhalte den Ausgangspunkt bei der didaktischen Rekonstruktion (vgl. Kattmann et al., 1997) dar. Dies bedeutet, dass die explizierten Alltags- bzw. Schülervorstellungen zu Begriffen, Sachzusammenhängen und Phänomenen sowie die Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften die Sachlogik der Schulphysik und die Aufbereitung dieser mitbestimmen.

3 Entwicklung des neuen Lehrkonzepts

Ausgehend von der geschilderten Situation und mit der Motivation, stärker das konzeptionelle Verständnis von physikalischen Sachzusammenhängen und den Kompetenzzuwachs im Bereich des wissenschaftlichen Experimentierens und Wissen über Nature of Science zu fördern, wurde das Grundkonzept aller drei Schulphysik-Module in Kooperation mit der

³ Eine gute Übersicht über die empirischen Ergebnisse zu Vorstellungen über Experimente und deren Rolle in der Physik liefert der Artikel von Reinders Duit „Vorstellungen und Experiment – Von der eingeschränkten Überzeugungskraft experimenteller Beobachtungen“.

Modulverantwortlichen im WS 15/16 überarbeitet. Diese Grundstruktur sowie die erste Erprobung im WS 15/16 in dem Modul Schulphysik II werden im Folgenden dargestellt. Anschließend wird die Entwicklungsarbeit, d.h. die Übertragung und konkrete Ausgestaltung dieser Grundstruktur auf das Lehrkonzept der Schulphysik I detailliert beschrieben.

3.1 Entwicklung des übergeordneten Lehrkonzepts für die Schulphysik-Module

Die drei Schulphysik-Module sind inhaltlich unabhängig voneinander, bauen jedoch in den experimentellen Anforderungen aufeinander auf. Da die Teilnehmer in der Schulphysik I noch sehr viel Anleitung und Hilfestellung beim Experimentieren und beim wissenschaftlichen Schreiben von Versuchsprotokollen benötigen, werden in dem neuen Lehrkonzept die Vorgaben schrittweise reduziert bzw. die Aufgabenstellungen immer weiter geöffnet. Am Ende der Schulphysik III müssen dann Antworten auf offene und komplexe experimentelle Problemlösungen in Projektarbeiten von den Lernenden gefunden werden.

Der Grundaufbau der gesamten Schulphysik ist aber gleich: Die Studierenden bearbeiten im Praktikum (fast) jede Woche im Tandem (teil-)offene Experimentieraufgaben. Bei der Auswahl der Experimente werden folgende Aspekte beachtet: Exemplarität für den physikalischen Inhaltsbereich, Komplexität, Förderung der Auseinandersetzung mit Alltagsvorstellungen, Bedeutung für den späteren Physikunterricht, Grad der Veranschaulichung der naturwissenschaftlichen Arbeitstechniken, Vielfalt der Auswertungsmethoden (qualitativ, quantitativ, Komplexität), Einsatz von digitalen Medien (PC, Smartphone), Einsatz von verschiedenen Messgeräten und -systemen (Cassy, Cobra, Oszilloskop), Kontextorientierung, motivierende und kognitiv aktivierende Aspekte. Zur Versuchsdurchführung im Praktikum besteht aufgrund der Teilnehmeranzahl zum Teil ein Rotationssystem, so dass sich die Gruppen jeweils mit unterschiedlichen Experimenten in einer Sitzung beschäftigen. Bevor die Studierenden das Experiment machen dürfen, wird ein kurzes (benotetes) mündliches Antestat durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Studierenden den Versuch sowie die Sicherheitsaspekte bei seiner Durchführung genügend kennen. Im Anschluss an das Experimentieren fertigt jede Studierendengruppe ein Protokoll zu ihrem Versuch an, welches ebenfalls benotet wird.

Einen Tag vor dem Praktikum findet die zugehörige Übung statt. Durch diese sollen die Studierenden sowohl auf die einzelnen Versuche im Praktikum, als auch auf zukünftige Tätigkeiten (z.B. Einsatz von Experimenten) im Physikunterricht vorbereitet werden. Letzteres beinhaltet das Herleiten und Erklären von mathematischen Zusammenhängen vor dem Plenum an der Tafel, das Vorrechnen von Aufgaben auf Schulniveau, das fachlich richtige Elementarisieren von komplizierten und das Veranschaulichen von abstrakten Sachzusammenhängen und Phänomenen sowie das fachliche Argumentieren.

Um sowohl die Studierenden auf das Erklären, Erläutern, Argumentieren, Herleiten und Vorrechnen im späteren Physikunterricht als auch auf spezielle praktische Tätigkeiten und die komplexe Sachzusammenhänge für die jeweiligen Praktikumssitzung am Folgetag vorzubereiten, wird die Übung von 90 Minuten in zwei Blöcke geteilt. In der ersten Hälfte

präsentieren die Studierenden quantitative und qualitative Übungsaufgaben auf dem Niveau des vertieften Schulwissens⁴ (vgl. Riese 2009; Woitkowski 2015), die sie im Vorfeld eigenständig vorbereiten. Hierdurch sollen die Rechen-, Argumentations- und Präsentationsfähigkeiten der Studierenden gefördert werden. Hierfür werden Aufgaben mit starkem Bezug zu den Inhalts- und Anforderungsbereichen des folgenden Praktikumstermins gewählt. Gleichzeitig werden hierdurch (Argumentations-) Fähigkeiten für das Antestat am Praktikumstermin und Auswertungsschritte für die Versuche entwickelt. Auf diese Weise soll der Zusammenhang zwischen den beiden Veranstaltungen für die Studierenden deutlich werden.

Im zweiten Block eines jeden Übungstermins werden unter Einsatz von aktivierenden Methoden spezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten, die im Praktikum erforderlich sind, durchgenommen. Dies umfasst komplexe Denkaufgaben, praktische Übungen (z.B. Schaltungen stecken, Fehlersuche bei Schaltungen), Auseinandersetzung mit Messsoftware (z.B. vimps, measure dynamics), Gerätekunde (z.B. Funktionsweise des Oszilloskops) oder – vor allem in der Schulphysik I – Hilfe bei dem Verständnis eines konkreten Experiments und dem Schreiben des Versuchsprotokolls. Um eine vertrauensvolle Lernumgebung in der Übung zu schaffen, die keinen Einfluss auf die Prüfungssituationen des Praktikums hat (wöchentliche Antestate und benotete Versuchsprotokolle), werden die Übung und das Praktikum von verschiedenen Dozenten durchgeführt. Dies setzt eine gute Kooperation der Dozenten voraus, um die Übung und das Praktikum wöchentlich in puncto Schwierigkeiten der Studierenden bei den Experimenten sowie beim Schreiben der Versuchsprotokolle abzustimmen.

Dieses modulübergreifende neue Lehrkonzept wurde im WS 14/15 erstmalig im Modul Schulphysik II umgesetzt. Das Curriculum und die Inhalte für das Praktikum und für die Übung wurden nach den oben genannten Aspekten neu entwickelt. Hierfür wurden Experimentieraufgaben und unterstützende Lernmaterialien für den physikalischen Inhaltsbereich Elektrizitätslehre, Magnetismus und Optik entwickelt und implementiert. Für die Übung wurden (qualitative und quantitative) Aufgaben für das Präsentieren, praktische Übungen zum Stromkreis (Steckübungen, Fehlersuche), Aufgaben (mit gestuften Hilfen) zur Strukturierung und Erarbeitung von komplexen Sachzusammenhängen zusammengestellt und ebenfalls erprobt.

Aus Sicht der beiden durchführenden Dozenten wurden durch dieses neue Lehrkonzept die oben aufgeführten Schwierigkeiten (vgl. Kapitel 1.1) verbessert. Ebenfalls gab es von

⁴ Im Bereich der physikalischen Fachkompetenz von (angehenden) Lehrkräften wird bei der Konzeptualisierung im Sinne einer ansteigenden Schwierigkeit des fachlichen Niveaus zwischen Schulwissen, vertieftem (Schul)Wissen und reinem universitären Wissen unterschieden. Unter vertieftem Wissen wird hierbei das vertiefte und vernetzte Wissen in Bezug auf den Schulstoff und Wissen über die Schulphysik von einem höheren Standpunkt aus verstanden. Dies beinhaltet Wissen über multiple Zugänge sowie Wissen, das für Schulabsolventen ungewöhnlich ist, diesbezügliche Aufgaben aber auf Grund der Nähe zum Schulcurriculum prinzipiell noch von sehr guten Schülerinnen und Schülern gelöst werden können.

den Studierenden positive Rückmeldungen in Form von Feedbackbögen und Gesprächen. Beispielweise wurden die praktischen Tätigkeiten in der Übung als sehr hilfreich und gut vorbereitend auf das Praktikum empfunden und die Zusammenhänge zwischen den beiden Veranstaltungen (Praktikum und Übung) waren für die Teilnehmer gut ersichtlich.

Aufgrund dieser positiven Erfahrungen wurde das Lehrkonzept auch auf die Schulphysik I im SS 15 übertragen. Dazu wurden sowohl das Praktikum, als auch die Übung hinsichtlich der oben genannten Aspekte komplett überarbeitet. Die konkreten Inhalte sind im nachfolgenden Kapitel dargestellt. Um darüber hinaus nicht nur auf Erfahrungen der Dozenten und auf Rückmeldungen der Studierenden zurückgreifen zu müssen, wurde die Lernwirksamkeit anhand des konzeptionellen Verständnis und des Wissens über die Naturwissenschaften überprüft. Zusätzlich wurde ein Feedback der Teilnehmer (wie in Kapitel 5 genauer dargestellt) eingeholt.

3.2 Entwicklung des Lehrkonzepts für die Schulphysik I

Die Übertragung der Struktur und die konkrete Entwicklung der Schulphysik I wurden drei Monate vor der Vorlesungszeit begonnen. Hierbei wurden zunächst alle Mitarbeiter, die bei der Schulphysik I involviert waren, in das neue Lehrkonzept eingearbeitet. Anschließend wurde das Praktikum geplant und die zugehörigen Experimente ausprobiert. Da die Übung sehr stark von den Inhalten des Praktikums abhängig ist, konnten ihr Curriculum und die konkreten Inhalte erst zu dem Zeitpunkt endgültig geplant werden, als die Praktikumsplanung beendet war. Zudem ist ein Ziel der Übung, auf die konkreten Schwierigkeiten und Unterstützungswünsche der Studierenden einzugehen, sodass Teile einer jeden Übungssitzung erst kurz vor dem jeweiligen Termin festgelegt werden können.

Zeitraum	Entwicklungsschritte des neuen Lehrkonzepts Schulphysik I
Januar 2015	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung und Besprechung des Lehrkonzepts mit dem verantwortlichen Mitarbeiter für die Technik und dem Dozenten für die Übung
Januar-März 2015	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl, Zusammenstellung und Erprobung der im Praktikum zum Einsatz kommenden Experimente • Formulierung der Arbeits- und Experimentieranleitungen, Regularien und Anfertigung der Folien für die Vorbesprechung • Planung der einzelnen Sitzungen für das Praktikum
April-Juli 2015	<ul style="list-style-type: none"> • Planung der Übung (Curriculum, einzelne Sitzungen, Aufgabenpool, Lernmaterialien) • Erprobung und Evaluation des Lehrkonzepts

Abbildung 2: Übersicht der zeitlichen Entwicklungsschritte des neuen Lehrkonzepts für die Schulphysik I

Die Vorbesprechung der Schulphysik I (und der Prätest für die Evaluation) haben in der ersten Sitzung der Übung stattgefunden, sodass am folgenden Tag im Praktikum mit der inhaltlichen Auseinandersetzung begonnen werden konnte. Die einzelnen Sitzungen bauen aufeinander, wie in nachfolgender Tabelle zu sehen ist, auf. Die einzelnen Bestandteile werden, mit Aufzeigung der Verzahnung mit der Übung, im Folgenden erläutert.

	Praktikum	Übung
1	Messen + Protokoll schreiben „Schiefe Ebene“	Vorbesprechung
2	Messen + Protokoll schreiben „Schiefe Ebene“	Auswertung, Fehlerrechnung
3	Versuch 1 „Video-Bewegungsanalyse“	Programm Measure Dynamics, Fehlerabschätzung, Unterstützung bei 1. Protokoll
4	Gerätepraktikum I „Oszilloskop“	Theorie zu Versuch 2-4
5	Versuch 2-4 „Waagerechter Wurf, Freier Fall, Kreisbewegung“	
6	Versuch 2-4 „Waagerechter Wurf, Freier Fall, Kreisbewegung“	
7	Versuch 2-4 „Waagerechter Wurf, Freier Fall, Kreisbewegung“	
8	Versuchszirkel zum Schall (Arbeitsblatt statt Protokoll)	Schall in unterschiedlichen Medien, theoretische Werte für Versuche berechnen
9	Versuchszirkel zur Wärmelehre (Arbeitsblatt statt Protokoll)	Versuche aus Praktikum zu Schall auswerten
10	Versuchszirkel zur Wärmelehre (Arbeitsblatt statt Protokoll)	Versuche aus dem Praktikum zur Wärmelehre auswerten
11	Gerätepraktikum II „Cassy“	Theorie zu Versuch 5-8
12	Versuch 5-8 „Hookesches Gesetz, Impuls, Arbeit, Schwingungen“	
13	Versuch 5-8 „Hookesches Gesetz, Impuls, Arbeit, Schwingungen“	
14	Versuch 5-8 „Hookesches Gesetz, Impuls, Arbeit, Schwingungen“	
15	Versuch 5-8 „Hookesches Gesetz, Impuls, Arbeit, Schwingungen“	

Abbildung 3: Übersicht über die Inhalte der einzelnen Praktikums- und Übungstermine der Schulphysik I

Beispielversuch und -protokoll

Als neuer Bestandteil der Schulphysik I wurde in den ersten beiden Sitzungen sehr kleinschrittig das wissenschaftliche Experimentieren und das dazugehörige Protokollschreiben exemplarisch für den inhaltlich recht leichten Versuch „Schiefe Ebene“ zusammen mit den Studierenden erarbeitet. Hierbei wurde die zeitliche Abfolge der einzelnen Schritte bei der Vorbereitung und Durchführung sowie Dokumentation der späteren Versuche beachtet. Am Ende der zwei Praktikumsitzungen wurde aus den während der Durchführung stichwortartig festgehaltenen Protokollinhalten von der Dozentin ein Beispielprotokoll angefertigt und online den Studierenden zur Verfügung gestellt.

Durch diesen neuen Baustein in der Schulphysik I sollten die Studierenden den Ablauf des wissenschaftlichen Experimentierens sowie den Ablauf und die Anforderung des Praktikums ausführlicher und durch eigene Erarbeitung kennenlernen sowie einmal exemplarisch durchlaufen haben. Hierdurch soll (im Vergleich zu dem alten Konzept) ein selbstständigeres, selbstsicheres und fehlerfreies Experimentieren gleich zu Beginn der Schulphysik I bei den Studierenden erreicht werden, indem für die Studierenden die Bedeutung der einzelnen Schritte des Experimentierens und Protokollierens verständlicher gemacht wird. Nicht zuletzt sollen das gemeinsame Protokollieren und das angefertigte Beispielprotokoll zu qualitativ besseren Protokollen führen.

Versuche mit Antestat und Protokoll

Hauptbestandteil des Praktikums und notenbildend sind die Versuche 1 bis 8 zum Inhaltbereich Mechanik. Von jeder Zweier-Gruppe wird jeweils ein Versuch in einer Sitzung durchgeführt. In der alten Schulphysik I waren diese Versuche oft unterschiedlich zeitintensiv und bestanden aus unterschiedlichen vielen Teilversuchen, zudem wurden die gängigen Schülervorstellungen weniger stark berücksichtigt.

In der neu entwickelten Schulphysik I bestehen die acht Versuche je aus zwei thematisch miteinander verbundenen Teilversuchen. Meist ist einer der beiden Teilversuche qualitativ, um das konzeptuelle Verständnis stärker zu fördern (siehe Versuch 4). Zudem wurde auf eine starke Kontextorientierung bei dem Großteil der Versuche geachtet (siehe Versuch 6).

Versuch 4: Kreisbewegung

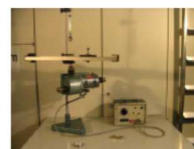
Versuchsteil A (qualitativ)

Ein mit Wasser gefüllter Eimer wird an eine Schnur gebunden. Lassen sie den Eimer durch kreisende Bewegungen mit der Hand rotieren.

Aufgabe: Erklären sie das Phänomen.

Versuchsteil B (quantitativ)

Der Zentralkraftmesser ist eine Vorrichtung, bei der die Zentripetalkraft gemessen werden kann, die auf einen sich im Kreis bewegenden Wagen wirkt. Der Wagen ist auf einem rotierenden Dreharm beweglich gelagert ist und kann mit Massestücken beschwert werden. Die Drehgeschwindigkeit wird gemessen, indem die Zeit für 10 Rotationen bestimmt wird.



Aufgabe: Bestimmen sie induktiv den funktionale Zusammenhang von Zentripetalkraft, Radius, Masse und Drehgeschwindigkeit.

Abbildung 4: Versuch zur Kreisbewegung

Versuch 6: Hooksches Gesetz

(A) Dehnungsverhalten von Feder und Gummiband

Metallfedern und Gummibänder zeigen ein unterschiedliches Dehnungsverhalten.

Aufgabe: Stellen sie das Dehnungsverhalten der unterschiedlichen Materialien graphisch da und interpretieren sie das Ergebnis. Bestimmen Sie weiterhin die Federkonstante von mindestens drei verschiedenen Federn und die maximale Zugkraft des Gummibandes.



(B) Bungeejumping

Beim Bungeejumping werden den Personen maximale Grenzerfahrungen ermöglicht, indem die Personen aus einer bestimmten Höhe springen und sich im Freien Fall befinden. Kurz vor der (Erd)Oberfläche werden sie durch ein Gummiband abgebremst. Hierbei herrschen höchste Sicherheitsmaßnahmen und normalerweise ist zu keinem Zeitpunkt das Leben der springenden Personen in Gefahr.

Aufgabe: Modellieren sie den Bungeesprung mit Hilfe des Hookschen Gesetzes und einem rohen Ei als Versuchsperson. Überprüfen sie ihre Modell (Überlegungen, Berechnungen) experimentell; sie haben dafür genau einen Versuch. Gehen sie bei ihrer Fehlerbetrachtung auch auf die Grenzen dieser Analogie ein.



Abbildung 5: Versuch zum Hookschen Gesetz

Nach einem erfolgreich bestanden kurzen Antestat führen die Studierenden den Versuch eigenständig durch. Das in Heimarbeit angefertigte Versuchsprotokoll geben die Teilnehmer eine Woche nach Versuchsdurchführung ab; hierbei besteht die Möglichkeit einer Überarbeitung.

Damit die Arbeitsbelastung für die Studierenden nicht zu hoch ist, gibt es zwischen diesen Versuchen einen größeren Block, in dem sie keine Antestate bestehen oder Protokolle schreiben müssen (vgl. Ablaufplan der Veranstaltung).

Versuchszirkel mit Arbeitsblättern

Dieser Baustein des Praktikums ist, wie schon die Sitzungen zum Beispielversuch, komplett neu in der Schulphysik I. Zu den beiden physikalischen Themenbereichen Wärmelehre und Schall wurden für drei Praktikumsterminen kleinere, vor allem qualitative Handversuche, mit denen die zentralen Sachverhalte erarbeitet werden sollen, entwickelt. Die Reihenfolge der Bearbeitung können die Studierenden dabei frei wählen.

Die Bearbeitung und die fachliche Korrektheit werden hierbei durch Abgabe der ausgefüllten Arbeitsblätter gewährleistet und zum Teil in die Übung verlagert. So ist z.B. vorgesehen, dass die theoretisch verwertbaren Werte der Schallausbreitung in verschiedenen Medien (Luft, Wasser) aufgenommen mit verschiedenen Messmethoden (Oszilloskop, PC-Programm, per Hand mit Frequenzgenerator und Lineal) in der Übung im Vorfeld berechnet werden, um sie dann in der darauffolgenden Übungssitzung mit den experimentell ermittelten Werten für Schallgeschwindigkeiten zu vergleichen.

An dieser Stelle ist die Verzahnung der von Praktikum und Übung sehr schön zu sehen: Die experimentellen, praktischen Tätigkeiten finden im Praktikum statt, während die theoretische Auseinandersetzung und die Auswertung der Handversuche in der Übung geplant sind. Letzteres hat den Nebeneffekt, dass die Studierenden die Versuchszirkel komplett in den Veranstaltungen bearbeiten und – sofern sie diese Möglichkeit nutzen – diese nicht zu Hause vor- oder nachbereiten müssen und somit eine Arbeitserleichterung haben.

Gerätepraktikum

Die Idee des Gerätepraktikums wurde aus der alten Schulphysik I übernommen und auf die in der nun neu entwickelten Schulphysik I vorkommenden Messgeräte und Messsysteme angewendet. Für die tiefere Auseinandersetzung von Funktionsweisen und Anwendungsmöglichkeiten beschäftigen sich die Studierenden an zwei Praktikumsterminen mit dem Oszilloskop und mit Cassy. Die Termine sind dabei so gelegt, dass die Studierenden ihre neuen Erfahrungen in den nachfolgenden Wochen direkt in einem Versuch erneut anwenden können.

Diese Bestandteile bilden das Grundgerüst der Schulphysik I und werden, wie in Tabelle 3 aufgeführt, auf die einzelnen Praktikumssitzungen gegliedert. Wie bei der Erläuterung der einzelnen Bausteine angeführt, soll die Übung die Inhalte der einzelnen Praktikumssitzungen begleiten. Hierzu sind nach Festlegung des Ablaufplans des Praktikums einzelne Bestandteile/ Sitzungen der Übung geplant worden, wie in der Tabelle 3 ebenfalls zu sehen ist. Die Übungstermine vor den Versuchstagen (Versuch 2-8) sollen mit Berücksichtigung

der Unterstützungswünsche der Studierenden in der Vorlesungszeit von dem Dozenten der Übung geplant werden. Hierbei sind die zu behandelnden Inhaltsfelder (z.B. Bewegung, Erhaltungssätze) durch die im Praktikum stattfindenden Versuche bereits vorgegeben. Ebenfalls müssen die von den Studierenden zu Beginn einer jeden Übung zu präsentierenden Aufgaben noch zusammengestellt werden. Hierzu existiert bereits ein großer Fundus an Aufgaben auf Schulniveau mit Musterlösungen.

4 Evaluation des neuen Lehrkonzepts für die Schulphysik I

Die zwei zentralen Ziele der Schulphysik I sind (a) ein vertieftes konzeptuelles Verständnis schulrelevanten Wissens in der Mechanik und (b) ein Kompetenzzuwachs im Bereich des wissenschaftlichen Experimentierens und des Wissens über Nature of Science. Inwieweit diese beiden Ziele durch das neue Lehrkonzept der Schulphysik I erreicht werden, wird durch eine Evaluationsstudie untersucht. Deren Design sowie die eingesetzten Testinstrumente werden nachfolgend dargestellt.

4.1 Methodik und Instrumente

Die Lernwirksamkeit des neuen Lehrkonzepts der Schulphysik I wird in einem Prä-Post-Design evaluiert. Hierbei wird auf zwei standardisierte Testinstrumente zurückgegriffen, die sich bei der Evaluation von Lehrkonzepten im Schul- bzw. Hochschulkontext bewährt haben. Hierbei handelt es sich um Testinstrumente, die quantitative Daten hervorbringen (multiple-choice-Format), welche vor dem Hintergrund der geringen Teilnehmeranzahl in der Schulphysik I nur bedingt statistisch auswertbar sind. Alternativ könnte eine qualitative Form der Datengewinn gewählt werden. Vor dem Hintergrund mangelnder bereits existierender und erprobter qualitativer Testinstrumente wurde sich jedoch für eine quantitative Datenerhebung entschieden, wobei diese aufgrund der kleinen Stichprobe allenfalls erste Hinweise liefern kann, die in nachfolgenden Untersuchungen verifiziert werden sollten.

Um das Ziel (a) überprüfen zu können, wird der FCI-Test (Force Concept Inventory) eingesetzt. Dieses Testinstrument wurde 1992 von David Hestenes, Malcom Wells und Gregg Schwackhamer für den Einsatz zur Diagnose des konzeptuellen Wissens in den USA entwickelt. Mittlerweile ist der FCI in den USA weit verbreitet und wird dort erfolgreich an Schulen und Hochschulen zur Bestimmung des konzeptuellen, qualitativen Verständnisses im Bereich der (Newtonschen) Mechanik eingesetzt. Für die Evaluation wird die deutsche Übersetzung von Horst Schecker und Jörn Gerdes (1999) verwendet.

Um den Kompetenzzuwachs im Bereich wissenschaftlichen Experimentierens und Nature of Science zu untersuchen, sind die Testteile zu NOSI (Nature of Scientific Inquiry) und NOS (Nature of Scientific Knowledge) aus dem Test zum Fachwissen Physik in der Hochschulausbildung von David Woitkowski (2015) übernommen worden.

Force Concept Inventory Test

Der Test besteht aus Denkaufgaben zur Newtonschen Mechanik im geschlossen Aufgabenformat mit je fünf Antwortalternativen, von denen genau eine angekreuzt werden soll. Die (falschen) Distraktoren entsprechen aus der Forschung bekannten Alltags- bzw. Schülervorstellungen. Durch dieses Aufgabenformat wird eine Entscheidung zwischen dem

newtonschen Konzept und den Alltagsvorstellungen erzwungen. Insgesamt enthält der Test 29 Items in der Form von multiple-choice-Fragen zu Bewegungsvorgängen. Hierbei werden 6 Bereiche des Verständnisses getestet:

- Kinematik (2 Aufgaben zur Differenzierung zwischen Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung, 4 Aufgaben zur Bahnkurve bei konstanter Beschleunigung, Fall und Wurf),
- Erstes Newtonsches Axiom (8 Aufgaben zum Trägheitsprinzip),
- Zweites Newtonsches Axiom (4 Aufgaben zu Kraft und Beschleunigung)
- Drittes Newtonsches Axiom (4 Aufgaben zu Wechselwirkungskräften),
- Superposition (4 Aufgaben zur Überlagerung von Kräften),
- Spezielle Kräfte (6 Aufgaben zur Reibung, 10 Aufgaben zur Gravitation).

Dabei sind einige Aufgaben mehreren Subskalen zugeordnet, sodass die Summe über die Bereiche größer ist als 29. Der Inhaltskanon der Kinematik und Dynamik der gymnasialen Oberstufe wird weitestgehend abgedeckt (vgl. Schecker 1999) und das „Kraftkonzept“ laut Hestenes und Kollegen (1992) umfassend getestet.

Ursprünglich war die Originalveröffentlichung als Hilfe für Lehrkräfte gedacht, um das Denken ihrer Schülerinnen und Schüler zu ergründen (vgl. Hestenes et al. 1992). Heute wird der FCI oftmals beim Vergleich der Lernwirkung unterschiedlicher Lehrkonzeptionen (Oberstufe und universitäre Anfangsveranstaltungen) verwendet, beispielweise in der Studie „Physiklernen mit Modellbildungssystemen“ (Schecker, 1998a). Hierzu ist der ursprünglich von Hestenes und Kollegen (1992) veröffentlichte Test von Schecker und Gerdes (1999) ins Deutsche übersetzt worden. Zum Lösen der Aufgaben benötigt man keine genauen Formelkenntnisse oder mathematischen Fähigkeiten im Lösen von Gleichungssystemen. Vielmehr ist ein solides Verständnis physikalischer Grundbegriffe wie Kraft oder Trägheit entscheidend. Die Eignung zur Erfassung der Konzeptualisierung des Kraftbegriffes ist im Detail umstritten, vor allem werden die Reliabilität und die Validität der Datenauswertung diskutiert (vgl. Schecker et al. 1999; Halloun, Hestenes 1985). Die Inhaltsvalidität des Tests für das generelle Mechanikverständnis wird jedoch als eindeutig angesehen, allerdings wird der innerer Aufbau aus Aufgabengruppen hinterfragt. Gleiches gilt für die Diagnose alternativer Konzeptualisierungen der Mechanik, also der vorhandenen konkreten Alltags- bzw. Schülervorstellung, da eine Analyse der Struktur der Fehlantworten des Tests nicht wirklich vorgenommen wurde.

Testteil NOS(I)

Der Testteil zu NOSI (Nature of Scientific Inquiry) und NOS (Nature of Scientific Knowledge) wurde übernommen aus dem Testinstrument zum Fachwissen Physik in der Hochschulbildung von David Woitkowski (2015). Der Test umfasst 18 Items im geschlossenen Aufgabenformat mit 4 Antwortalternativen; hiervon ist jeweils genau eine Antwort richtig. Bei der Konstruktion dieser Items hat Woitkowski auf den Test von Irene Neumann (2011)

zurückgegriffen. Jeweils die Hälfte der Items umfasst das Wissen zu NOSI bzw. NOS. Der Wissensbereich NOSI⁵ besteht aus den drei Facetten

- „SI begin with a question“,
- „SI embrace multiple methods and approaches“ und
- „SI allow multiple interpretations“, die jeweils durch drei Items erfasst werden.

Analog lassen sich die neun Items zu NOS⁶ in

- „SK is influenced by subjectivity“,
- „SK is empirically based and inferential“ und
- „SK is tentative“ einteilen.

Mit Hilfe dieser beiden Tests (FCI und NOS(I)) soll das neue Lehrkonzept der Schulphysik I hinsichtlich der beiden oben genannten (Teil-)Ziele der Veranstaltung evaluiert werden, um die Schulphysik I und somit die Physiklehrerausbildung (HRGe) an der Universität Paderborn weiter zu verbessern.

Um einen weiteren Einblick in den Kompetenzerwerb der Studierenden zu bekommen, wird bei der Post-Erhebung zusätzlich ein Selbsteinschätzungs- und Feedbackbogen eingesetzt. In diesem wird nach der persönlichen Einschätzung hinsichtlich des Kompetenzerwerbs in der Veranstaltung zum konzeptuellen Wissen, zur Experimentierkompetenz und NOS(I) gefragt.

4.2 Charakterisierung der Stichprobe

Das Modul Schulphysik I besteht aus den beiden Pflichtveranstaltungen Praktikum und Übung und wird typischerweise im zweiten Fachsemester des Bachelorstudiums von den Studierenden belegt. Die Studierenden sind ausnahmslos HRGe-Lehramtsstudierende, die im vorherigen Semester die inhaltsgleiche Vorlesung Experimentalphysik I gehört haben. Durch den Besuch der Vorlesung sollten die Teilnehmer über den theoretischen Hintergrund der Versuche im Praktikum und auch über dessen mathematische Modellierung verfügen.

Im Sommersemester 2015 wurde die Schulphysik I mit 9 Studierenden gestartet, von denen jedoch über die Hälfte die Schulphysik I nicht regulär im zweiten Fachsemester besuchen bzw. diese ein weiteres Mal besuchen (müssen). Die Teilnehmeranzahl hat sich in den ersten Wochen stark reduziert, so dass an der Evaluationsstudie nur 4 Studierenden,

⁵ Hierbei steht die Abkürzung SI für Scientific Inquiry

⁶ Hierbei steht die Abkürzung SK für Scientific Knowledge

die sich regulär im zweiten Fachsemester befinden, teilgenommen haben.⁷ Von dieser Stichprobe sind 25 % weiblich, das Durchschnittsalter liegt bei 20,5 Jahren.

5 Auswertung

Für die Evaluation des neu entwickelten Lehrkonzepts für die Schulphysik I werden im Folgenden zwei Blickrichtungen eingenommen. Zum einen werden die Umsetzbarkeit des Lehrkonzepts in der Praxis und die aufgetretene Schwierigkeiten aus Sicht der Dozentin geschildert. Zum anderen wird durch die gesammelten empirischen Daten die Lernwirksamkeit des Lehrkonzepts im Hinblick auf die beiden Ziele (siehe Kapitel 1.2) betrachtet. Es sei gleich einschränkend erwähnt, dass die Ergebnisse aufgrund der sehr geringen Stichprobe nur als Tendenz gewertet werden können. Jedoch können sie zusammen mit der Beurteilung des Lehrkonzepts durch die Dozentin erste Hinweise über die Lernwirksamkeit und Praxistauglichkeit des Lehrkonzepts aufzeigen. Basierend auf diesen vorläufigen Erkenntnissen bietet es sich an, das Lehrkonzept in den kommenden Durchführungen weiter zu evaluieren, um einerseits die positiven Tendenzen zu überprüfen und andererseits das Lehrkonzept ausgehend von diesen ersten Hinweisen weiter zu optimieren.

5.1 Umsetzung des neuen Lehrkonzepts, aufgetretene Schwierigkeiten und subjektive Einschätzung

Der zeitliche und inhaltliche Aufbau des Praktikums der Schulphysik I hat im Großen und Ganzen überzeugt. Die Versuche wurden von den Teilnehmern gut angenommen. Vor allen bei den Experimentieranleitungen, die stark problemorientiert und kontextorientiert waren, wie z.B. das Bungeejumping oder die Rakete, waren die Studierenden hoch motiviert. Somit liegt es nahe, für den nächsten Durchgang für weitere Versuche die Experimentieranleitung nach diesem Vorbild zu formulieren. Bei den Versuchszirkeln mit den Handversuchen haben die auszufüllenden Arbeitsblätter dafür gesorgt, dass die Teilnehmer die Versuche aktiv und tiefgehend bearbeitet haben, auch wenn hier keine Leistungssituation vorlag. Dieses ist ebenfalls als positiv zu werten, da in dem alten Lehrkonzept Praktikumsitzungen ohne Leistungsdruck weniger gut gelungen sind. Ein Aspekt, der im Vergleich zu dem früheren Lehrkonzept aus Sicht der Dozentin nicht verbessert werden konnte, ist die Qualität der Protokolle.

⁷ Diese geringe Anzahl an Teilnehmern ist in den experimentellen Fachpraktika in diesem Studiengang an der Universität Paderborn die Norm. Dennoch wird das konzeptionelle Verständnis und die Vorstellungen der Studierenden durch wissenschaftliche Tests erhoben, um so nicht nur einen subjektiven Eindruck, sondern aufgrund von standardisierten, die Gütekriterien erfüllenden Instrumenten erste Hinweise hinsichtlich des Lernertrags durch das Lehrkonzept zu erhalten.

Hierbei könnte eine bessere Umsetzung des Lehrkonzepts bei der Verzahnung von Praktikum und Übung teilweise helfen. An diesem Aspekt des Lehrkonzepts besteht noch Weiterentwicklungsbedarf bzw. es ist für die erfolgreiche Umsetzung eine Kooperation der Dozenten von Praktikum und Übung unerlässlich. An dieser Stelle, d.h. bei der Kooperation liegt vermutlich eine große Schwierigkeit des neuen Lehrkonzepts der Schulphysik I, die bei der Erprobung im SS15 nicht überwunden werden konnte. Die Übung war zu Beginn des Semesters nicht ausreichend konkret auf das Praktikum abgestimmt, das bestehende Curriculum wurde jedoch nur in Teilen umgesetzt.

Bei einem zukünftigen Einsatz des Lehrkonzepts sollten daher die vorhandenen Inhalte der Übung hinsichtlich der Nähe zum Praktikum geprüft werden und ggf. überarbeitet werden, damit die Verzahnung mit den Praktikumsterminen das gesamte Semester vorhanden ist. Gleichzeitig sollten die beiden Dozenten stärker miteinander zusammenarbeiten, damit die Übung die Studierenden bei ihren konkreten Schwierigkeiten im Praktikum unterstützen kann. Hierzu sollte der Dozent der Übung mit den Inhalten, vor allem mit den Versuchen und deren praktische Umsetzung vertraut sein.

Es ist weiter zu überlegen, ob das bei dieser Erprobung (SS15) noch nicht komplett ausgearbeitete Curriculum der Übung vor der nächsten Durchführung vollständig entwickelt vorliegen sollte, sodass es für den Dozenten der Übung für jede Sitzung konkrete Vorgaben geben würde und er auf fertig ausgearbeitete Materialien zurückgreifen könnte. Dies würde jedoch die Autonomie des Dozenten beschränken und die Flexibilität der Übungsgestaltung begrenzen.

5.2 Auswertung der empirischen Daten

Die subjektiven Eindrücke der Lernwirksamkeit des neuen Lehrkonzepts der Schulphysik werden durch die beiden Wissenstests zum konzeptionellen Verständnis und NOS(I) für die Studierende im SS15 bestätigt.

Das konzeptionelle Verständnis in der Mechanik hat sich im Mittel um 14,3 % verbessert. Im Prätest haben die Studierenden zwischen 23,3 % und 40,0 % der Items richtig beantwortet. Nach der Intervention streut das richtige Antwortverhalten zwischen 16,7 % und 86,7 %; bis auf eine Person haben sich die einzelnen Teilnehmer, bezogen auf den Gesamtscore, deutlich verbessert.

Im Vergleich zu Schülerinnen und Schüler aus Physikleistungskursen (N=30) im Bundesland Bremen⁸ schneiden die HRGe-Studierenden durchschnittlich - sowohl im Prätest (Leistungskurs: 30 % bis 55 %) als auch im Posttest (Leistungskurs: 42 % bis 75 %) - etwas schlechter im FCI ab (vgl.: Gerdes, Schecker, 1999), weisen jedoch eine ähnliche Leistungssteigerung im Test auf.

⁸ Es wurde eine Studie aus dem Bundesland Bremen für vergleichende Analysen herangezogen, da sich diese mit Leistungskursschülerinnen und -schüler befasst und diese Personengruppe als recht nah zu 2. Semestern angesehen werden. Zudem wurde nach dem Wissen der Autorin keine Untersuchung in der gymnasialen Oberstufe mit dem FCI in Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 5.1 bereits angeführten Skalenproblematik des FCIs sowie der sehr kleinen Stichprobe (N=4) wird den prozentuellen Zuwächsen bzw. Rückgängen den richtige Itemlösungen auf Skalenebene, wie sie in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt sind, eine eher geringe Aussagekraft zugeordnet. Sowohl auf Testebene als auch auf Skalenebene weist die Gesamtgruppe, mit Ausnahme der Skala 1. Axiom, eine positive Testleistung auf.

FCI	Anzahl Items	Prätest			Posttest		
		Mittelwert in %	Minimum in %	Maximum in %	Mittelwert in %	Minimum in %	Maximum in %
Kinematik	6	25,0	17,0	33,0	54,2	17,0	100,0
1. Axiom	8	40,6	25,0	50,0	34,8	13,0	63,0
2. Axiom	4	25,0	13,0	38,0	31,5	13,0	50,0
3. Axiom	4	18,8	0,0	50,0	56,3	25,0	100,0
Superpositionsprinzip	4	37,5	25,0	50,0	37,5	0,0	100,0
Arten von Kräften	12	43,8	31,0	56,0	56,3	19,0	94,0
FCI Gesamtscore	29	33,3	23,3	40,0	47,5	16,7	86,7

Abbildung 6: Übersicht des Gesamtscores sowie den einzelnen Skalen des FCIs für die gesamte Stichprobe

Die kleine Stichprobe bietet den Vorteil, dass die quantitativen Daten darüber hinaus personenbezogen betrachtet werden können. Dabei wurde auf der Ebene des Gesamtscores und der einzelnen Skala die Entwicklung der einzelnen Teilnehmer analysiert. Wie in Abbildung 7 zu sehen, hat sich einer der Teilnehmer (RNN20) sowohl in den einzelnen Skalen, als auch in dem Gesamtscore eine erhebliche bessere Testleistung. Zwei der Teilnehmer (GRN22, LHD13) weisen ebenfalls eine Verbesserung in der Leistung bezogen auf den Gesamttest auf, die sich jedoch nicht stringent auch auf der Skalenebene zeigt. Der Teilnehmer LNX16 zeigt sowohl im Gesamtscore als auch auf allen einzelnen Skalen einen Rückgang der Testleistungen. Hier liegt die Vermutung nahe, dass zum einen kein Lernzuwachs durch Schulphysik I erreicht wurde und zum anderen bei der Ausfüllung des FCI-Tests höchstwahrscheinlich ein recht ausgeprägtes Rateverhalten vorhanden war.

Aus den Daten der Gesamtstichprobe und den personenbezogenen Daten lässt sich ableiten, dass mindestens drei der vier Teilnehmer der Schulphysik I durch das neue Lehrkonzept ihr konzeptionelles Verständnis in der Mechanik verbessern konnten und nicht korrekte Alltagsvorstellungen abbauen sowie eine (angehende) wissenschaftliche Sichtweise in Bezug auf das Kraftverständnis in der Physik aufbauen konnten.

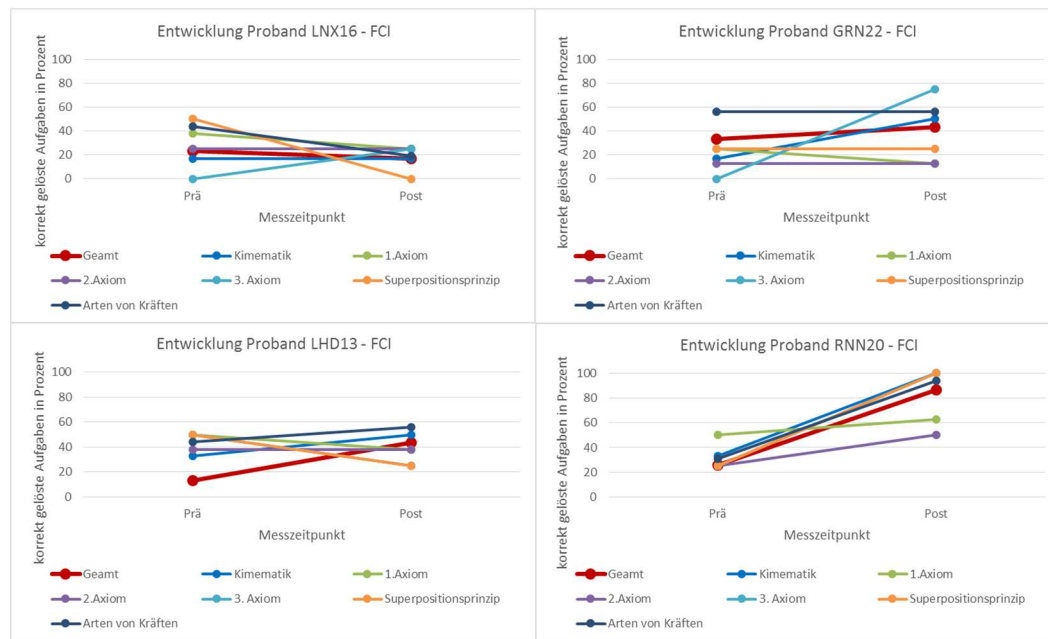


Abbildung 7: Personenbezogene Entwicklung der Probanden bezüglich einzelner Skalen und Gesamtscore

Aus den Testdaten zum Wissen über das wissenschaftliche Experimentieren und über Nature of Science lässt sich ebenfalls auf einen Kompetenzzuwachs der Studierenden in diesem Bereich schließen. Sowohl in den beiden Skalen NOS und NOSI als auch bezogen auf den Gesamtscore (Verbesserung um 16,7 %) konnten sich die Teilnehmer im Mittel zum Teil stark verbessern. Vor allem in dem Bereich NOSI (Nature of Scientific Inquiry) ist ein starker durchschnittlicher Anstieg um ca. 25 % auszumachen.

NOS(I)	Anzahl Items	Prätest			Posttest		
		Mittelwert in %	Minimum in %	Maximum in %	Mittelwert in %	Minimum in %	Maximum in %
NOS	9	58,3	44,0	78,0	66,8	44,0	89,0
NOSI	9	27,8	11,0	44,0	52,8	33,0	89,0
NOS(I) Gesamtscore	18	43,1	33,0	50,0	59,8	39,0	78,0

Abbildung 8: Übersicht des Gesamtscores sowie den einzelnen Skalen des NOS(I)-Tests für die gesamte Stichprobe

Wieder wurde der Vorteil der kleinen Stichprobe genutzt und die einzelnen Testergebnisse auf Personenebene betrachtet. Insgesamt zeigt sich ein ähnliches Entwicklungsbild wie bei der personenbezogene Betrachtung der FCI-Testleistungen.

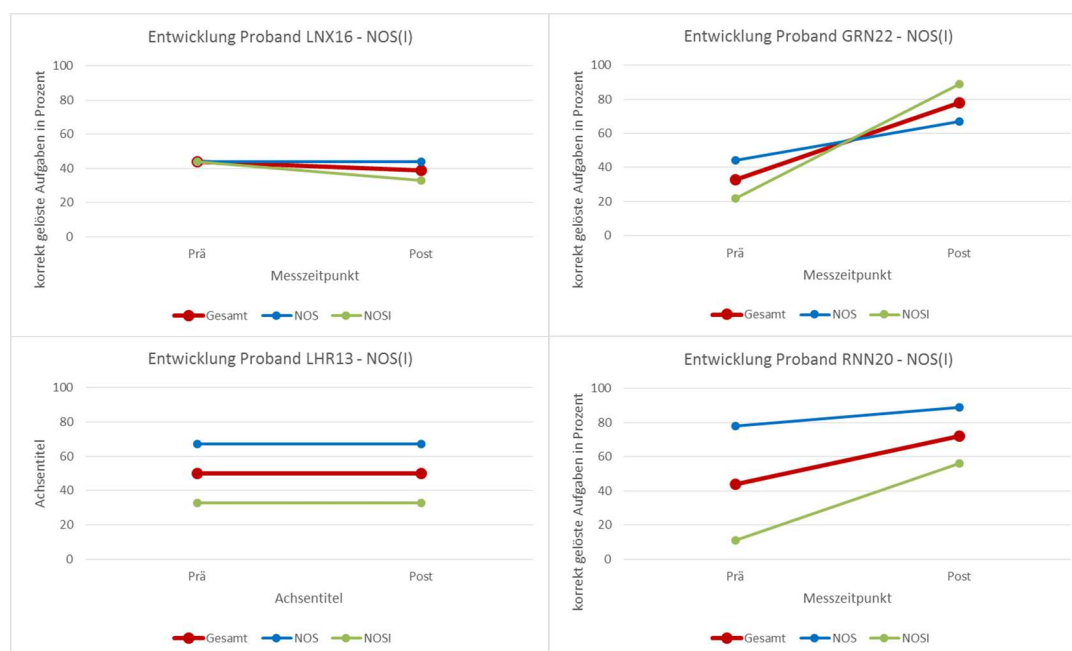


Abbildung 9: Personenbezogene Entwicklung der Probanden hinsichtlich des Gesamtscores sowie den einzelnen Skalen des NOS(I)-Tests

Teilnehmer LNx16 hat sich auch hier sowohl in der Gesamttestleistung als auch innerhalb den beiden Bereichen verschlechtert. LHR13, der beim FCI insgesamt eine positive Entwicklung aufweist, hat in Bezug auf NOS(I) gleichbleibende Testleistungen. Erfreulich ist, dass bei diesem Test zwei der Teilnehmer (GRN22, RNN20) in den beiden Bereichen NOS und NOSI eine starke Verbesserung der Testleistung zeigen.

Insgesamt kann als Resümee aus der Betrachtung der beiden Tests somit eine Leistungsverbesserung bei der Mehrzahl der Teilnehmer der Schulphysik I festgestellt werden. Zusätzlich zu den beiden Wissenstests (FCI und NOS(I)) ist am Ende der Intervention ein Selbsteinschätzungs- und Feedbackbogen von den Studierenden ausgefüllt worden. Dieser zeigt bei der Einschätzung von expliziten lernförderlichen Inhalten (spezielle Versuche, Übungsinhalte, Aufgaben) ein sehr heterogenes Bild. Einige sind sich die Studierenden, dass die Versuche Bungeejumping (Hookesches Gesetz) und die Rakete (Rückstoßprinzip, Impuls) am interessantesten waren. Dies ist nicht erstaunlich, da diese beiden problemorientierten Versuche sehr stark kontextorientiert sind. Die Teilnehmer geben weiterhin einheitlich an, dass sie ihr Wissen durch die Schulphysik I vertieft haben sowie das selbstständige Experimentieren, das Protokoll schreiben und die Fehlerrechnung gelernt haben. Ebenfalls sind sie sich einig, dass sie von allen Kernbestandteilen der Schulphysik I (Protokolle schreiben, Antestate, Vor- bzw. Nachbereitung zu Hause, Versuche im Praktikum, Gespräche mit Dozenten, Gespräche mit Kommilitonen, Anwesenheit in der Übung, vorzurechnende Aufgaben in der Übung) profitiert und durch die Aspekte etwas gelernt haben.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße können diese Daten sowie auch die subjektiven Eindrücke der Dozentin allenfalls als vielversprechende Hinweise für die Lernwirksamkeit des neuen Lehrkonzepts der Schulphysik I angesehen werden, die jedoch in weiteren Untersuchungen verifiziert werden sollten. Hierbei könnten zum einen bei einer erneuten Implementierung des Lehrkonzepts qualitative Daten erhoben werden, um so einen tiefen

Einblick in die Entwicklung der Teilnehmer zu erhalten. Da die Anzahl der Teilnehmer aufgrund des Studienganges in der Regel einstellig sein wird, ist eine solche qualitative Erhebung auch gut umsetzbar. Eine andere Möglichkeit wäre ausgehend von den erhaltenden Rückmeldungen das Lehrkonzept in einem design-based Research-Ansatz weiter zu entwickeln und wissenschaftlich zu begleiten.

6 Fazit und Ausblick

Wie in dem vorherigen Kapitel ausführlich dargestellt, können aus den Evaluationsdaten erste Hinweise auf eine positive Lernwirkung des neuen Lehrkonzepts für die Schulphysik I abgeleitet werden. Das im Frühjahr 2015 neu entwickelte Lehrkonzept scheint eine gute Verzahnung von dem Praktikum und der zugehörigen Übung zu ermöglichen, auch wenn bei der Abstimmung der Dozenten noch Entwicklungsbedarf besteht (vgl. Kapitel 5.1). Für zukünftige Durchführungen dieses Lehrkonzepts wären verschiedene Möglichkeiten denkbar. Zum einen könnte nur ein Dozent sowohl Praktikum als auch Übung durchführen. Dies hätte den Vorteil, dass keine Abstimmung mit einer weiteren Person nötig wäre. Nachteilig ist dann jedoch die Aufhebung der Trennung von Prüfungssituationen (Praktikum) und reiner Übungssituationen (Übung). Eine andere Möglichkeit wäre, die Kooperation zwischen den Dozenten stärker zu fördern, beispielsweise durch klare Absprachen.

Unabhängig von diesen Schwierigkeiten auf der Mitarbeiterenebene wurde die Schulphysik I bei den Studierenden insgesamt positiv bewertet. Die Praktikumsinhalte werden von den Studierenden als motivierend, interessant und lernförderlich angesehen (vgl. Kapitel 5.2) und durch die studentische Rückmeldung können diese bei der nächsten Implementierung noch weiter optimiert werden. Hierzu könnte für weitere der Experimentieraufgaben eine kontextorientierte Problemstellung entwickelt werden, wie beispielweise die Modellierung des Bungeejumpings mit einem rohen Ei. Ebenfalls könnten die Arbeitsblätter zu den Versuchszirkeln stärker an alltäglichen Phänomenen orientiert werden.

Darüber hinaus hat die Evaluation für eine kleine Stichprobe gezeigt, dass sowohl das konzeptionelle Verständnis in der Mechanik als auch das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften sowie deren Arbeitsweisen bei den Studierenden durch das neue Lehrkonzept gefördert werden (vgl. Kapitel 5.2). Die wissenschaftliche Begleitung dieser Lehrveranstaltung hat zudem tiefere Einblicke in die konzeptionelle Vernetzung des Wissens von den Studierenden ermöglicht und bietet neben den Versuchsprotokollen, Antestaten sowie dem Verhalten der Teilnehmer beim Experimentieren eine zusätzliche Rückmeldung.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die eingangs aufgeführten Ziele, ein neues Lehrkonzept zu entwickeln, durchzuführen und zu evaluieren (vgl. Kapitel 1), erfolgreich umgesetzt und erreicht wurden. Somit steht für die nächsten Durchgänge ein lernwirksames Lehrkonzept für die Schulphysik I zur Verfügung, welches ggf. noch weiter optimiert werden sollte.

Literatur

- Arons, A.B. (1981). Thinking, reasoning and understanding in introductory physics courses. *The Physics Teacher*, 19, 166-172.
- Arons, A. B. (1990). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Clement, J. (1982). Student preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Duit, R. (1989). Vorstellungen und Experiment – Von der eingeschränkten Überzeugungskraft experimenteller Beobachtungen. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.), *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 20-22). Aulis Verlag.
- Duit, R. (Hrsg.) (1994). Themenheft „Alltagsvorstellungen II“. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*.
- Duit, R. (1994a). *The constructivist view in science education – What it has of offer and what should not be expected from it*. Paper presented at the International Conference “Science and Mathematics Education for the 21st Century: Towards Innovative Approaches”, Chile.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change – a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Duit, R. (2008). Zur Rolle von Schülervorstellungen im Unterricht. *Geographie Heute*, 265, 3-6.
- Duit, R. (2015). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (3. Auflage, S. 657-680). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Gramzow, Y. (2015). *Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik*. Berlin: Logos-Verlag.
- Gramzow, Y. & Szabone Varnai, A. (Februar 2015). *Das Lehrkonzept „Schulphysik“ für HRGelehrter*. Poster zum Präsentieren auf der GDGP-Schwerpunkttagung „Schulexperimentierpraktika als Forschungsfeld für die Naturwissenschaftsdidaktiken“, Halle.
- Gerdes, J. & Schecker, H. (1999). Der Force Concept Inventory - Ein diagnostischer Test zu Schülervorstellungen in der Mechanik. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht* 52(5), 283-288.
- Gustone, R. & Watts, M. (1985). Force and Motion. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Hrsg.), *Childrens' ideas in science* (S. 85-104). Milton Keynes. Open University Press.
- Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, 1043-1048.
- Heinicke, S. & Nawrath, D. (Hrsg.). (2014). *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. Experimente gestalten*. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 144.
- Hepp, R. (2010). Mit Aufgaben Freude an der Physik entwickeln. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. Verschiedene Ziele – verschiedene Aufgaben*, 117/118, 106-109.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (Hrsg.). (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Aulis Verlag.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften im Unterricht“. *Physik/Chemie*, 34(7), 2-6.

- Höttecke, D. (Hrsg.). (2010). Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. Forschend-entdeckendes Lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 21(119).
- Jung, W., Wiesner, H. & Engelhardt, P. (1981). *Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik*. Empirische Untersuchungen und Ansätze zu didaktisch-methodischen Folgerungen. (Texte zur mathematisch-naturwissenschaftlichen-technischen Forschung und Lehre; Bd. 8)
- Jung, W. (1982). Vorstellung der Schüler zu physikalischen Begriffen. In H. Fischler (Hrsg.), *Lehren und Lernen im Physikunterricht. Didaktik des Physikunterrichts. Bestandaufnahme* (S. 70-104). Köln: Aulis-Verlag.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34, 2-6.
- 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 (ZfDN)*, 3(3), 3-18.
- Leisen, J. (Hrsg.). (2011). Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. Kompetenzorientiert unterrichten. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 123/124.
- Lind, G., Friege, G., Kleinschmidt, L. & Sandmann, A. (2004). Beispiellernen und Problemlösen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 10, 29-49.
- McComas, W.F., (Hrsg.). (1998). *The nature of science in science education – rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McDermott, L. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today* 37, 24-32.
- Müller, A. & Müller, W. (2002). Physikaufgaben zum Nachdenken. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik. Aufgaben*, 13(67), 16-21.
- Nachtigall, D. (1986). Vorstellungen im Bereich der Mechanik. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34(13), 16-21.
- Nawrath, D. (1980). *Kontextorientierung – Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für Physikunterricht*. Berlin: Logos-Verlag.
- Neumann, I. (2011). *Beyond physics content knowledge – modeling competence regarding nature of scientific inquiry and nature of scientific knowledge*. Berlin: Logos-Verlag.
- Niederer, H. & Schecker, H. (1992). Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niederer (Hrsg.), *Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies: Proceedings of an international workshop* (S. 74- 98). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Niederer, H. (1999). Physiklernen als kognitive Entwicklung. In Deutsche Physikalische Gesellschaft & Fachverband Didaktik der Physik (Hrsg.), *Didaktik der Physik: Vorträge – Physiktagung 1999 – Ludwigsburg* (S. 33-48). Bad Honnef: DPG.
- Rath, V. & Reinhold, P. (2016). Schülervorstellungen in der Mechanik und ihre kriteriengeleitete Diagnose in Videos. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 149-151). Münster: Lit.
- Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 5, 41-62.

- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Logos-Verlag Berlin.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Lederman, J. (2008). An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire. Baltimore.
- Schecker, H. (1985). *Das Schülervorverständnis zur Mechanik. Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte*. Bremen.
- Schecker, H. & Gerdes, J. (1998). Interviews über Experimente zu Bewegungsvorgängen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(3), 61-74.
- Schecker, H. & Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik – Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(1), 75-89.
- Schreiber, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*. Berlin: Logos-Verlag.
- Universität Paderborn (Hrsg.). (2014). *Prüfungsordnungen (B.Ed.) Physik HRGe*. Paderborn.
- Waren, J. W. (1979). *Understanding Force*. London: Murray.
- Weber, K. (1991). Schwierigkeiten beim Erlernen der Newtonischen Mechanik. *Physik in der Schule*, 29, 122-129.
- Wiesner, H. (1993). *Lernschwierigkeiten von Schülern im Physikunterricht unter besonderer Berücksichtigung des Unterrichts über Optik, Mechanik und Quantenphysik*. Habilitation, Goethe-Universität Frankfurt/Main.
- Wiesner, H. (1994). Verbesserung des Lernerfolges im Unterricht über Mechanik. Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten und fachdidaktische Folgerungen. *Physik in der Schule*, 32(4), 122-127.
- Wiesner, H. (Hrsg.). (2008). Physikunterricht – an Schülervorstellungen orientiert. *Praxis der Naturwissenschaften. Physik in der Schule*, 57, 6.
- Wilhelm, T. (2008). Vorstellungen von Lehrern über Schülervorstellungen. In D. Höttecke, (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung, Jahrestagung der GDCP in Essen 2007* (Reihe Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 28, S. 44-46). Münster: Lit-Verlag.
- Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonischer Dynamik im Anfangsunterricht*. Münster: LIT-Verlag.
- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*. Berlin: Logos Verlag.

Autorin

Rath, Viktoria. Universität Paderborn, Physikdidaktik, Paderborn, Deutschland;
E-Mail: rath@mail.uni-paderborn.de



Zitiervorschlag: Rath, Viktoria (2016). Fachpraktische Ausbildung von Paderborner Physiklehramtsstudenten. Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines neuen Lehrkonzepts für das Praktikum 'Schulphysik I' im Haupt- und Realschulstudiengang Physik (Reihe Lehr- und Lernpraxis im Fokus III - Forschungs- und Reflexionsbeiträge aus der Universität Paderborn). *die hochschullehre*, 2. Online unter: www.hochschullehre.org