

Theysen, Heike

Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 11 (2005), S. 57-72



Quellenangabe/ Reference:

Theysen, Heike: Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 11 (2005), S. 57-72 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315827 - DOI: 10.25656/01:31582

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315827>

<https://doi.org/10.25656/01:31582>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

HEIKE THEYSSEN

Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende

Zusammenfassung

Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin wurde iterativ entwickelt und evaluiert. Theoretischer Rahmen dieser kombinierten Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist das Modell der Didaktischen Rekonstruktion in einer für Praktikumsentwicklungen im Hochschulbereich adaptierten Form.

Die Didaktische Strukturierung des Praktikums berücksichtigt gleichermaßen die im Rahmen der fachlichen Klärung erhobenen Anforderungen, speziell von Seiten der Mediziner, sowie die spezifischen Lernvoraussetzungen der Medizinstudierenden, welche im Rahmen von Lernprozessuntersuchungen und Befragungen erhoben wurden. Sie umfasst ein neues methodisches Konzept und dessen Umsetzung im Rahmen von 11 Praktikumsversuchen.

Die Evaluation basiert ebenfalls auf Befragungen und Lernprozessuntersuchungen und überprüft die Passung zwischen der Didaktischen Strukturierung und den fachlichen Anforderungen bzw. den Voraussetzungen der Lerngruppe.

Abstract

A labwork course in physics for medical students was developed and evaluated with an iterative procedure. The theoretical framework for this work combining research and development was the Model of Educational Reconstruction, which was adapted to the development of labwork courses for university level.

The design of the labwork course similarly considers scientific demands and the students perspectives. Both of them were investigated within preceding and accompanying studies. The construction of instruction comprises the development of a new methodical concept and its realisation in the form of 11 labwork tasks.

The Evaluation is based on surveys and on the investigation of the students' learning processes. Its central question is, in how far the labwork course fits the scientific demands and the students' preconditions.

1 Einführung

Die Physikausbildung ist ein fester Bestandteil des vorklinischen Medizinstudiums und gliedert sich traditionell in eine Vorlesung und ein Praktikum, ggf. ergänzt durch ein Seminar oder eine Übungsveranstaltung. Die inhaltlichen Anforderungen an diese Ausbildung steigen mit dem zunehmenden Einsatz physikalischer Konzepte und Methoden in der Physiologie und der Medizintechnik. Gleichzeitig wird die für die Physikausbildung zur Verfügung stehende Zeit eher gekürzt. Unter diesen Randbedingungen ist der gewünschte Lernerfolg nur durch eine konsequent adressatenspezifische Konzeption der Physikausbildung zu erreichen. Dies gilt insbesondere für

das Physikpraktikum, in dem sich die Studierenden in Kleingruppen unmittelbar mit physikalischen Phänomenen auseinandersetzen, und das nicht zuletzt deshalb einen zentralen Teil der Physikausbildung darstellt.

Das Praktikum wurde an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf von den Physikalischen Grundpraktika in Kooperation mit den medizinischen Einrichtungen und mit dem Institut für Didaktik der Physik der Universität Bremen entwickelt (Theyßen, 2000; Schumacher & Theyßen, 2002). Gefördert wurde die Praktikumsentwicklung vom Land NRW im Programm „Qualität der Lehre“ und durch die medizinischen Einrichtungen der Heinrich-Heine-Universität.

2 Theoretischer und methodischer Rahmen

2.1 Ziele und Möglichkeiten physikalischer Praktika

Physikalische Praktika haben international eine lange Tradition in der universitären Ausbildung. Gegenstand der Praktika ist das Experiment als zentrale physikalische Erkenntnis- methode und Gegenstück zu den Methoden der theoretischen Physik. Didaktische Aspekte physikalischer Praktika werden seit Anfang der 30er Jahre des 20. Jahrhunderts speziell im anglo-amerikanischen Raum diskutiert (Hucke 1999). In Frage gestellt wird die Effektivität bezüglich der Erreichung von Zielen. In der Folge gibt es mehrere Untersuchungen, die sich mit den Zielen befassen, die von Lehrenden und Lernenden mit physikalischen Praktika verbunden werden (z.B. Boud et al. 1980, Welzel et al. 1998). Diese Studien sind jedoch entweder sehr allgemein oder auf die Zielgruppe der Physikstudierenden spezialisiert.

Im Rahmen des EU-Projekts „Labwork in Science Education“ wurden zahlreiche Studien zur Effektivität naturwissenschaftlicher Praktika und zur Vielfalt der möglichen Ziele und Methoden durchgeführt (Psillos & Niedderer 2002). Nach deren Analyse kommt Séré (2002) zu dem folgenden Schluss:

The answer lies in terms of choices among the objectives. [...] Targeted labwork means that the number of objectives has been restricted, the selection having been made according to research outcomes: [...] The teaching strategies are appropriate to the objectives, the target is made crystal clear to the students. (Séré 2002, 256)

Da die Ziele und deren Gewichtung sich für verschiedene Zielgruppen unterscheiden, muss eine Neukonzeption adressatenspezifisch erfolgen. Sie muss sich an einer für die Lerngruppe spezifischen Zielsetzung orientieren und die individuellen Voraussetzungen der Lerngruppe berücksichtigen. Die Transparenz der Zielsetzung ist notwendig, damit die Studierenden sich die Ziele zu eigen machen und darauf hinarbeiten können.

Bereits Ucke (1977) fordert, dass die Auswahl der Inhalte für ein Physikpraktikum für Medizinstudierende durch deren Relevanz für die weiteren Studien und die Berufstätigkeit bestimmt sein muss. Die Auswirkung einer solchen Auswahl auf die Lernprozesse der Studierenden wurde jedoch bislang nicht untersucht.

Insbesondere bei geringen Vorkenntnissen liegt das lerntheoretische Potenzial von Praktika in der selbstständigen Auseinandersetzung mit (physikalischen) Phänomenen. Aus Sicht einer konsequent konstruktivistischen Lerntheorie (z.B. v. Aufschnaiter & Welzel 1996) können im Praktikum, ausgehend von den konkreten Objekten und Phänomenen, Bedeutungen konstruiert und in variablen Kontexten ausdifferenziert werden. Dies ist eine wichtige Voraussetzung dafür, auf einer abstrakteren Ebene stabile Eigenschaften (physikalische Größen) und Zusammenhänge derart zu konstruieren, dass sie nicht unverbunden neben den konkreten Objekten stehen. So können Praktika nicht nur dem Erwerb experimenteller Fähigkeiten oder der Verbindung von Theorie und Praxis dienen, sondern auch unmittelbar dem Erlernen physikalischer Inhalte.

2.2 Didaktische Rekonstruktion als methodischer Rahmen

Eine adressatenspezifische Konzeption des Physikpraktikums bedeutet, dass sowohl die Inhalte als auch die Methodik streng auf die Zielgruppe abgestimmt sind. Dies wiederum setzt einerseits eine klare Definition der Zielsetzung und andererseits Kenntnisse über die kognitiven und motivationalen Voraussetzungen der Lerngruppe voraus. Bei der Entwicklung sind somit gleichermaßen fachliche Aspekte wie Lernvoraussetzungen zu berücksichtigen. Deshalb wurde als methodischer Rahmen das ursprünglich für die Entwicklung von Unterrichtsgegenständen formulierte Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) zugrunde gelegt und für die Praktikumsentwicklung im Hochschulbereich modifiziert. Die Didaktische Rekonstruktion gliedert sich in drei Aufgabenbereiche: Fachliche Klärung, Erfassung der Lernerperspektive und Didakti-

sche Strukturierung. Im Folgenden wird vorgestellt, welche Fragestellungen sowie Forschungs- und Entwicklungsaufgaben diese drei Bereiche für die Praktikumsentwicklung umfassen und welche Methoden jeweils eingesetzt wurden.

2.2.1 Fachliche Klärung

Die Aufgabe der Fachlichen Klärung besteht darin, fachwissenschaftliche Konzepte als Konstrukte der jeweiligen Experten aufzufassen und als solche unter fachdidaktischer Perspektive zu rekonstruieren. Innerhalb einer Fachwissenschaft sind unter den Experten die Kontexte weitgehend bekannt und die Bedeutungen gut ausgehandelt. Aussagen in fachwissenschaftlichen Quellen enthalten daher implizite Annahmen über Hintergrund und Gültigkeitsbereich. Bei fachübergreifenden Themen, wie z.B. der „Physik für Mediziner“, müssen solche impliziten Annahmen zwischen den Experten der jeweiligen Fachwissenschaften explizit geklärt werden.

Im Schulbereich wird bei Arbeiten zur Didaktischen Rekonstruktion in der Regel ein vorgegebenes Themengebiet bearbeitet (z.B. Chaostheorie: Duit, Komorek & Wilbers, 1996; Sehen: Gropengießer, 1997; Evolution: Baalman, Frerichs & Illner, 1998). Bei der Didaktischen Rekonstruktion eines vollständigen Praktikums hingegen sind zunächst weder dessen Zielsetzung im Rahmen der vorklinischen Ausbildung, noch die Themen und Inhalte vorgegeben, sondern müssen im Rahmen der Fachlichen Klärung erarbeitet werden. Die Klärung der Zielsetzung steckt den Rahmen für die Wahl der Themen und Inhalte ab. Wird, um die wesentliche Zielsetzung vorwegzunehmen, eine Einbettung der Praktikumsexperimente in den medizinischen Kontext gefordert, so kommt die Klärung der interdisziplinären Bezüge als Aufgabe der Fachlichen Klärung hinzu.

Zur Klärung der Zielsetzung wurde eine zweistufige Befragung unter MedizinerIn durchgeführt. Zu den Befragten zählten sowohl Lehrende weiterführender Lehrveranstaltungen als auch Studierende höherer Semester sowie praktizierende Ärzte. In einer ersten Befragung wurden Ziele des Physikpraktikums und Eigen-

schaften eines guten Praktikumsversuches in einem offenen Antwortformat erfragt. Die Antworten wurden inhaltlich kategorisiert, zu einem zweiten Fragebogen mit geschlossenem Antwortformat zusammengestellt und erneut MedizinerIn vorgelegt. Hierbei wurden Ziele ergänzt, die Lehrende im Rahmen der europäischen Studie „Labwork in Science Education“ für naturwissenschaftliche Praktika formuliert haben (Welzel et al., 1998; Haller, 1999). Das verwendete zweistufige Verfahren orientiert sich bezüglich der Konzeption der Fragebögen an der Delphi-Technik (Häußler et al., 1988). Abweichend hiervon wurden jedoch in der zweiten Stufe die erwähnten Ergänzungen vorgenommen und teilweise andere Personen der gleichen Personengruppen befragt. Da sich in der ersten Befragung, in der der Status (StudentIn, MedizinerIn, ...) mit erhoben wurde, keine charakteristischen Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten, wurde dieser in der zweiten Befragung nicht mehr erhoben.

Die Themen und interdisziplinären Bezüge wurden in enger Kooperation mit Lehrenden der weiterführenden Lehrveranstaltungen erarbeitet: in Interviews, durch die Analyse von Praktikumsskripten und medizinischen Lehrbüchern und bei Hospitationen der betreffenden Lehrveranstaltungen. Darüber hinaus wurde eine Recherche nach Versuchen mit starkem medizinischem Bezug in bestehenden Physikpraktika für Studierende der Medizin durchgeführt.

2.2.2 Erfassung der Lernerperspektive

Die Erfassung der Lernerperspektive umfasst die Klärung der kognitiven und motivationalen Voraussetzungen der spezifischen Lerngruppe. Hierzu gehört zum einen die Analyse des Ablaufs von Lernprozessen in der konkreten Praktikumsituation. Zum anderen gehört hierzu die Untersuchung der inhaltlichen Vorkenntnisse der Studierenden und deren Vorstellungen von und Einstellungen zur Physik. Hier lag der Fokus auf der Untersuchung und Berücksichtigung der Lernprozesse.

Die Lernprozessuntersuchungen basieren auf der Videodokumentation von Versuchsdurchführungen bei statistisch ausgewählten Zweier-

teams im Praktikum. Diese wurden mit zwei einander ergänzenden Methoden auf verschiedenen Zeitskalen analysiert (Theyßen et al., 2001). Sie wurden für das bestehende Praktikum und für verschiedene Entwicklungsstufen des neuen Praktikums durchgeführt.

Zunächst wurden die gesamten Versuchsdurchführungen in Zeitfenstern von 30 Sekunden kategoriengeleitet analysiert. Das Verfahren basiert auf der in einem EU-Projekt entwickelten und eingesetzten CBAV-Methode (Niedderer et al., 1998). Die Auswahl der Kategorien wurde jedoch der Fragestellung entsprechend leicht modifiziert. Verwendet wurden zwei getrennte Kategoriensysteme: Handlungskategorien und Verbalisierungskategorien. Die Handlungskategorien geben an, womit sich die Studierenden beschäftigen, z.B. mit dem Aufbau des Experiments, der Messung oder der Auswertung. Die Verbalisierungskategorien geben an, worauf sich die Verbalisierungen der Studierenden inhaltlich beziehen, z.B. auf rein organisatorische Aspekte, auf den physikalischen Inhalt oder den Bezug zwischen Physik und Medizin. Bei der Analyse werden in jedem Zeitfenster mindestens eine und maximal zwei Handlungskategorien zugewiesen, die den Handlungsablauf bestimmen. Parallel werden pro Zeitfenster alle auftretenden Verbalisierungskategorien (ggf. keine, maximal fünf) zugewiesen. Beides geschieht für jeden Studierenden des Zweierteams getrennt. Darüber hinaus wird pro Zweierteam vermerkt, ob eine Betreuerintervention erfolgt.

Anhand der Kategorisierung der Handlungen und Verbalisierungen wurden aus verschiedenen Versuchsphasen Abschnitte für die detailliertere Komplexitätsanalyse ausgewählt. Dieser Analysemethode (ausführlich dargestellt z.B. in C. v. Aufschnaiter & S. v. Aufschnaiter, 2000) liegt das Bremer Komplexitätsmodell zur quantitativen Beschreibung von Bedeutungsentwicklung und Lernen zugrunde. Zunächst wird der Abschnitt transkribiert. Zum Transkript werden Ideenlisten angefertigt, d.h. anhand der transkribierten (Sprech-) Handlungen werden die von den Studierenden konstruierten Bedeutungen durch den Beobachter rekonstruiert. Kriterium für die Rekonstruktion

ist, dass die Folge der Ideen die Folge der beobachteten Handlungen (für möglichst viele unabhängige Beobachter) konsistent beschreibt. Diesen Ideen werden Komplexitätsebenen zugewiesen, die den Abstraktionsgrad der rekonstruierten Bedeutungen angeben.

2.2.3 Didaktische Strukturierung

In der Didaktischen Strukturierung werden die empirischen Forschungsergebnisse der beiden anderen Bereiche einander gegenüber gestellt und in der Entwicklung des Praktikums integriert. Wichtig ist, dass Fachliche Klärung und Lernerperspektive gleichermaßen berücksichtigt werden. Zu entwickeln sind sowohl ein für alle Praktikumsversuche übergreifendes, der Zielsetzung und der Lerngruppe angepasstes methodisches Konzept als auch die Praktikumsversuche im Einzelnen.

Die Didaktische Strukturierung stellt jedoch keine reine Entwicklungsaufgabe dar, sondern soll auch in einem iterativen Prozess auf die Forschungsfragen der Fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernerperspektive rückwirken. Das Praktikum muss daher erprobt, evaluiert und iterativ weiterentwickelt werden. So wird die Didaktische Rekonstruktion zu einem iterativen Prozess, in dem fachdidaktische Forschung, Entwicklung und Lehre ineinander greifen (Kattmann & Gropengießer, 1996, 182).

Als Ausgangspunkt für die Didaktische Strukturierung wurden aus den Ergebnissen der Fachlichen Klärung, den Lernprozessuntersuchungen sowie vorangegangenen Lernprozessuntersuchungen an anderen physikalischen Praktika (z.B. Welzel, 1995; C. v. Aufschnaiter, 1999) Forderungen generiert. Gleichzeitig wurden daraus Hypothesen zum Einfluss einer diesen Forderungen entsprechenden Didaktischen Strukturierung auf die Lernprozesse der Studierenden abgeleitet.

Inhaltlich und methodisch wurde das Praktikum entlang der aufgestellten Forderungen konzipiert. Die Umsetzung der Forderungen sowie die Gültigkeit der Hypothesen wurden durch begleitende Evaluation überprüft. Die Vorgehensweise war hierbei iterativ: zunächst wurde ein Versuch (zur Geometrischen Optik mit

Bezug zum dioptrischen Apparat des menschlichen Auges) neu entwickelt und in mehreren Iterationsstufen optimiert. Die weiteren Versuche wurden sukzessive nach dem gleichen methodischen Konzept und mit den gleichen inhaltlichen Auswahlverfahren entwickelt. Die Evaluation basierte auf Lernprozessuntersuchungen mit der gleichen Methodik wie sie unter der Erfassung der Lernerperspektive beschrieben ist. Gegenstand der Untersuchungen war die neue Form des Versuches zur geometrischen Optik mit dem dioptrischen Apparat des menschlichen Auges als medizinischem Bezug. Darüber hinaus wurden Befragungen der Studierenden zur Selbsteinschätzung von Motivation und Lernerfolg durchgeführt. Diese erstreckten sich über mehrere Versuche nach altem bzw. neuem Konzept, so dass eine vergleichende Wertung abgegeben werden konnte.

3 Ergebnisse der Fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernerperspektive

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der Fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernerperspektive herausgegriffen. Sie bilden neben organisatorischen Rahmenbedingungen und den Ergebnissen vorangegangener Lernprozessuntersuchungen (Welzel,

1995; Schoster 1998; v. Aufschnaiter, 1999) die Voraussetzungen für die anschließend dargestellte Didaktische Strukturierung.

3.1 Ergebnisse der Fachlichen Klärung

Die Fachliche Klärung liefert als die wichtigsten Ziele des Physikpraktikums die Vermittlung medizinisch relevanter physikalischer Inhalte in einer eher qualitativen Form. Die Studierenden sollen nach Ansicht der Experten im Rahmen des Physikpraktikums physikalische Grundlagen für die Physiologie und die Medizintechnik erarbeiten. Diese Einschätzung spiegelt sich wider in den Eigenschaften, die von einem im Sinne dieser Zielsetzung guten Praktikumsversuch verlangt werden. Abbildung 1 zeigt die Gewichtung vorgegebener Eigenschaften durch die 20 in der zweiten Stufe befragten Mediziner. Jede Eigenschaft war auf einer 5-stufigen Skala von 1 = „nicht wichtig“ bis 5 = „sehr wichtig“ einzuordnen. Dargestellt sind der Mittelwert der Bewertungen und die Standardabweichung der Mittelwerte.

Das wesentliche Ergebnis der Befragung ist, dass der Zusammenhang der physikalischen Inhalte mit dem medizinischen Bezug bzw. Praxisbezug durch die Praktikumsversuche transparent gemacht und auch von den Stu-

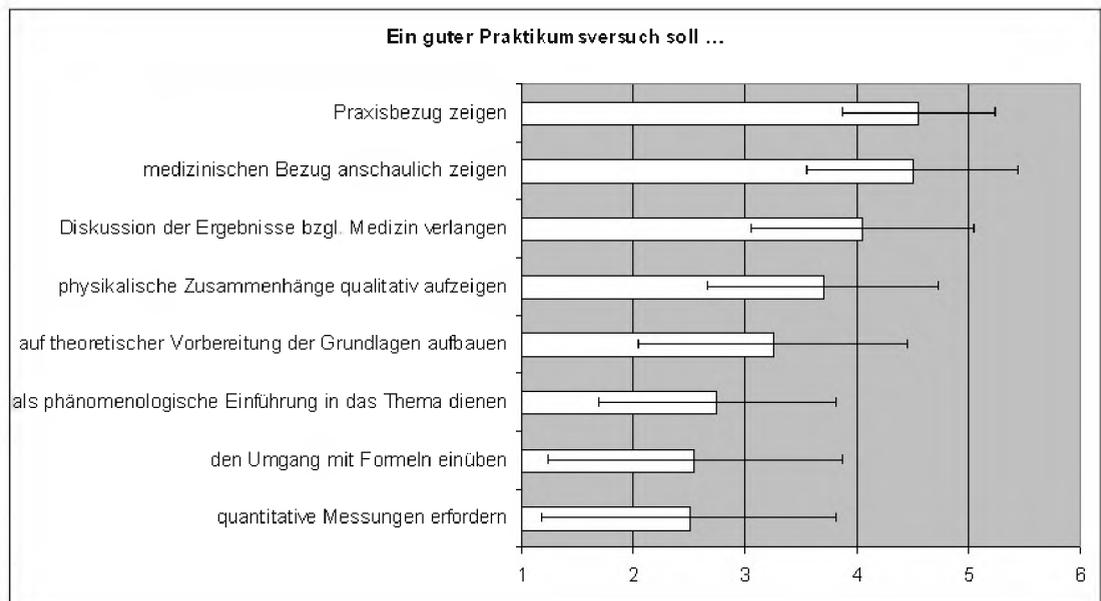


Abbildung 1: Eigenschaften eines guten Praktikumsversuches - Ergebnisse der Expertenbefragung

dierenden selbst erarbeitet werden soll. Der geringste Wert wird auf die Durchführung quantitativer Messungen und den Umgang mit Formeln gelegt. Wie die Standardabweichungen zeigen, sind sich die Befragten hier deutlich weniger einig als bei der Forderung nach medizinischem Bezug.

Insgesamt weicht diese deutlich medizinspezifische Zielsetzung erheblich von der im Rahmen der EU Studie für Praktika in naturwissenschaftlichen Studiengängen ermittelten ab (Welzel et al., 1998): weder der Erwerb experimenteller Fähigkeiten noch das Erlernen wissenschaftlicher Arbeitsweisen werden als zentrale Aufgaben des Physikpraktikums für Medizinstudierende benannt. Dies bestätigt die Notwendigkeit ihrer erneuten, adressatenspezifischen Präzisierung im Rahmen der Fachlichen Klärung und gibt den Rahmen für die inhaltliche Gestaltung des Praktikums vor.

Die Ergebnisse der Interviews und Recherchen zu den Themen und Inhalten werden hier nicht im Detail dargestellt. Die Auswahl der Themen orientiert sich primär an der oben genannten Zielsetzung, berücksichtigt darüber hinaus aber auch die apparative und organisatorische Realisierbarkeit im Praktikum. Für das Thema „Geometrische Optik“ ergibt sich nach Meinung der befragten Experten der optische Apparat des menschlichen Auges als sinnvoller medizinischer Bezug; als Inhalte sollten die Akkommodationsfähigkeit des Auges sowie die häufigsten Formen von Fehlsichtigkeit im Zentrum stehen.

3.2 Ergebnisse zur Lernerperspektive

Befragungen zeigen, dass die Lerngruppe sehr inhomogen zusammengesetzt ist und im Mittel ein äußerst geringes Niveau physikalischer Vorkenntnisse vorliegt. Etwa 70 % der Studierenden hatten in der Sekundarstufe I zuletzt Physikunterricht, was im Durchschnitt sechs Jahre zurückliegt. Die dort behandelten physikalischen Zusammenhänge können daher im Praktikum kaum vorausgesetzt werden. Ebenso wenig sind Erfahrungen im Umgang mit physikalischen Experimenten und mit der mathematischen (formalisierten) Beschreibung physikalischer Zusammenhänge zu erwarten.

Die empirischen Voruntersuchungen zur Lernerperspektive basieren auf Videodokumentationen der Versuchsdurchführungen 12 Studierender bei den zwei bestehenden Versuchen zur Geometrischen Optik. Die Daten wurden im Hinblick auf den Einfluss der Vorbereitung auf die Versuchsdurchführung, den Umgang der Studierenden mit Formeln sowie die Verbalisierung von Wissen ausgewertet.

Trotz der von den Studierenden verlangten schriftlichen Vorbereitung entfällt ein sehr hoher Zeitanteil von durchschnittlich 37 % der gesamten Versuchsdauer auf die Handlungskategorie „Anweisung“, d.h. auf Handlungen, die zur Klärung der Aufgabenstellung dienen (Einführung, Anleitung lesen, Orientierung am Versuchsplatz etc.). Nur ca. 24 % der Gesamtzeit entfallen auf die Messungen und ca. 19 % auf die Auswertung.

In 84 % aller Teilversuche benötigen die Studierenden Erklärungen des Betreuers (oder anderer Studierender) zu Aufgabenstellung und Umsetzung, bevor sie mit dem Versuch beginnen können. Dies drückt sich auch im hohen Anteil der Betreuerinterventionen aus. Die Handlungen der Studierenden sind zu ca. 19 % von Betreuerinterventionen begleitet. Der überwiegende Anteil davon liegt in Handlungsphasen der Kategorie „Anweisung“, d.h. der Betreuer hilft bei der Klärung der Aufgabenstellung. Nur ca. 12% der Betreuerinterventionen entfallen auf die Auswertephase und dienen dort in der Regel der Erklärung der Auswerteformeln und nicht der Diskussion und Interpretation der Ergebnisse. Nimmt man die mündliche Einführung hinzu, die der Betreuer zu Versuchsbeginn zur Erläuterung des Versuchsablaufs gibt, so beträgt der Zeitanteil der Betreuerinterventionen fast 40 % der Gesamtzeit.

Der Umgang mit Formeln in Auswertephase beschränkt sich auf einfache mathematische Operationen, wie das Einsetzen von Messwerten in vorgegebene Formeln. Die Studierenden nutzen die Formeln nicht zur Darstellung oder Beschreibung physikalischer Zusammenhänge. Die Bedeutung physikalischer Größen, die mit Hilfe der Formeln errechnet werden, wird nicht reflektiert. Generell ergibt

die Auswertung der Verbalisierungen, dass die Studierenden während der Versuchsdurchführung und der Auswertephasen praktisch kein physik- oder medizin-bezogenes Wissen äußern, sondern sich im wesentlichen auf technische Äußerungen beschränken. Nur in 2% der analysierten Zeitfenster sind Verbalisierungen zu physikalischen oder medizinischen Inhalten des Versuches zu beobachten.

4 Didaktische Strukturierung

Aus den Ergebnissen der Fachlichen Klärung und der Untersuchung der Lernerperspektive wurden Forderungen abgeleitet, entlang derer die Didaktische Strukturierung entwickelt wurde. Beispielsweise resultieren aus den Befragungen der Experten die Forderungen nach medizinischer Relevanz der Versuche und nach Transparenz des medizinischen Bezugs für die Studierenden; letztere in Übereinstimmung mit den oben angeführten allgemeinen Forderungen an die Gestaltung von Praktika (vgl. 2.1). Beide Forderungen gingen maßgeblich in die Auswahl der Themen und Inhalte ein. Um eine große Transparenz zu erreichen, sollen die Bezüge nach Möglichkeit bereits im Versuchsaufbau deutlich werden, z.B. durch die Verwendung von Funktionsmodellen für Auge und Blutkreislauf. Aus den Analysen der Verbalisierungen im bestehenden Praktikum ergibt sich beispielsweise die Forderung, die Diskussion und Interpretation der Ergebnisse (im medizinischen Kontext) zu intensivieren. Zu diesem Zweck werden gezielt Fragen in die Anleitung integriert. Ein effektiveres Zeitmanagement mit geringerem Zeit- und Betreuungsaufwand für die Klärung der Aufgabenstellung wird ebenfalls angestrebt.

Im Detail sind die Ableitung der Forderungen aus den Ergebnissen und deren Umsetzung in der Didaktischen Strukturierung in (Theyßen, 2000) dargestellt. Hier wird im Folgenden die resultierende Didaktische Strukturierung vorgestellt. Diese umfasst zum einen ein für alle Praktikumsversuche übergreifendes methodisches Konzept und zum anderen die einzelnen Praktikumsversuche.

4.1 Versuche im Praktikum

Die Auswahl der Themen für die Versuche orientiert sich eng an den Forderungen, nur medizinisch relevante physikalische Themen zu behandeln und diese Relevanz durchgängig transparent zu machen. Die experimentellen Möglichkeiten und organisatorischen Randbedingungen stellen limitierende Faktoren bei der Umsetzung einzelner Themen dar.

Zur Betonung der medizinischen Relevanz erhalten alle Versuche Doppeltitel: Neben dem physikalischen Thema, z.B. Geometrische Optik, wird auch der zentrale medizinische Bezug, in diesem Beispiel das menschliche Auge, angegeben. Es wurden die folgenden Versuche entwickelt:

- Messdaten / Körpertemperatur:
Anhand von Messungen mit einem einfachen Ohrthermometer werden die Darstellung von Messwerten, der Umgang mit systematischen Abweichungen und statistischen Schwankungen sowie die korrekte (graphische) Darstellung von Messwerten erarbeitet.
- Strömungsmechanik / Blutkreislauf:
An einem Kreislaufmodell werden Aufbau und Funktion des menschlichen Blutkreislaufs veranschaulicht und Gesetze der Strömungsmechanik erarbeitet.
- Gasgesetze / Atmung:
Die Zusammenhänge zwischen den Zustandsgrößen eines Gases und die Temperaturabhängigkeit des Sättigungsdampfdruckes von Wasser werden als Grundlagen zum Verständnis der Ventilation experimentell untersucht.
- Energieerhaltung / Energieumsatz (vgl. Theyßen & Schumacher, 2004a):
Der Energieumsatz einer lebenden Maus wird mittels kalorimetrischer Messung bestimmt („direkte Umsatzbestimmung“).
- Elektrische Leitung / Ionentransport:
Es werden Leitungsmechanismen untersucht, die auch im menschlichen Körper eine wichtige Rolle spielen, insbesondere die elektrolytische Leitung und der Einfluss von Ionengröße, -wertigkeit und -konzentration auf die Leitfähigkeit.

- Elektrische Potentiale / EKG (vgl. Theyßen & Schumacher, 2004b): An verschiedenen, die Geometrie stark vereinfachenden EKG-Modellen wird untersucht, wie die elektrische Potentialverteilung im menschlichen Körper aufgrund der Erregungsausbreitung am Herzen entsteht.
- RC-Schaltungen / Elektrotonus (vgl. Schumacher & Theyßen, 2000): Die elektrischen Eigenschaften einer Zellmembran werden durch RC-Schaltungen simuliert. Die elektrotonische (passive) Erregungsausbreitung auf Nervenzellen wird an einem elektronischen Modell untersucht.
- Geometrische Optik / Auge: An einem Akkommodationsmodell und einem Augenmodell mit akkommodationsfähiger Linse werden der Akkommodationsprozess und dessen Funktion bei der Bildentstehung im normalsichtigen und fehlsichtigen Auge untersucht.
- Absorptionsspektrometrie / Labordiagnostik: Ausgehend von einem einfachen, fast freihand zu betreibenden Spektroskop wird ein Prismenspektrometer für quantitative Absorptionsmessungen aufgebaut. Dieses wird zur Messung der Transmissionsspektren von Blut (Pulsoximetrie) und zum enzymatischen Eiweißnachweis genutzt.
- Röntgenstrahlung / Röntgendiagnostik: An einem Schulröntgengerät werden die Grundlagen der Bildentstehung bei der klassischen Röntgenaufnahme (Projektion, Kontrastentstehung), des Strahlenschutzes und der Dosimetrie experimentell erarbeitet.
- Ultraschall / Sonographie: Mit einem Ultraschallgerät werden die Ausbreitung von Ultraschall in Wasser, das Reflexionsverhalten verschiedener Grenzflächen und die Grundlagen der Bildentstehung (A-Scan, B-Scan) untersucht.

In den meisten der Versuche mit starkem physiologischem Bezug wird mit Funktionsmodellen gearbeitet (Augenmodell, Akkommodationsmodell, Kreislaufmodell, EKG-Modelle, Nervenmodelle), die bereits über Aufbau und Funktionsweise den physiologischen Bezug veranschaulichen. In anderen Versuchen, die

sich inhaltlich stärker auf die medizinische Diagnostik (z.B. Röntgendiagnostik, Sonographie, Labordiagnostik) beziehen, wird der Bezug über den Einsatz der entsprechenden Diagnoseverfahren an einfachen Beispielen (z.B. dem spektrometrischen Eiweißnachweis) hergestellt.

4.2 Methodisches Konzept des Praktikums

Die hohen Zeitanteile der Handlungskategorie „Anweisung“ und der Betreuerinterventionen zeigen, dass die Auseinandersetzung der Studierenden mit den theoretischen Grundlagen keine effektive Vorbereitung auf die Versuchsdurchführung ist. Dies wird auf die durchweg geringen Vorkenntnisse in Physik zurück geführt. Aus einer konstruktivistischen Sichtweise von Lernen heraus sollten insbesondere bei geringen Vorkenntnissen die Erfahrung und Untersuchung von Phänomenen der Auseinandersetzung mit einer abstrakten theoretischen Beschreibung vorausgehen (vgl. 2.1). Deshalb liegt es nahe, letztere erst im Anschluss an die Versuchsdurchführung einzufordern.

Dies wird im Konzept des neuen Praktikums konsequent umgesetzt:

- Die Versuchsdurchführung wird so umstrukturiert, dass die Versuche praktisch ohne physikalische Vorkenntnisse durchzuführen sind.
- Die Auseinandersetzung mit der abstrakten, „theoretischen“ Beschreibung erfolgt im Anschluss an und aufbauend auf die experimentellen Erfahrungen aus der Versuchsdurchführung.

Der Ablauf jedes Versuches gliedert sich in die Phasen Vorbereitung, Versuchsdurchführung und Nachbereitung, wobei Vor- und Nachbereitung in der Regel nicht während der Praktikumszeiten stattfinden. Die Studierenden erhalten vorab eine ausführliche schriftliche Anleitung, die in drei Kapitel gegliedert ist:

- Kapitel 1 „Medizinischer Bezug und Ziele des Versuches“, maximal eine Seite;
- Kapitel 2 „Versuchsdurchführung“ mit der Anleitung zur Durchführung und Auswertung der Experimente;

- Kapitel 3 „Physikalische Grundlagen“ mit der abstrakten Darstellung der physikalischen Inhalte.

Kapitel 1 ist zur Vorbereitung durchzuarbeiten, Kapitel 2 begleitend zur Versuchsdurchführung. Kapitel 3 wird erst nach der Versuchsdurchführung bearbeitet. Ziele und Aufbau der drei Phasen werden im Folgenden erläutert.

Vorbereitung

Zur Vorbereitung ist lediglich das erste Kapitel der Anleitung zu lesen. Dieses gibt einen kurzen Überblick über die Inhalte und den medizinischen Bezug des folgenden Versuchs. Der Zweck der Vorbereitung ist, durch frühzeitige Einbettung in den medizinischen Kontext Interesse für die Beschäftigung mit den physikalischen Inhalten zu wecken und einen inhaltlichen Rahmen für den Versuch aufzuzeigen. Der Umfang des ersten Kapitels beträgt maximal eine Seite. Die Vorbereitung erfordert dementsprechend sehr geringen Zeitaufwand.

Versuchsdurchführung

Die Anleitung beschreibt kleinschrittig den Ablauf des Versuches und beinhaltet neben den Aufgabenstellungen alle für die Versuchsdurchführung notwendigen Anweisungen (Skizzen, Experimentieranweisungen,...). Die Anweisungen sind unmittelbar auf die aktuelle Aufgabenstellung abgestimmt und jederzeit verfügbar. Sie sollen die Studierenden in die Lage versetzen, weitgehend ohne Hilfestellung vom Betreuer zu agieren. Dadurch sollen gleichzeitig die Betreuer in diesem Bereich entlastet werden, um vermehrt für inhaltliche Diskussionen zur Verfügung zu stehen.

Die Aufgabenfolge ist so gestaltet, dass innerhalb des Versuches bzw. Versuchsabschnittes von den Studierenden zunehmend komplexere Bedeutungen zu konstruieren sind. An die Beobachtung und Beschreibung der Phänomene schließen sich qualitative und teilweise auch quantitative Untersuchungen der Eigenschaften und Zusammenhänge an. Beobachtungen und Messergebnisse sind schriftlich in der Anleitung festzuhalten.

Nach einer Messreihe sind in der Regel Fragen zu deren Interpretation und zu Konsequenzen für die medizinische Anwendung zu beantworten. Dadurch wird schon während der Versuchsdurchführung der für die wissenschaftliche Arbeitsweise wesentliche Aspekt der Interpretation und Diskussion der Messungen betont. Bei widersprüchlichen Ergebnissen oder offenen Fragen sind Wiederholungen oder ergänzende Messungen noch möglich.

Fragen und ergänzende Hinweise verbinden den physikalischen Inhalt immer wieder neu mit dem medizinischen Bezug, was den roten Faden des Versuchs transparent machen und die Verknüpfung von Physik und Medizin initiieren soll.

Die Aufgabenstellungen berücksichtigen, dass die Studierenden sich in der Regel vor der Versuchsdurchführung noch nicht mit den theoretischen Grundlagen beschäftigt haben. Die Aufgabe kann deshalb nicht, wie häufig üblich, darin bestehen, physikalische Gesetze zu überprüfen oder zur Messung charakteristischer Größen zu nutzen. Vielmehr liefert die Beobachtung und systematische experimentelle Untersuchung physikalischer Eigenschaften und Zusammenhänge Grundlagen für die Entwicklung einer theoretischen Beschreibung. Diese findet in Teilen während der Versuchsdurchführung statt, muss jedoch aus Zeitgründen überwiegend auf die Nachbereitungsphase verlagert werden. Beispielsweise werden im Versuch „Geometrische Optik/Auge während der Versuchsdurchführung die Brennweiten der Linsen, sowie qualitative Zusammenhänge zwischen Bild- und Gegenstandsweite untersucht. Bei der Nachbereitung werden diese Zusammenhänge durch das Abbildungsgesetz quantifiziert und erweitert.

Nachbereitung

Der letzte Teil der Anleitung enthält eine Erklärung der physikalischen Grundlagen, die sich eng an den durchgeführten Versuchen orientiert. Die Theorie wird aufbauend auf die experimentellen Erfahrungen und Messergebnisse entwickelt. Anhand dieses Anleitungsteils erarbeiten die Studierenden die theoretischen

Grundlagen im Anschluss an die Versuchsdurchführung.

Der medizinische Bezug wird hier, wie schon in der Versuchsdurchführung, vertieft und im Hinblick auf einzelne, im Versuch erarbeitete physikalische Zusammenhänge diskutiert.

Außerdem sind im Rahmen der Nachbereitung eine Reihe von Übungsaufgaben zu lösen. Diese orientieren sich ebenfalls eng am Versuch und sind so konstruiert, dass sie

- die Theorie mit der Versuchsdurchführung verbinden, z.B. indem während der Versuchsdurchführung nur qualitativ ausgewertete Messungen noch quantitativ ausgewertet werden,
- die physikalischen Inhalte mit der medizinischen Anwendung verbinden, z.B. indem die erarbeiteten Formeln auf medizinische Beispiele angewandt werden, oder
- den Umgang mit komplizierten Formeln anhand einfacher Anwendungsbeispiele einüben.

5 Evaluation der Didaktischen Strukturierung

Die Didaktische Strukturierung wurde dahingehend evaluiert, wie weit sie im Vergleich zum ursprünglichen Praktikum die an sie gestellten Forderungen erfüllt. Zentrale Fragen hierbei waren:

F 1: Wird den Studierenden die medizinische Relevanz der behandelten physikalischen Inhalte deutlich?

F 2: Bearbeiten die Studierenden die Inhalte selbstständiger (im Sinne weniger zeitintensiver Anleitung durch Betreuer und schriftliche Anweisungen)?

F 3: Wird die Verbalisierung physikalisch und medizinisch relevanter Inhalte intensiviert?

Zur Klärung dieser Fragen wurde zum einen die Einschätzung der Studierenden mit Hilfe von Fragebögen erhoben. Zum anderen wurden erneut Versuchsdurchführungen videodokumentiert und kategoriengeleitet analysiert. Die Komplexitätsentwicklung der Bedeutungskonstruktionen während verschiedener Phasen der Versuchsdurchführung wurde ebenfalls anhand der Videodokumentationen untersucht. Die Ergebnisse der Komplexitätsanalysen ist bei Theyßen et al. (2001) ausführlich dargestellt.

5.1 Evaluation durch die Studierenden

Die Einschätzung der Studierenden wurde zu einem Zeitpunkt erhoben, als das Praktikum zur Hälfte auf die neuen Versuche umgestellt war. So konnten die Studierenden 5 neue Versuche im Vergleich zu 5 Versuchen des ursprünglichen Praktikums bewerten. Dabei sollten sie in ihrer Wertung jeweils über alle neuen bzw. alten Versuche mitteln.

Der Fragebogen enthält die in Tabelle 1 zusammengestellten Aussagen zur Selbsteinschätzung von Motivation und Lernerfolg. Die

| | |
|-------|---|
| A 1: | Die Versuche machten mir den medizinischen Bezug anschaulich deutlich. |
| A 2: | Die Versuche machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich. |
| A 3: | Bei den Versuchen wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie klar. |
| A 4: | Die Inhalte der Versuche halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig. |
| A 5: | Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Versuchen nach Abschluss des Praktikums noch einmal nutzen werde. |
| A 6: | Die Anleitung war ausreichend zur Durchführung der Versuche. (Bei alten Versuchen: schriftliche Hinweise + mündliche Einführung vor dem Versuch!) |
| A 7: | Die Art der Versuchsdurchführung ermöglichte das selbstständige Erarbeiten der Ergebnisse. |
| A 8: | Ich habe die Versuche mit Interesse bearbeitet. |
| A 9: | Die Betreuer erschienen physikalisch fachlich kompetent. |
| A 10: | Die Betreuer erschienen im Hinblick auf den medizinischen Bezug des Versuches kompetent. |
| A 11: | Die Zeit für die Durchführung der Experimente war ausreichend. |

Tabelle 1: Aussagen des Fragebogens, die durch die Studierenden zu bewerten waren.

Studierenden waren aufgefordert, den Grad ihrer Zustimmung zu jeder Aussage auf einer fünfstufigen Skala von „trifft nicht zu“ bis „trifft völlig zu“ anzugeben, und zwar jeweils für die alten und neuen Versuche getrennt.

An der Befragung nahmen insgesamt 184 Studierende der Human- und Zahnmedizin teil. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 zusammengefasst. Der Grad der Zustimmung zur jeweiligen Aussage ist über alle Fragebögen gemittelt und wird durch die Balkenlänge repräsentiert.

Durchweg werden die neuen Versuche deutlich besser bewertet. Dass das jedoch nicht pauschal, sondern sehr differenziert geschieht, zeigen die beiden Aussagen zur physikalischen Kompetenz der Betreuer und zur verfügbaren Zeit. Beides wurde durch die neue Didaktische Strukturierung nicht beeinflusst und wird für neue wie alte Versuche fast identisch bewertet. Die Aussagen A 1, A 4 und A 5 geben Hinweise für die Beantwortung von F 1 nach der Transparenz des medizinischen Bezugs. Bei A 1 zeigt sich der deutlichste Unterschied in der Bewertung alter und neuer Versuche. 28 % der Befragten stimmen der Aussage bei den neuen

Versuchen sogar völlig zu. Die Bewertungen von A 4 und A 5 zeigen, dass die Wichtigkeit der neuen Versuche (und der darauf bezogenen Unterlagen) für das weitere Studium höher eingeschätzt wird. Dies ist sicherlich auch darauf zurück zu führen, dass den Studierenden bei den neuen Versuchen die Bedeutung der physikalischen Inhalte für das Medizinstudium transparenter wird. F 1 kann somit positiv beantwortet werden.

Beim Verständnis des Zusammenhangs zwischen Experiment und Theorie empfinden die Studierenden ebenfalls erhebliche Verbesserungen gegenüber den alten Versuchen. Dies wird auf eine stärkere Verzahnung von Aufbau, Mess- und Auswertephase durch die neue Didaktische Strukturierung zurückgeführt. Die Bewertung aller drei Aussagen (A 1 bis A 3) zeigt eine durchweg positivere Selbsteinschätzung des Lernerfolgs bei den neuen Versuchen, die u.a. auf häufigere Erfolgserlebnisse zurückgeführt wird. Durch die Einbindung von Auswertephase in die Versuchsdurchführung werden die Studierenden wesentlich häufiger dazu angeregt, die physikalischen Zusammenhänge (im Bezug zur Medizin) zu diskutieren

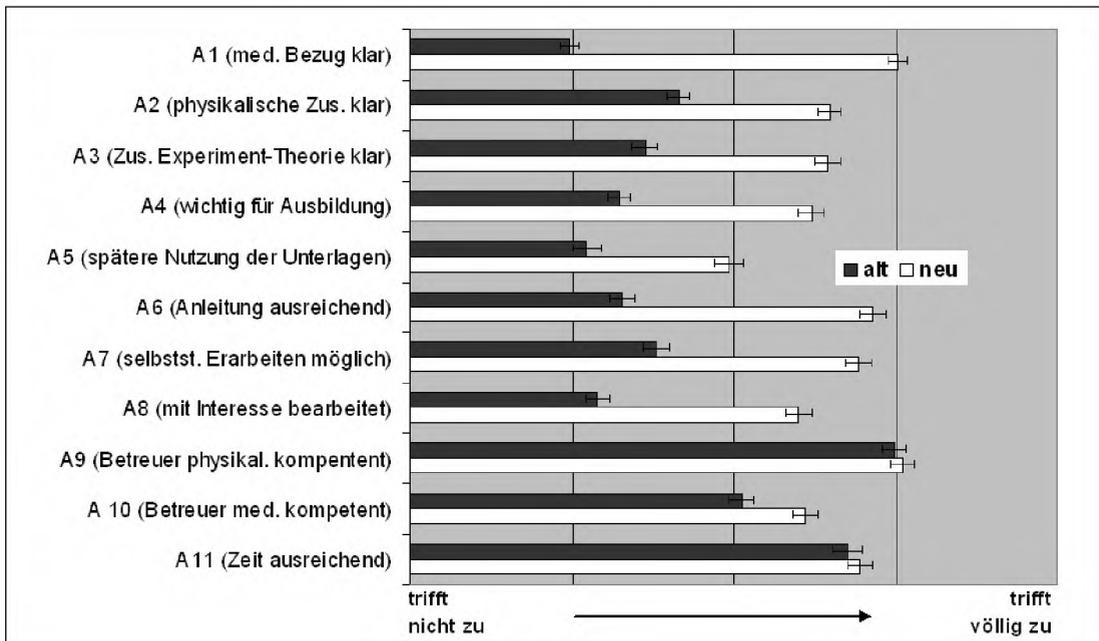


Abbildung 2: Ergebnisse der Evaluation durch die Studierenden. Balkenlänge: mittlerer Grad der Zustimmung, Fehlerbalken: Standardabweichung des Mittelwertes.

und zu reflektieren. Dies stellt eine regelmäßige Selbstkontrolle des Lernerfolgs dar. Eine Leistungserhebung, durch deren Ergebnisse diese Selbsteinschätzung objektiviert werden könnte, wurde nicht durchgeführt.

Bei den neuen Versuchen werden sowohl die Anleitung als ausführlicher (A 6) als auch die Erarbeitung der Ergebnisse als selbstständiger (A 7) eingestuft. Einerseits gibt die Anleitung den Studierenden detaillierte Hinweise zu Aufbau, Durchführung und Auswertung der Experimente, die das „Entdecken“ der Aufgabenstellung erleichtern. Andererseits ermöglicht ihnen gerade diese Form der Anleitung trotz ihrer geringen experimentellen Erfahrungen das selbstständige Bearbeiten der vorgegebenen Aufgabenstellungen und damit das „Entdecken“ der Ergebnisse. Den Studierenden selbst erscheint ihre Arbeitsweise also erheblich selbstständiger und durch die Anleitung ausreichend unterstützt, so dass aus deren Sicht die Frage F 2 positiv beantwortet werden kann. Dies wird durch die Ergebnisse der kategoriengeleiteten Videoanalyse gestützt.

5.2 Kategoriengeleitete Videoanalyse

Die kategoriengeleitete Analyse der Videoaufzeichnungen wurde sowohl im alten als auch im neuen Praktikum für den Versuch zur Geometrischen Optik durchgeführt. Die prozentualen Zeitannteile der verschiedenen Kategorien an der Versuchsdurchführung wurden jeweils über alle Studierenden gemittelt. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse für die Handlungskategorien. Es ist eine deutliche Verschiebung von der Kategorie „Anweisung“ in die Kategorie „Messen“ zu erkennen.

Auch die Betreuerinterventionen gehen auf durchschnittlich 9 % (vorher 19 % bzw. 40 % mit mündlicher Einführung) zurück. Von diesen Betreuerinterventionen entfällt nur noch ein Anteil von ca. 13 % (vorher 46 %) auf die Kategorie „Anweisung“, während der Anteil in der Kategorie „Auswertung“ auf ca. 21 % (vorher 12 %) erhöht werden konnte. Die Videoaufnahmen zeigen darüber hinaus, dass die Betreuerinterventionen wesentlich häufiger die Diskussion der Ergebnisse als Aufbau und Durchführung der Experimente zum Inhalt haben. Die Studierenden arbeiten weitgehend selbstständig mit den schriftlichen Unterlagen

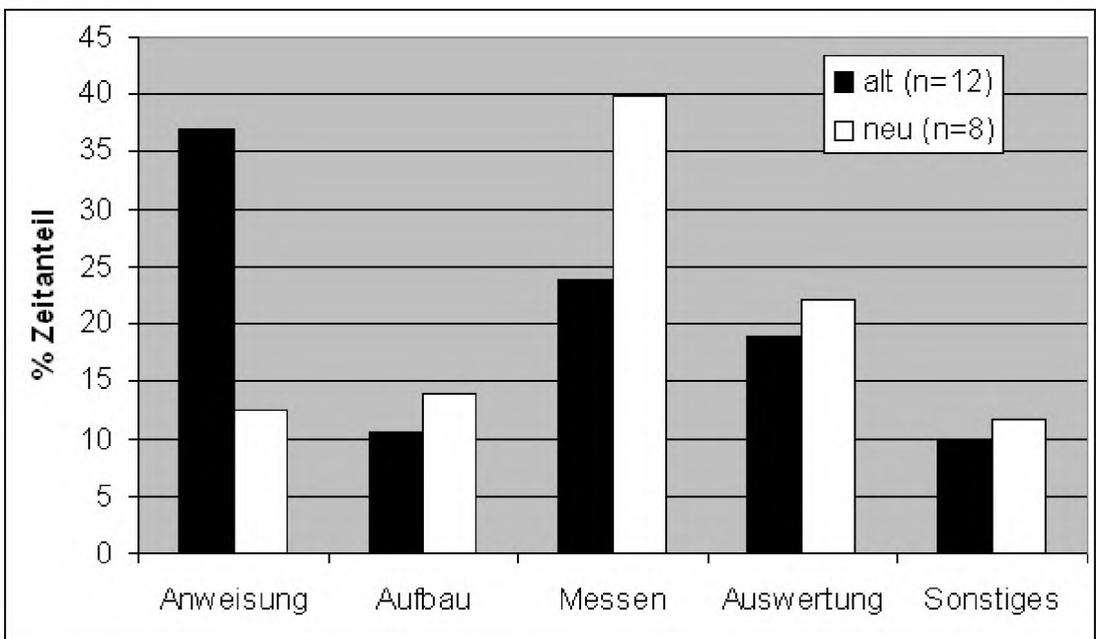


Abbildung 3: Prozentuale Zeitannteile der verschiedenen Handlungskategorien an der Versuchsdurchführung

und benötigen für Aufbau und Durchführung seltener Hilfestellung durch den Betreuer.

Sowohl der geringere Anteil der Kategorie „Anweisung“ als auch der Rückgang der Betreuerinterventionen beim neuen Versuch stimmen mit den Einschätzungen der Studierenden überein, dass die schriftliche Anleitung bei den neuen Versuchen zu deren Durchführung weitgehend ausreicht und dass die Erarbeitung selbstständiger erfolgen kann (vgl. 5.1).

Für die Analyse der Verbalisierungen wurden insgesamt 5 verschiedene Kategorien kodiert, von denen sich zwei auf technische bzw. organisatorische und drei auf physikalische und medizinische Inhalte bzw. deren Verknüpfung beziehen:

- physikalisch: Die Äußerung beinhaltet physikalische Argumente (verallgemeinernd oder ohne Bezug zum Experiment) zu Messergebnissen und deren Interpretation.
- physikalisch-medizinisch: Die Äußerung beinhaltet medizinische Argumente bzw. Folgerungen mit Bezug zum Experiment.
- medizinisch: Die Äußerung bezieht sich auf den medizinischen Kontext ohne unmittelbaren Bezug zum Experiment.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Verbalisierungen auf diese drei Kategorien für den alten und neuen Versuch im Vergleich. In allen drei Kategorien sind bei dem neuen Versuch die Anteile jeweils um ein Vielfaches höher. Offensichtlich ist die Didaktische Strukturierung in der vorliegenden Form geeigneter, unter den Studierenden Diskussionen im Hinblick auf physikalische und medizinische Zusammenhänge zu initiieren. Auch F3 kann somit positiv beantwortet werden.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Verbalisierungen auf diese drei Kategorien für den alten und neuen Versuch im Vergleich. In allen drei Kategorien sind bei dem neuen Versuch die Anteile jeweils um ein Vielfaches höher. Offensichtlich ist die Didaktische Strukturierung in der vorliegenden Form geeigneter, unter den Studierenden Diskussionen im Hinblick auf physikalische und medizinische Zusammenhänge zu initiieren. Auch F3 kann somit positiv beantwortet werden.

Dass diese Zunahme explizit auf die in die Anleitung eingebundenen Fragen zurückzu-

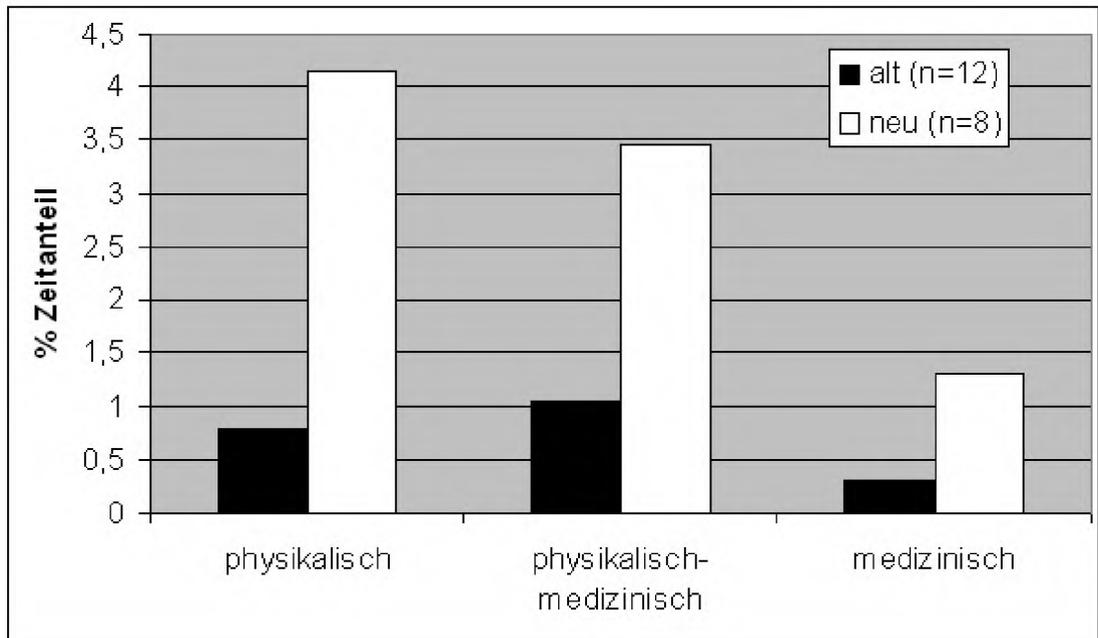


Abbildung 4: Prozentuale Zeitanteile der verschiedenen Verbalisierungskategorien an der Versuchsdurchführung

führen ist, kann durch die Analyse von Ablaufmustern nachgewiesen werden. Hierzu wird die zeitliche Abfolge der verschiedenen Handlungskategorien im Zusammenhang mit den Verbalisierungen betrachtet (vgl. Theyßen et al., 2001).

6 Zusammenfassung

Bei der theoriegeleiteten Entwicklung eines Physikpraktikums für Studierende der Medizin wurden fachliche sowie lerntheoretische Aspekte integriert. In Übereinstimmung mit der Forderung nach „targeted labwork“ (Séré 2002, 256) waren zentrale Aspekte der Neuentwicklung:

- die Eingrenzung des möglichen Spektrums von Zielsetzungen auf eine adressatenspezifische Auswahl,
- die für die Studierenden transparente Umsetzung dieser Zielsetzung,
- die Berücksichtigung der spezifischen Voraussetzungen der Lerngruppe und von Ergebnissen der Lernprozessforschung bei der Gestaltung von Aufgabenstellung und -abfolge.

Die Evaluation wurde mit verschiedenen, einander ergänzenden Methoden sowohl summativ als auch formativ durchgeführt. Die angestrebte Transparenz der Zielsetzung bei den Studierenden wird demnach erreicht. Die Prozessanalysen sowie die Selbsteinschätzung der Studierenden zeigen, dass die Strukturierung der Aufgabenstellung und deren Abfolge den Voraussetzungen der Lerngruppe besser gerecht wird. Es erfolgt eine selbstständigere Auseinandersetzung mit den Inhalten und eine stärkere Fokussierung auf die gewünschten Handlungen und Verbalisierungen. Die Studierenden schätzen ihren eigenen Lernerfolg höher ein.

Insgesamt kann als Ergebnis aus dem iterativen Entwicklungsprozess und der begleitenden Evaluation festgehalten werden, dass das Modell der Didaktischen Rekonstruktion in der hier eingesetzten modifizierten Form einen geeigneten methodischen Rahmen für Entwicklungen im Praktikumsbereich darstellt. Folgeprojekte zur Entwicklung physikalischer Praktika für Studierende der Physik (Neumann 2005) bzw. für Studierende der Biologie haben diese Methodik übernommen und setzen ebenfalls deutliche Schwerpunkte bei der adressatenspezifischen Gestaltung sowie der transparenten Umsetzung der gewählten Zielsetzungen.

Literatur

- Aufschnaiter, C. v. (1999). Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und Situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben. Fallstudien zu Bedeutungsentwicklungsprozessen von Studierenden und Schüler(inne)n in einer Feld- und einer Laboruntersuchung zum Themengebiet Elektrostatik und Elektrodynamik. Dissertation im Fachbereich I (Physik / Elektrotechnik) der Universität Bremen. In: Niedderer, H. & Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 3, Berlin: Logos.
- Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S. v. (2000). Prozessbasierte Analysen kognitiver Entwicklung. In: von Aufschnaiter, S. & Welzel, M. (Hrsg.). Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lernprozessen. Münster: Waxman, 115-128.
- Aufschnaiter, S. v. & Welzel, M. (1996). Beschreibung von Lernprozessen. In: Duit, R. & Rhöneck, C. v. (Hrsg.). Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel: IPN an der Universität Kiel, 301-327.
- Baalman, W.; Frerichs, V. & Illner, R. (1998). Educational Reconstruction – Examples in the Fields of Genetics and Evolution. In: Bayrhuber, H. & Brinkmann, F. (Eds.). What - Why - How? Research in Didaktik of Biology. Kiel: IPN, 273-282.
- Boud, D. J.; Dunn, J.; Kennedy, T. & Thorley, R. (1980). The aims of science laboratory courses: A survey of students, graduates and practising scientists. *European Journal of Science Education*, 2(4):415-428.
- Duit, R., Komorek, M. & Wilbers, J. (1997). Studien zur Didaktischen Rekonstruktion der Chaostheorie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 19-34.
- Gropengießer, H. (1997). Didaktische Rekonstruktion des „Sehens“. Dissertation im Fachbereich Biologie der Universität Oldenburg. Oldenburg: ZpB.
- Hucke, L. (1999). Handlungserwerb und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. In: Niedderer, H. & Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 8, Berlin: Logos
- Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein theoretischer Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18.
- Niedderer, H., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F., Fischer, H., Schecker, H., Aufschnaiter, S. v. & Welzel, M. (1998). Category Based Analysis of Videotapes from Labwork (CBAV) - Methodes and Results from Four Case-Studies. Working Paper 9 zum EU-Projekt Labwork in Science Education.
- Neumann, K. (2005). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In: Niedderer, H. & Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 38, Berlin: Logos
- Psillos, D. & Niedderer, H. (2002). Teaching and Learning in the Science Laboratory. Dordrecht: Kluver.
- Schoster, A. (1998). Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physiknachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben. Dissertation am Fachbereich I (Physik / Elektrotechnik) der Universität Bremen. In: Niedderer, H. & Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 2, Berlin: Logos.
- Schumacher, D. & Theyßen, H. (2000). RC-Schaltungen als einfache Nervenmodelle. *MNU* 53 (3), 164-170.
- Schumacher, D. & Theyßen, H. (2002): Physikpraktikum für Medizinstudierende - Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums. In: Jahrbuch 2001 der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Herausgegeben vom Rektor der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf Univ.-Prof. Dr. h.c. Gert Kaiser. Düsseldorf, 202-211.
- Séré, M. (2002). Towards targeted labwork. In Psillos, D. & Niedderer, H. (Eds.). Teaching and Learning in the Science Laboratory. Dordrecht: Kluver, 255-259.
- Theyßen, H. (2000). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Dissertation im Fachbereich I (Physik/Elektrotechnik) der Universität Bremen. In: Niedderer, H. & Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 9, Berlin: Logos
- Theyßen, H., von Aufschnaiter, S. & Schumacher, D. (2001). Kategoriengeleitete Analyse und Komplexitätsanalyse von Lernprozessen im Physikalischen Praktikum. In: von Aufschnaiter, S. & Welzel, M. (Hrsg.). Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lernprozessen. Münster: Waxman, 101-114.
- Theyßen, H. & Schumacher, D. (2004a): Umsatzbestimmung bei einem Lebewesen - Ein Experiment für den Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule* (Heft 8/53), 35-40

- Theyßen, H. & Schumacher, D. (2004b): Experimente zum Verständnis der Entstehung des Elektrokardiogramms. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule (Heft 8/53), 7-12.
- Ucke, C. (1977). Didaktik naturwissenschaftlicher Praktika: Beispiel Physik für Mediziner. Hamburg: AHD.
- Welzel, M. (1995). Interaktionen und Physiklernen: Empirische Untersuchungen im Physikunterricht der Sekundarstufe I. Dissertation am Fachbereich I (Physik / Elektrotechnik) der Universität Bremen. In: Nachtigall, D. (Hrsg.). Didaktik und Naturwissenschaft, Bd. 6. Frankfurt am Main: Lang.
- Welzel, M; Haller, K.; Bandiera, M; Hammelev, D.; Kouramas, P.; Niedderer, H.; Paulsen, A.; Robinault, K. & Aufschnaiter, S. v. (1998). Ziele, die Lehrende mit experimentellen Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4(1), 29-44.

Dr. Heike Theyßen vertritt zur Zeit eine Professur für Didaktik der Physik an der Universität Dortmund.

Dr. Heike Theyßen
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Universität Dortmund
Otto-Hahn-Straße 4
44221 Dortmund