

Hüther, Monika; Theyssen, Heike

Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 11 (2005), S. 117-129



Quellenangabe/ Reference:

Hüther, Monika; Theyssen, Heike: Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 11 (2005), S. 117-129 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315916 - DOI: 10.25656/01:31591

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315916>

<https://doi.org/10.25656/01:31591>

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

MONIKA HÜTHER UND HEIKE THEYSSSEN

Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule

Zusammenfassung

An der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wurden in den vergangenen Jahren zwei Lernumgebungen für den Einsatz in der Physikausbildung von Studierenden der Medizin entwickelt: ein Praktikum und eine hypermediale Lernumgebung. Die hypermediale Lernumgebung wurde in enger Anlehnung an das Praktikum entwickelt, so dass beide Lernumgebungen eine identische Zielsetzung und eine ähnliche Konzeption aufweisen.

Erstmals wird eine derartige hypermediale Lernumgebung als Ersatz eines Praktikums eingesetzt und evaluiert: In zwei empirischen Studien mit vergleichendem Pre-Post-Design werden die Lernwirksamkeiten von Praktikum und hypermedialer Lernumgebung verglichen. Die Ergebnisse werden zu einer iterativen Optimierung der hypermedialen Lernumgebung genutzt.

Abstract

Recently two learning environments have been developed at Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, both to be implemented in physics education of medicine students: a labwork course and a computerbased learning environment. The computerbased learning environment has been developed on the basis of the labwork course. That is why both learning environments reach for the same aims and show a similar concept.

For the first time, labwork is replaced by a computerbased learning environment. Both learning environments are compared in two intervention studies: the learning efficiency is measured by pre- and post-tests. The results are used to optimize the educational software.

1 Einleitung

An der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wurden zwei Lernumgebungen für den Einsatz in der Physikausbildung von Studierenden der Medizin theoriegeleitet entwickelt: ein Praktikum und eine hypermediale Lernumgebung. Im Folgenden wird zunächst der theoretische Hintergrund vorgestellt. Basierend hierauf werden die beiden Lernumgebungen skizziert.

1.1 Theoretischer Hintergrund

Praktika spielen in der naturwissenschaftlichen Hochschulausbildung eine große Rolle. Die sogenannten traditionellen Praktika, wie sie an der überwiegenden Anzahl deutscher Universitäten bestehen (Neumann 2004), werden sowohl in der naturwissenschaftlichen Haupt- sowie Nebenfachausbildung eingesetzt. Obwohl in empirischen Untersuchungen wiederholt gezeigt wurde, dass mit den traditionellen Praktika die verfolgten Ziele in der Regel nicht erreicht werden (beispielsweise: Toothacker

1983; Diemer et al. 1998; Psillos & Niedderer 2002), gibt es bisher nur wenige Ansätze, die sich mit einer Neukonzeption solcher Praktika befassen.

Die Ziele, die mit Praktika verfolgt werden, wurden in einer Vielzahl von Arbeiten diskutiert und untersucht. Die im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts „Labwork in Science Education“ (Psillos & Niedderer 2002) durch eine Befragung erhobenen Ziele (Welzel et al. 1998) stellen nach Neumann (2004) einen vollständigen Satz der Ziele dar. Die Ausprägung der einzelnen Ziele ist jedoch von der Zielgruppe abhängig (Neumann 2004); Unterschiede in den Zielen ergeben sich vor allem bei naturwissenschaftlichen Nebenfachpraktika. Beispielsweise ergab eine Zielbefragung von Theyßen (2000), dass beim Physikpraktikum für Studierende der Medizin die Vermittlung medizinisch relevanter physikalischer Inhalte und deren Anwendung im medizinischen Kontext im Vordergrund stehen. Als Konsequenz muss eine für die entsprechende Zielgruppe spezifische Erhebung der Ziele und eine darauf abgestimmte Neukonzeption der Praktika erfolgen. Bei einer Neukonzeption ist eine Auswahl aus den ermittelten Zielen zu treffen; diese sind durch spezielle Praktikumsaufgaben zu verfolgen und den Lernenden transparent zu machen (targeted labwork) (Séré 2002).

Praktika bieten für die Lernenden die Möglichkeit, sich selbstgesteuert und interaktiv mit dem Lerngegenstand auseinanderzusetzen. Aus Sicht einer konstruktivistischen Lerntheorie ist diese aktive Einbindung unbedingt erforderlich. Eine solche aktive Einbindung umfasst neben der Durchführung von Experimenten auch deren Interpretation, die Formulierung der entsprechenden Zusammenhänge und die Anwendung der erarbeiteten Zusammenhänge in konkreten Kontexten (siehe z.B. Theyßen 2000).

Neben Praktika bieten jedoch auch neue Medien die Möglichkeit, die Lernenden aktiv einzubinden. Neue Medien, wie z.B. Animationen und Simulationen, werden häufig speziell dazu eingesetzt, um dynamische Prozesse zu veranschaulichen und das selbstgesteuerte Lernen und Problemlösen zu fördern (Schulmeister 2002).

Allgemein werden Medien als neue Medien bezeichnet, wenn sie computerbasiert realisiert sind (Blömeke 2003). Die Kombination dieser Medien wird ebenfalls über ein computerbasiertes System realisiert, das die Interaktion mit der präsentierten Information ermöglicht (Kerres 2001). In einer hypermedialen Lernumgebung sind Informationen in einem Netzwerk organisiert. Die Knoten, die durch Hyperlinks verknüpft sind, enthalten neben Texten und Grafiken auch dynamische neue Medien - wie z.B. Animationen oder Videos (etwa Tergan 2002 oder Schulmeister 2002).

Die höhere Lernwirksamkeit gegenüber herkömmlichen Medien kann bisher durch empirische Untersuchungen nur begrenzt belegt werden (etwa Urhahne et al. 2000). Die widersprüchlichen empirischen Befunde lassen sich jedoch auf eine Vielzahl von Faktoren zurückführen. Einerseits ist zu berücksichtigen, dass nicht die neuen Medien an sich lernförderlich sind (Clark 1994); stattdessen ist deren Einsatz anhand der verfolgten Ziele sorgfältig zu planen und in ein komplettes Lernarrangement einzubinden (Kerres 2001). Dabei sind die spezifischen Lernvoraussetzungen, wie z.B. das Vorwissen, zu berücksichtigen (Leutner 2002). Die Abhängigkeit der Lernwirksamkeit neuer Medien von instruktionalen und inhaltlichen (Zusatz-)Informationen bestätigen auch neuere Untersuchungen, z.B. von Nerdel & Prechtel (2005). Zum Anderen sind bei der Evaluation die verfolgten Ziele als Voraussetzung zur Wahl der Erhebungsmethoden anzusetzen.

Auch für die Entwicklung und den Einsatz hypermedialer Lernumgebungen gilt also wie für Praktika die Forderung nach einer expliziten Ziel- und Adressatenorientierung. Im Rahmen dieses Beitrags werden ein Praktikum und eine hypermediale Lernumgebung verglichen, die beide unter Berücksichtigung dieser Forderungen entwickelt wurden. Sie werden im nächsten Abschnitt vergleichend dargestellt.

1.2 Die Lernumgebungen

Bei dem Praktikum handelt es sich um ein adressatenspezifisches Physikpraktikum, welches nach den spezifischen Voraussetzungen und Anforderungen für Studierende der Me-

dizin theoriegeleitet entwickelt wurde (Details hierzu siehe Theyßen 2000 und Theyßen 2005). Somit unterscheidet es sich wesentlich von traditionellen Praktika. In einer Evaluation konnte gezeigt werden, dass es eine deutliche Verbesserung bezüglich des Zeitmanagements, der Verbalisierung physikalischer Inhalte sowie der Selbsteinschätzung von Motivation und Lernerfolg darstellt (Theyßen 2000).

Die hypermediale Lernumgebung wurde in enger Anlehnung an das Praktikum entwickelt. Beide Lernumgebungen „Physik für Mediziner“ weisen daher die gleiche Zielsetzung und eine ähnliche Konzeption auf (Details hierzu siehe Theyßen 2002). Beide verfolgen das Ziel, medizinisch relevante physikalische Inhalte zu vermitteln (vergleiche Abschnitt 1.1). Die medizinische Relevanz wird dabei durchgängig transparent gemacht, z.B. durch entsprechende Beispiele oder Anwendungen der physikalischen Zusammenhänge. Bei der Erarbeitung der Inhalte wird, angepasst an das geringe Vorwissen der Studierenden, sehr kleinschrittig vorgegangen – sowohl bei der Anleitung zur Durchführung und Auswertung der Experimente als auch bei den Erläuterungen zu den theoretischen Grundlagen. Diese Anleitungen und Erläuterungen sind durch Texte mit integrierten Grafiken realisiert: im Praktikum

durch eine gedruckte Praktikumsanleitung und in der hypermedialen Lernumgebung durch einen Hypertext.

Die aktive Einbindung der Studierenden wird in beiden Lernumgebungen durch die Durchführung von Experimenten gefördert: im Praktikum durch Realexperimente und in der hypermedialen Lernumgebung durch Interaktive Bildschirmexperimente. Bei einem Interaktiven Bildschirmexperiment handelt es sich um die fotografische Dokumentation eines Realexperiments. Über den Bildschirm kann es per Maussteuerung ähnlich wie das Realexperiment bedient werden. Die Reaktion auf die Manipulation kann anhand der zeitlichen Abfolge der Bilder beobachtet werden (Details hierzu siehe Kirstein 1999).

Zusätzlich sind die Studierenden während der gesamten Bearbeitung der Lernumgebungen durchgängig aufgefordert, qualitative Fragen zum Verständnis zu beantworten und somit physikalische Zusammenhänge zu formulieren oder den medizinischen Bezug herzustellen und zu diskutieren. Außerdem wird durch integrierte Übungsaufgaben die Anwendung der Zusammenhänge geübt. Abbildung 1 zeigt die Einbindung von Interaktiven Bildschirmexperimenten und Messaufgaben am Beispiel eines Screenshots aus der hypermedialen Lernumgebung.

PHYSIK FÜR MEDIZINER

Lernumgebung

Modulwahl

Inhalt

Notizen

Rechner

Tutorial

Schließen

Wasserdampfpartialdruck
Experiment zur Temperaturabhängigkeit des Sättigungsdampfdrucks

Modul Gase
Kapitel Zustandsänderungen von Gasen

• Warten Sie (**mehrere Minuten!**), bis sich auch im Kolben die 40 °C eingestellt haben. Was beobachten Sie?

Der Druck steigt an, zunächst schnell, dann langsamer. Er bleibt konstant, wenn das Gas im Kolben die Temperatur des Wasserbades angenommen hat.

Zur systematischen Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Temperatur und Sättigungsdampfdruck wiederholt man diese Messung für weitere Temperaturen. Die Endwerte nach Einstellung der Temperatur im Kolben zeigt die folgende interaktive Abbildung: Klicken Sie nacheinander auf die verschiedenen Miniaturlinien, um in der Vergrößerung Temperatur und Sättigungsdampfdruck abzulesen. Ergänzen Sie die Werte in der Tabelle.

T/°C	20	37,8	40	45	55	63,4	74,5
p _s /hPa	23	74	11	15	32	44	56

Lassen Sie die Messwerte in einem Diagramm auftragen: T auf der Abszisse (x-Achse) und p_s auf der Ordinate (y-Achse).

Diagramm

Welchen qualitativen Zusammenhang (linear, proportional, ...) zwischen Temperatur und Sättigungsdampfdruck zeigt das Diagramm? (Sie können eine Ausgleichsgerade einzeichnen lassen, um die Linearität zu überprüfen.)

Abbildung 1:
Screenshot einer Seite der hypermedialen Lernumgebung

Das Experimentieren dient nicht der Überprüfung physikalischer Gesetze, sondern der systematischen Beobachtung und Untersuchung von Phänomenen, so dass Grundlagen für die theoretische Beschreibung gebildet werden. Es werden also keine theoretischen Grundlagen vorbereitet, sondern es wird die theoretische Beschreibung nach der Durchführung der Experimente nachbereitet.

Es lassen sich folgende Unterschiede zwischen Praktikum und hypermedialer Lernumgebung herausarbeiten: Im Praktikum besteht aus organisatorischen Gründen eine deutliche zeitliche und räumliche Trennung der Versuchsdurchführung von der anschließenden Nachbereitung der theoretischen Grundlagen. Die hypermediale Lernumgebung dagegen besteht aus einem Hypertext, der die Verknüpfung von Informationen unterstützt; innerhalb der hypermedialen Lernumgebung wird keine zeitliche Trennung zwischen Theorie und Experiment vorgenommen. Außerdem kann das zur Verfügung stehende Zeitbudget auf die einzelnen Tätigkeiten individuell verteilt werden. Darüber hinaus sind in die hypermediale Lernumgebung neben den Experimenten, die auch im Praktikum durchgeführt werden, ergänzende dynamische Medien, wie z.B. Realfilme und Animationen integriert. Weiterhin beinhaltet die hypermediale Lernumgebung zusätzliche Erläuterungen, mehr Übungsaufgaben und Musterlösungen zu sämtlichen Aufgaben. Andererseits ermöglichen die Realexperimente im Praktikum ein unmittelbares Erleben physikalischer Phänomene (z.B. das Fühlen von Temperaturunterschieden).

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist die Untersuchung der Auswirkungen, die diese Unterschiede auf die Lernwirksamkeit haben.

2 Untersuchungsdesign und Forschungsfragen

Da beide Lernumgebungen mit dem Ziel entwickelt wurden, medizinisch relevante physikalische Inhalte zu vermitteln (siehe Abschnitt 1.2), werden die Auswirkungen auf die Lernwirksamkeit daran gemessen, ob die Studierenden nach der Arbeit mit der jeweiligen Lernumgebung die physikalischen Inhalte kennen

und anwenden können; die Anwendung soll sowohl im physikalischen als auch im medizinischen Kontext erfolgen können. Damit lässt sich die Untersuchung der Lernwirksamkeit durch folgende Forschungsfragen konkretisieren:

Forschungsfragen:

In welchem Ausmaß ...

- ... können die Studierenden die fachlichen Inhalte auf Richtigkeit hin bewerten? (FF1)
- ... können die Studierenden die fachlichen Inhalte auf spezifische Nachfrage formulieren? (FF2)
- ... können die Studierenden die fachlichen Inhalte auf spezifische Nachfrage anwenden? (FF3)
- ... können die Studierenden die fachlichen Inhalte ohne Vorgaben formulieren? (FF4)

Der Vergleich wird in zwei empirischen Studien vorgenommen. In der ersten Studien (2002) werden die Erhebungsmethoden entwickelt und erprobt und Erfahrungen mit dem Einsatz der hypermedialen Lernumgebung gesammelt. Nach einer Optimierung der hypermedialen Lernumgebung und der Erhebungsmethoden werden in der zweiten Studie (2003) die Ergebnisse überprüft.

In beiden Studien wird ein vergleichendes Pre-Post-Design eingesetzt. Die eine Gruppe der Probanden führt die Realexperimente durch und bearbeitet die theoretischen Grundlagen anhand der Praktikumsanleitung (Gruppe Praktikum). Die andere Gruppe der Probanden arbeitet die komplette Zeit mit der hypermedialen Lernumgebung (Gruppe Hypermedia).

Zum Vergleich der Lernwirksamkeit werden folgende Methoden eingesetzt:

- Aufgabentest:
 - Richtig-Falsch-Aufgaben (Aussagentest, vgl. 3.1) - FF1
 - Aufgaben mit offenem Antwortformat (Offene Aufgaben, vgl. 3.1) - FF2 / FF3
- Concept Maps:
 - Ohne Vorgabe von Begriffen und Relationen - FF4

Im Vortest wird nur der Aufgabentest eingesetzt. Die Ergebnisse des Vortests werden dazu

genutzt, die Probanden bezüglich des inhaltspezifischen Vorwissens in zwei gleich gute Gruppen einzuteilen. Im Nachtest wird ergänzend zum Aufgabentest das Concept-Mapping-Verfahren eingesetzt.

Damit ein eventuell zu beobachtender Effekt auf die Unterschiede der beiden Lernumgebungen zurückgeführt werden kann, sind äußere Einflüsse konstant zu halten: Die Bearbeitung findet für beide Gruppen an der Universität in einem festen Zeitrahmen statt. Die Bearbeitungszeit beträgt für beide Gruppen jeweils maximal 7,5 Stunden (inklusive einer Stunde Mittagspause).

Die Probanden arbeiten in Zweierteams und werden bei der Bearbeitung von Betreuern unterstützt. Aus den beiden in der hypermedialen Lernumgebung bereits vorliegenden Inhaltsbereichen wird exemplarisch der Inhaltsbereich „Gasgesetze/Atmung“ ausgewählt. Bei den Probanden handelte es sich um Studierende der Medizin, die noch keine Ausbildung in Physik erhalten haben und die sich freiwillig (gegen Aufwandsentschädigung) zur Teilnahme an der Studie bereit erklärt haben.

Auf den Einsatz der Concept Maps und damit auf die Beantwortung der Forschungsfrage 4 wird im Rahmen dieses Artikels nicht eingegangen. Außerdem wird auf die Aufnahme und Auswertung von Prozessdaten nicht eingegangen. Informationen dazu finden sich jeweils bei Hüther (2005).

3 Studie 2002

Die Studie dient als Pilotstudie mit erweitertem Umfang. Sie umfasst eine Stichprobe aus 36 Probanden. Durch Ausfälle zwischen Vortest und Studie ergibt sich eine leicht asymmetrische Verteilung von 16 Probanden in der Gruppe Praktikum und 20 Probanden in der Gruppe Hypermedia. In Vor- und Nachtest wird der gleiche Aufgabentest eingesetzt.

3.1 Entwicklung der Tests

Der Aufgabentest dient der Überprüfung, inwieweit die Probanden die fachlichen Inhalte wiedererkennen, formulieren und an-

wenden können (FF1-3). Da keine standardisierten Tests bezüglich dieser Anforderungen und des abzufragenden Inhaltsbereichs vorliegen, werden spezielle Aufgaben mit geschlossenem und offenem Antwortformat entwickelt und evaluiert.

Die Aufgaben mit geschlossenem Antwortformat (Richtig-Falsch-Aufgaben) werden zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 eingesetzt. Da für sie gegenüber Aufgaben mit offenem Antwortformat eine geringere Lösungszeit benötigt wird, soll mit ihrer Hilfe eine breite Basis des inhaltspezifischen Wissens abgefragt werden. Darüber hinaus haben Richtig-Falsch-Aufgaben eine geringere Lösungszeit als Mehrfach-Wahl-Aufgaben, da nicht mehrere Antwortmöglichkeiten gelesen und bewertet werden müssen. Außerdem ist bei Mehrfach-Wahl-Aufgaben die Entwicklung der einzelnen Alternativantworten problematisch, da gleichberechtigte plausible Antwortmöglichkeiten für eine Aufgabe gefunden werden müssen (Lienert & Raatz 1998). Richtig-Falsch-Aufgaben haben dafür eine höhere Ratewahrscheinlichkeit als Mehrfach-Wahl-Aufgaben. Es ist deshalb eine relativ hohe Anzahl an Aufgaben zu wählen (Lienert & Raatz 1998). Im Rahmen der vorliegenden Studie sind 64 Aussagen auf ihren Wahrheitsgehalt hin zu bewerten. Dieser Test wird im Folgenden als Aussagentest bezeichnet.

Die Aufgaben mit offenem Antwortformat bestehen aus Fragen, die durch selbst formulierten Text und Berechnungen zu beantworten sind. Sie fordern die Formulierung von physikalischen Zusammenhängen (Testteil Zusammenhang) oder die Anwendung physikalischer Zusammenhänge in physikalischen oder medizinischen Kontexten (Testteil Anwendung)¹. Der Testteil Zusammenhang wird zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 und der Testteil Anwendung zur Beantwortung der Forschungsfrage 3 eingesetzt. Die beiden Testteile (Zusammenhang und Anwendung) werden unter der Bezeichnung Offene Aufgaben zusammengefasst.

¹ Diese Bezeichnungen werden im Folgenden für den Zusammenschluss der entsprechenden Aufgaben verwendet.

Der hier eingesetzte Aufgabentest besteht damit aus dem Aussagentest und den Offenen Aufgaben, wobei die Offenen Aufgaben in zwei Testteile unterteilt sind. Die Tests werden im Folgenden näher beschrieben.

Aussagentest

Als Grundlage für die Entwicklung der einzelnen Aussagen dienen die Inhaltsbereiche, die in beiden Lernumgebungen behandelt werden, inklusive der Atmung als durchgängig vorhandenem medizinischen Bezug. Damit ergeben sich die folgenden Inhaltsbereiche (In Klammern ist die Anzahl der im Test enthaltenen Aussagen zu den jeweiligen Inhaltsbereichen angegeben):

- Teilchenmodell und Modell des idealen Gases (4)
- Druck, Volumen und Temperatur (Definition, Beschreibung und Einheiten) (16)
- Allgemeine Gasgleichung und ihre Spezialfälle (24)
- Verdunstung, Kondensation und Sättigungsdampfdruck (12)
- Medizinischer Bezug zur Atmung (8)

Die Auswahl der Aussagen ergibt sich aus einer Analyse der innerhalb der einzelnen Inhaltsbereiche behandelten Zusammenhänge. Zunächst wird pro Lernumgebung eine Liste mit den behandelten physikalischen und medizinischen Zusammenhängen aufgestellt. Dann wird eine dem Umfang des Aussagentests (64 Aussagen) entsprechende Anzahl Zusammenhänge, die in beiden Listen auftreten, ausgewählt.

Die Zusammenhänge werden so formuliert, dass 32 fachlich richtige und 32 fachlich falsche Aussagen entstehen. Beispiele für Aussagen sind:

- Hält man die Temperatur in einer Gasmenge konstant und erhöht den Druck, so ändert sich das Volumen proportional zum Druck.

- Bei der Inspiration wird das Atemgas so weit angefeuchtet, dass es eine relative Luftfeuchtigkeit von 50% besitzt.

Zur Auswertung des Aussagentests werden die Aussagen gezählt, die von den Probanden korrekt bewertet werden. Auf eine unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Aussagen wird verzichtet. Es wurden jedoch inhaltlich möglichst gleichgewichtige Aussagen verwendet.

Die maximale Punktzahl für den Aussagentest beträgt damit 64 (Gesamtanzahl der Aussagen).

Offene Aufgaben

Die Offenen Aufgaben bestehen aus einzelnen Teilaufgaben, die so aufeinander aufbauen, dass die Umrechnung eines Volumens unter Spirometerbedingungen in das Volumen unter Körperbedingungen schrittweise hergeleitet wird. Diese Umrechnung stellt eine zentrale medizinische Anwendung der behandelten physikalischen Zusammenhänge dar. Bei der schrittweisen Herleitung der Anwendung wird fachsystematisch vorgegangen: Zuerst wird ein physikalischer Zusammenhang formuliert, dann wird dieser in einem (physikalischen und/oder medizinischen) Kontext angewendet; schließlich werden verschiedene Zusammenhänge miteinander verknüpft, bis die entsprechende Umrechnung (also medizinische Anwendung) durchgeführt werden kann.

Die einzelnen Teilaufgaben sind entweder dem Testteil Zusammenhang oder dem Testteil Anwendung zuzuordnen. Sie sind wegen der oben beschriebenen Vorgehensweise jedoch nicht nach Testteilen getrennt angeordnet. Der Schwerpunkt der Offenen Aufgaben wird auf den Testteil Anwendung gelegt. Der Testteil Zusammenhang besteht aus drei Teilaufgaben und der Testteil Anwendung aus sieben Teilaufgaben. Eine Teilaufgabe zum Testteil Anwendung lautet beispielsweise:

„Bei der Inspiration steigt der Wasserdampfpartialdruck an. In Aufgabe 2b) haben Sie

² Wird trotz der Anweisung, sich auf jeden Fall für eine Möglichkeit (wahr oder falsch) zu entscheiden, für einzelne Aussagen keine Entscheidung getroffen, so wird diese Aussage mit 0,5 Punkten gewertet. Dies entspricht der Wahrscheinlichkeit, durch Raten die richtige Entscheidung zu treffen.

diesen Anstieg für ein Beispiel berechnet. Wie ändert sich in diesem Beispiel der Partialdruck der übrigen Gase?“

Für die Offenen Aufgaben wird ein Bewertungsschema wie folgt entwickelt: Für jede Teilaufgabe wird eine Musterlösung erstellt und für die wesentlichen Elemente dieser Musterlösung werden je nach inhaltlicher Anforderung Punktzahlen festgelegt. Dies geschieht durch zwei Experten, die sich gemeinsam auf ein Bewertungsschema einigen. Die maximal zu erreichende Punktzahl für eine Teilaufgabe ergibt sich aus der Summe der Punktzahlen für die einzelnen Elemente.

Maximal können für den Testteil Zusammenhang 6, für den Testteil Anwendung 21 und insgesamt 27 Punkte erreicht werden.

3.2 Ergebnisse und Folgerungen

Zur Auswertung wird bei jedem Testteil pro Gruppe die im Mittel erreichte Punktzahl bestimmt und als prozentualer Anteil der maximal erreichbaren Punktzahl angegeben. Die Gruppen sind so eingeteilt, dass sie im Aussagen-Vortest im Mittel das gleiche Resultat erzielen und innerhalb der Gruppen etwa die gleiche Standardabweichung vorliegt (siehe Abbildung 2 ganz links). Die relativ hohe prozentuale Punktzahl von circa 60 % erklärt sich durch die Ratewahrscheinlichkeit von 50%. In

den Offenen Aufgaben erreichen im Vortest beide Gruppen durchschnittlich unter 5% der möglichen Punktzahl. Deshalb werden die Offenen Aufgaben nicht zur Gruppeneinteilung herangezogen und die Vortest-Ergebnisse sind nicht in der Abbildung dargestellt.

Im Nachtest liegen die durchschnittlichen prozentualen Punktzahlen für beide Gruppen in allen drei Testteilen hoch signifikant höher als im Vortest. Damit hat in beiden Gruppen ein Lernzuwachs stattgefunden. Die Probanden können nach Bearbeitung einer der beiden Lernumgebungen fachliche Inhalte sowohl besser auf Richtigkeit hin bewerten (FF1), als auch auf Nachfrage formulieren (FF2) und anwenden (FF3).

Insgesamt liegen im Nachtest die durchschnittlichen Punktzahlen des Testteils Anwendung jedoch deutlich unter denen des Testteils Zusammenhang. Den Probanden fällt es also schwerer, die physikalischen Zusammenhänge anzuwenden als sie zu formulieren.

Abbildung 2 zeigt neben den durchschnittlichen prozentualen Punktzahlen auch die zugehörigen Standardabweichungen beider Gruppen für den Aussagentest (Vor- und Nachtest) sowie für die offenen Testteile Zusammenhang und Anwendung. Bezüglich der Standardabweichungen können die Gruppen als gleich angesehen werden. Sie liegen in den offenen Test-

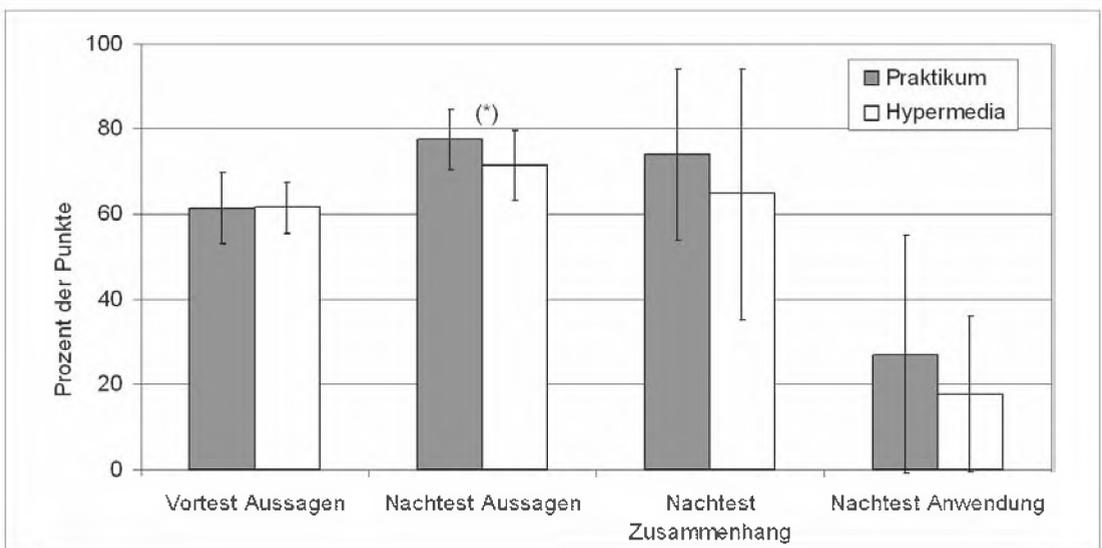


Abbildung 2: Mittlere Punktzahlen im Aufgabentest

teilen erheblich höher als beim Aussagentest, was auf die geringere Ratewahrscheinlichkeit zurückgeführt wird. Die Vortestergebnisse in den offenen Testteilen sind so niedrig, dass sie hier nicht dargestellt und auch nicht in der Gruppeneinteilung berücksichtigt sind.

Bezüglich des Unterschieds zwischen den beiden Gruppen gilt, dass die Gruppe Praktikum im Nachtest tendenziell bessere Resultate erzielt als die Gruppe Hypermedia; jedoch ist der Unterschied nur für den Aussagentest signifikant (siehe Markierung im Diagramm). Die Berechnung der Effektgröße d (Bortz & Döring 1995) ergibt überwiegend Werte unter $d=4$; lediglich für den Aussagen-Nachtest erhält man $d=8$. Damit liegt nach Bortz & Döring (1995) nur für den Aussagen-Nachtest ein großer Effekt vor.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Gruppe Hypermedia insgesamt im Aufgaben-Nachtest schlechtere Ergebnisse erzielt als die Gruppe Praktikum: Die Gruppe Hypermedia kann zwar die physikalischen Inhalte ebenso gut auf spezifische Nachfrage formulieren (FF2) und anwenden (FF3) wie die Gruppe Praktikum; die Gruppe Hypermedia kann aber das Gelernte schlechter auf Richtigkeit hin bewerten (FF1).

Ein möglicher Grund für das schlechtere Abschneiden der hypermedialen Lernumgebung könnte darin liegen, dass diese eine Neuentwicklung darstellt, wohingegen mit dem Praktikum bereits das Ergebnis eines mehrstufigen Optimierungsprozesses vorliegt (Theyßen 2000). Daher werden die vorgestellten Ergebnisse sowie weitere hier nicht dargestellte Beobachtungen aus Prozessdaten (Videoaufzeichnungen, Versuchsprotokolle und Navigationsdaten) zur Überarbeitung der hypermedialen Lernumgebung und ihrer Einsatzform genutzt, mit dem Ziel einer Optimierung der Lernwirksamkeit. Die Auswirkungen der Überarbeitung werden im Rahmen der Studie 2003 überprüft. Im Praktikum werden keine Änderungen vorgenommen. Aus den Ergebnissen der Studie 2002 ergeben sich diesbezüglich auch keine Ansatzpunkte.

In der hypermedialen Lernumgebung werden die Musterlösungen durch mehrstufige

Tipps (Hilfestellungen zur Lösung ohne die abschließende Musterlösung) ersetzt. Dadurch wird den Lernenden die Möglichkeit genommen, die Antwort aus der Musterlösung in das Eingabefeld zu kopieren („copy and paste“), stattdessen sind sie gezwungen, eine eigene Antwort zu formulieren. Dies führt nach neueren Untersuchungen wie z.B. von Priemer (2004) zu einem tieferen Verständnis.

Darüber hinaus werden einige Seiten überarbeitet und ein Glossar zu zentralen Begriffen eingeführt, das die Navigation in der Hypertextstruktur vereinfacht und linearisiert. Die lineare Navigationsstruktur sollte den durchweg geringen Vorkenntnissen der Studierenden entgegenkommen (vgl. Kummer 2000). Schließlich wird die hypermediale Lernumgebung um die gegenüber dem Praktikumsversuch zusätzlich enthaltenen Inhalte gekürzt, da diese auch im Aufgabentest nicht erfasst werden.

Auch die Erhebungsinstrumente und deren Einsatz werden modifiziert: Der Aussagentest wird auf Basis der Nachtestergebnisse einer Itemanalyse unterzogen und optimiert. Weiterhin wird im Vortest anstelle der hier nicht aussagekräftigen offenen Aufgaben ein zusätzlicher Grundlagentest eingesetzt und zur Gruppeneinteilung herangezogen (siehe unten).

4 Studie 2003

Die Stichprobe umfasst 56 Probanden: 27 Probanden in der Gruppe Praktikum und 29 Probanden in der Gruppe Hypermedia. Im Vortest werden neben dem Aussagentest nicht die Offenen Aufgaben (wie in der Studie 2002), sondern ein Grundlagentest bearbeitet (siehe unten). Darüber hinaus werden Aussagen- und Grundlagentest zu einer Einordnung der Stichprobe in die Gesamtheit der Studierenden der Medizin dieses Praktikums verwendet.

Der Grundlagentest besteht aus Aufgaben, die sich auf Grundlagenkenntnisse beziehen, die zur Erarbeitung der physikalischen Inhalte erforderlich bzw. hilfreich sind. Dazu gehören beispielsweise Prozentrechnung, Dreisatz, Bruchrechnung, der Umgang mit Proportionalitäten und die Interpretation von Diagrammen. Er dient (neben dem Aussagentest) zu

einer spezifischeren Erhebung der Lernvoraussetzungen und damit zu einer Verbesserung der Gruppeneinteilung. Er besteht aus 18 Aufgaben. Die überwiegende Anzahl dieser Aufgaben wird aus dem veröffentlichten Pool an Aufgaben ausgewählt, die im Rahmen der TIMS-Studie eingesetzt wurden (Baumert 1998).

4.1 Einordnung der Stichprobe

Der Grundlagentest und der Aussagentest werden vor Beginn des Physikpraktikums von allen am Praktikum teilnehmenden Studierenden der Medizin bearbeitet (363 Studierende). Die mittleren prozentualen Punktzahlen dieser Studierenden werden mit denen der Studierenden verglichen, die an der Studie teilgenommen haben (56 Probanden).

Die Mittelwerte sind sowohl für den Grundlagentest als auch für den Aussagentest nicht signifikant verschieden; dies gilt auch für die Standardabweichungen innerhalb der beiden Gruppen. Es handelt sich also bei den Probanden, die sich freiwillig zu der Teilnahme an der Studie gemeldet haben, bezüglich des Vorwissens um eine repräsentative Gruppe von Studierenden der Medizin in Düsseldorf.

4.2 Ergebnisse

Für beide Gruppen sind jeweils die durchschnittlichen prozentualen Punktzahlen für die einzelnen Tests in Abbildung 3 abgebildet. Die Gruppen sind so eingeteilt, dass sie sowohl im Grundlagentest als auch im Aussagen-Vortest annähernd die gleiche mittlere Punktzahl aufweisen (siehe ganz links in der Abbildung). Die Standardabweichungen sind zwischen den Gruppen ebenfalls als gleich anzusehen.

Im Aussagen-Nachtest liegen deutlich höhere durchschnittliche Punktzahlen vor als im Aussagen-Vortest. Für beide Gruppen ist die Mittelwertdifferenz zwischen Vor- und Nachtest hoch signifikant. Es kann also in beiden Gruppen ein Lernzuwachs beobachtet werden.

Die Gruppe Hypermedia erreicht im Nachtest tendenziell höhere Punktzahlen als die Gruppe Praktikum, sowohl beim Aussagentest als auch in den beiden Testteilen der Offenen Aufgaben. Dieser Unterschied ist jedoch weder für den Aussagentest noch für die Offenen Aufgaben signifikant; für die Effektgröße ergibt sich mit Werten kleiner als $d=.4$ ein kleiner Effekt (Bortz & Döring 1995). Man kann also davon ausgehen, dass die Leistungen der beiden Gruppen im Nachtest gleichwertig

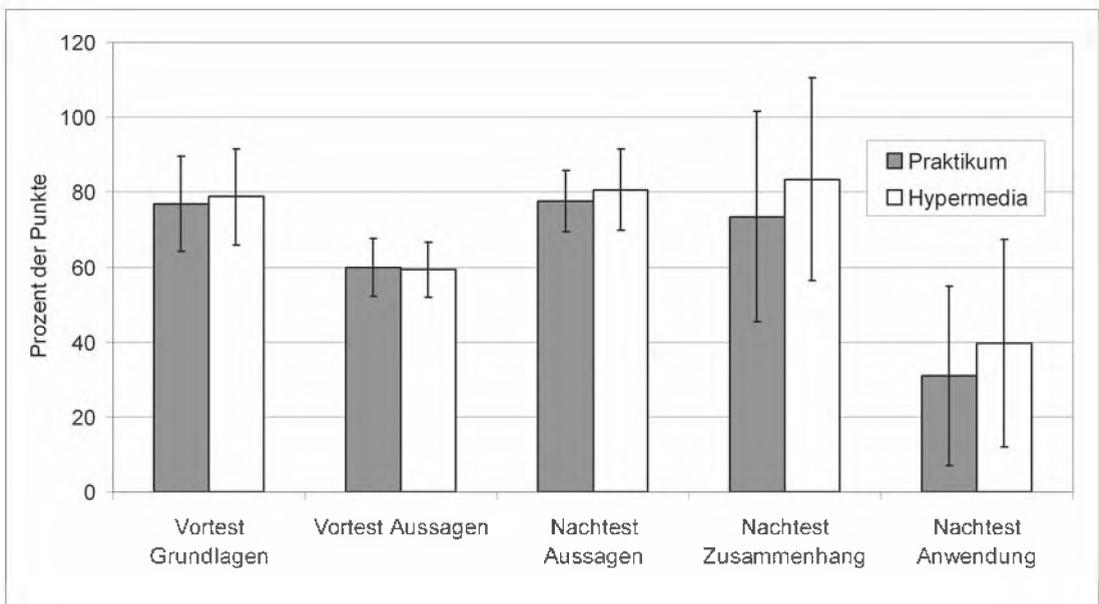


Abbildung 3: Mittlere Punktzahlen im Aufgabentest

sind. Der Lernzuwachs der beiden Gruppen ist damit gleich hoch.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Gruppe Hypermedia den Wahrheitsgehalt von Zusammenhängen gleich gut bewerten kann wie die Gruppe Praktikum (FF1). Auch bei der Formulierung und Anwendung von Zusammenhängen (auf spezifische Nachfrage) erzielen beide Gruppen gleich gute Resultate (FF2-3).

Auch die Auswertung der Concept Maps, auf die hier nicht eingegangen wurde, führt in beiden Gruppen zu sehr ähnlichen Ergebnissen. Damit kann man davon ausgehen, dass die hypermediale Lernumgebung die gleiche Lernwirksamkeit aufweist wie das Praktikum.

5 Vergleich der beiden Studien

Die erste Studie diente u.a. der Gewinnung von Ansätzen für eine Optimierung der hypermedialen Lernumgebung. Die Ergebnisse der zweiten Studie können daher auch als Evaluation der Veränderungen an der hypermedialen Lernumgebung interpretiert werden. Im Bereich des Praktikums sind, vergleichbare Lern-

gruppen vorausgesetzt, zwischen 2002 und 2003 keine Veränderungen zu erwarten.

In diesem Abschnitt werden die Resultate, die sich aus dem Aufgabentest beider Studien ergeben, gegenübergestellt. Zum Vergleich können hier die Tests herangezogen werden, die in beiden Studien identisch eingesetzt wurden: Im Rahmen des Aussagentests wurden in beiden Studien 42 identische Aussagen eingesetzt, sowohl im Vortest als auch im Nachtest. Die Offenen Aufgaben sind in beiden Studien identisch und werden jeweils im Nachtest eingesetzt.

Betrachtet man die Ergebnisse der Vortests, so ergeben sich in beiden Studien gleichwertige Ergebnisse³ (Abbildung 4).

Aussagentest

Für die Gruppe Hypermedia zeigt die Auswertung des Nachtests (Abbildung 4 Mitte), dass in der Studie 2003 signifikant bessere Resultate erzielt werden als in der Studie 2002. Die Probanden können 2003 besser vorgegebene Aussagen bewerten und Zusammenhänge auf spezifische Nachfrage formulieren und

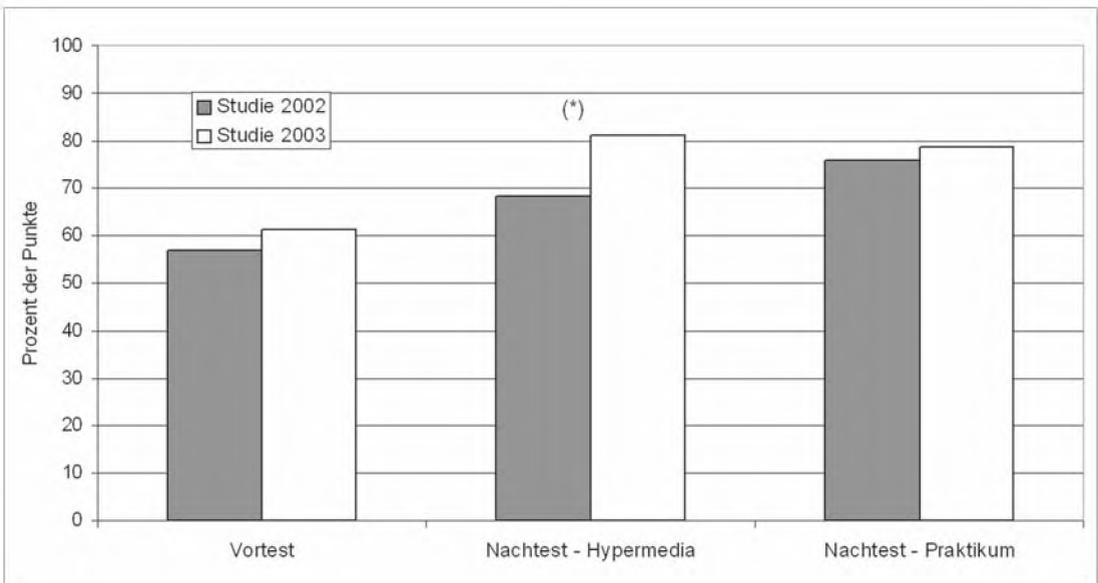


Abbildung 4: Mittlere Punktzahlen im Aussagentest

³ Im Vortest wird pro Studie über die beiden Gruppen gemittelt, da sie aufgrund der Gruppeneinteilung keine signifikant verschiedenen Punktzahlen aufweisen.

anwenden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die hypermediale Lernumgebung 2003 zu einem höheren Lernerfolg geführt hat als 2002. Die Änderungen an der hypermedialen Lernumgebung (Kürzung, Einführung von abgestuften Tipps ohne Musterlösung, Einführung des Glossars und Einbindung von neu entwickelten Animationen) haben also zu einer Optimierung der hypermedialen Lernumgebung beigetragen.

Die Gruppe Praktikum zeigt dagegen im Nachtest 2002 die gleichen Leistungen wie 2003 (Abbildung 4). Wie zu erwarten war, werden also für die Gruppe Praktikum bezüglich der Forschungsfragen 1–3 die Ergebnisse der Studie 2002 durch die Studie 2003 bestätigt.

Offene Aufgaben

Für die Gruppe Hypermedia ist 2003 eine Verbesserung gegenüber 2002 in beiden Testteilen zu erkennen (Abbildung 5 links). Der Unterschied ist für den Testteil Anwendung signifikant und für den Testteil Zusammenhang „fast“ signifikant (signifikant zu einem Signifikanzniveau von .07).

Die Gruppe Praktikum erzielt in beiden Studien die gleichen Ergebnisse, sowohl im Testteil

Zusammenhang als auch im Testteil Anwendung (Abbildung 5).

Zusammenfassend ergibt sich also, dass die Probanden 2002 und 2003 das gleiche Vorwissen haben. Die Gruppe Hypermedia jedoch im Nachtest 2003 signifikant bessere Ergebnisse zeigt als 2002. Die Gruppe Praktikum erzielt in den Nachtests 2002 und 2003, wie erwartet, die gleichen Ergebnisse.

6 Schlussfolgerung

Die Auswertung der Studie 2002 zeigt, dass die Gruppe Hypermedia im Mittel schlechtere Resultate erzielt als die Gruppe Praktikum. Die Lernwirksamkeit der hypermedialen Lernumgebung bleibt also zunächst hinter der des Praktikums zurück. Die Ergebnisse dieser ersten Studie konnten jedoch zur gezielten Optimierung der hypermedialen Lernumgebung genutzt werden: Die Gruppe Hypermedia erzielt im Rahmen der Studie 2003 den gleichen Lernerfolg wie die Gruppe Praktikum.

Mit der hypermedialen Lernumgebung wird demzufolge das zentrale Ziel der Physikausbildung von Studierenden der Medizin gleichermaßen erreicht wie mit dem Praktikum: Es wird bezüglich des inhaltspezifischen Wissens und

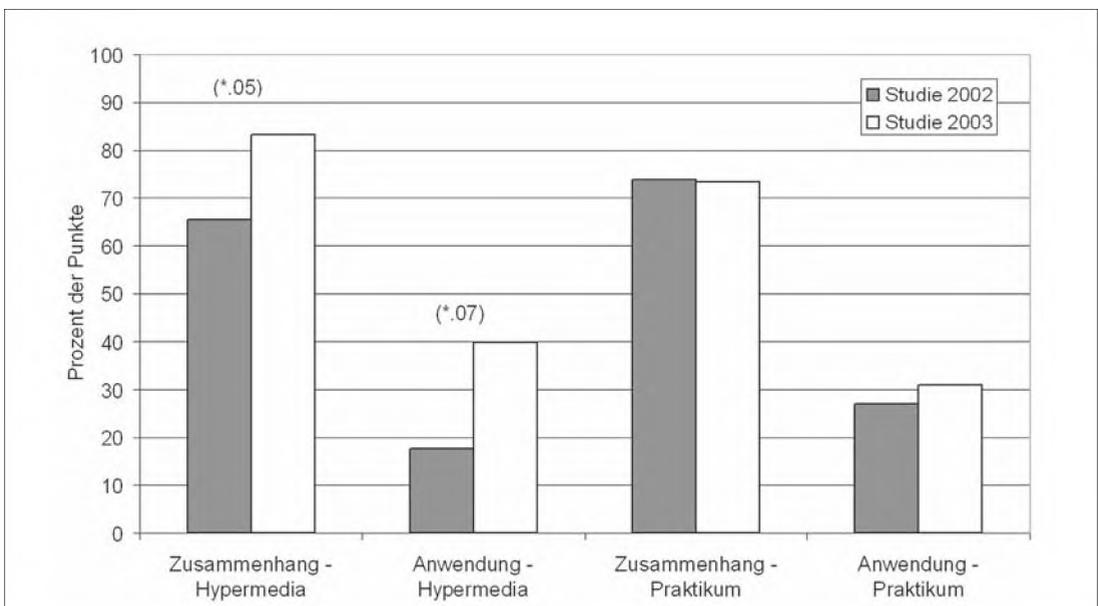


Abbildung 5: Offene Aufgaben im Nachtest

der Anwendungsfähigkeit der gleiche Lernzuwachs erreicht. Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass die hypermediale Lernumgebung eine mindestens gleichwertige Alternative zum Physikpraktikum für Studierende der Medizin darstellt.

Bisher gestaltete sich die Implementation des Praktikums, welches an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf entwickelt wurde, an anderen Universitäten aufgrund mangelnder finanzieller Mittel schwierig. Durch die hypermediale Lernumgebung wird die Übertragung des Praktikumskonzepts an andere Universitäten nun vereinfacht.

Auch die Übertragung auf andere Physikpraktika, die in der naturwissenschaftlichen Nebenfachausbildung eingesetzt werden, ist denkbar (z.B. Physikpraktikum für Studierende der Biologie). Gegebenenfalls ist dann eine Anpassung an die spezifischen Ziele vorzunehmen, wie z.B. die Einbettung der Inhalte in den entsprechenden Kontext.

Da die Evaluation der hypermedialen Lernumgebung hier im Rahmen einer Laborstudie durchgeführt wurde, konnte ihr Potenzial des flexiblen Einsatzes nicht ausgeschöpft werden: z.B. die Möglichkeit der flexiblen Wahl des Lernorts und der Lernzeit. Die positiven Ergebnisse der durchgeführten Studien können als Indiz dafür gesehen werden, dass die hypermediale Lernumgebung auch in solchen Einsatzszenarien zu einem hohen Lernerfolg führt. Dies wird durch erste Feldstudien bestätigt (Theyssen, 2003). Einige Szenarien werden bereits im Regelbetrieb mehrerer Universitäten, wie z.B. der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, eingesetzt. Dabei werden entweder bestimmte Praktikumsversuche verpflichtend durch die hypermediale Lernumgebung ersetzt oder für bestimmte Praktikumsversuche kann zwischen dem Realexperiment und der hypermedialen Lernumgebung gewählt werden.

Dank

Die hier vorgestellten Studien wurden vom Land NRW im Rahmen der Wirksamkeitsforschung gefördert. Durchgeführt wurden sie in Kooperation mit Elke Sumfleth (Institut für Didaktik der Chemie der Universität Duisburg-Essen) und Dieter Schumacher (Physikalische Grundpraktika der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf). Bei beiden möchten wir uns ganz herzlich für die vielfältige Unterstützung bedanken.

Literatur

- Baumert, J., Hg. (1998), Testaufgaben Mathematik TIMSS 7./8. Klasse (Population 2), Bd. 60 von Materialien aus der Bildungsforschung. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (<http://www.mpibberlin.mpg.de>).
- Blömeke, S. (2003), Lehren und Lernen mit neuen Medien – Forschungsstand und Forschungsperspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 31(1):58–82.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995), *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Clark, R. E. (1994), Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42(2):21–29.
- Diemer, U.; Baser, B. & Jodl, H. J. (1998), *Computer im Praktikum*. Heidelberg: Springer.
- Hüther, M. (2005), *Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze – Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*, Bd. 41 von Studien zum Physiklernen. Berlin: Logos.
- Kerres, M. (2001), *Multimediale und telemediale Lernumgebungen – Konzeption und Entwicklung*. München: Oldenbourg.
- Kirstein, J. (1999), *Interaktive Bildschirmexperimente; Technik und Didaktik einer neuartigen Methode zur multimedialen Abbildung physikalischer Experimente*. Dissertation, Technische Universität Berlin.
- Kummer, T. (2000), *Lernen mit Hypertexten im chemischen Kontext, Untersuchung von linearen und nicht-linearen Lernumgebungen zum Thema Seife*. Dissertation, Universität Essen.
- Leutner, D. (2002), *Adaptivität und Adaptierbarkeit multimedialer Lehr- und Informationssysteme*. In: Issing, L. J. & Klimsa, P., Hg., *Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet*, S. 115–125, Weinheim: Beltz.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998), *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

- Nerdel, C. & Precht, H. (2005), Using tasks to support learning with simulations in science education. Proceedings of ESERA 2005, Barcelona, 1482-1484.
- Neumann, K. (2004), Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker, Bd. 38 von Studien zum Physiklernen. Berlin: Logos.
- Priemer, B. & Schön, L.-H. (2004), "Copy and Paste": Text-Production of Lazy Learners or Smart Students? In Cantoni, L. & McLoughlin, C., Hg., Proceedings of ED MEDIA 2004, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications Lugano, Switzerland, S. 4380-4385, Norfolk: VA/USA: AACE
- Psillos, D. & Niedderer, H. (2002), Issues and Questions Regarding the Effectiveness of Labwork. In: Psillos, D. & Niedderer, H., Hg., Teaching and Learning in the Science Laboratory, S. 21-30, Dordrecht: Kluwer.
- Schulmeister, R. (2002), Grundlagen hypermedialer Systeme, Theorie - Didaktik - Design. München: Oldenbourg.
- Séré, M.-G. (2002), Towards Targeted Labwork. In: Psillos, D. & Niedderer, H., Hg., Teaching and Learning in the Science Laboratory, S. 255-259, Dordrecht: Kluwer.
- Tergan, S.-O. (2002), Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme und Perspektiven. In: Issing, L. J. & Klimsa, P., Hg., Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet, S. 99-112, Weinheim: Beltz.
- Theyßen, H. (2000), Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 9 von Studien zum Physiklernen. Berlin: Logos.
- Theyßen, H. (2002), Physik für Mediziner. Didaktisches Konzept und inhaltliche Umsetzung. In: Siebert, I., Hg., Kooperative Entwicklung einer hypermedialen Lernumgebung durch Universitätsbibliothek und Fachbereich, Bd. 36 von Schriften der Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf, S. 7-22, Düsseldorf: Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf (<http://sun.ub.uni-duesseldorf.de/festschriften/mm-projekt.pdf>).
- Theyßen, H. (2003), Multimediaeinsatz in der Mediziner- und Auszubildendenbildung. In: Pitton, A., Hg., Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie, S. 173-175, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Münster: Lit.
- Theyßen, H. (2005), Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 11: 57-72.
- Toothacker, W. S. (1983), A critical look at introductory laboratory instruction. American Journal of Physics, 51(6):516-520.
- Urhahne, D.; Prenzel, M.; von Davier, M.; Senkbeil, M. & Bleschke, M. (2000), Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6:157- 186.
- Welzel, M.; Haller, K.; Bandiera, M.; Hammelev, D.; Koumaras, P.; Niedderer, H.; Paulsen, A.; Robinault, K. & von Aufschnaiter, S. (1998), Teachers' Objectives For Labwork. Research Tool And Cross Country Results. In: Working Paper zum EU-Projekt Labwork in Science Education (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project 95-2005), 6.

Dr. Heike Theyßen ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Physikdidaktik, der Universität Bremen.

Heike Theyßen
Universität Bremen
Otto-Hahn-Alle 1
28334 Bremen

Monika Hüther war Doktorandin am Institut für Didaktik der Chemie der Universität Duisburg-Essen und absolviert derzeit ihr Referendariat für das Lehramt am Studienseminar Krefeld.

Monika Hüther
Karolingerstraße 36
40223 Düsseldorf