

Hypermedia contra Praktikum

Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit hypermedialer Lernumgebungen und konventioneller Praktika in der naturwissenschaftlichen Nebenfachausbildung

Die Untersuchung wird exemplarisch anhand der Physikausbildung von Studierenden der Medizin durchgeführt. Zum Vergleich stehen zwei Lernumgebungen „Physik für Mediziner“, die in den vergangenen Jahren entwickelt wurden und seither im Rahmen des Physikpraktikums an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf eingesetzt werden: ein Praktikum und eine hypermediale Lernumgebung. Verglichen wird die Lernwirksamkeit beider Lernumgebungen bezogen auf die Zielsetzung der Physikausbildung innerhalb des vorklinischen Medizinstudiums. Im Folgenden werden zunächst die beiden Lernumgebungen vorgestellt. Anschließend werden die aus der Zielsetzung abgeleiteten Forschungsfragen und die eingesetzten Untersuchungsmethoden beschrieben. Es folgt die Darstellung der beiden Studien, die 2002 und 2003 durchgeführt wurden, und der jeweiligen Ergebnisse. Aus den Ergebnissen der ersten Studie konnten Schlussfolgerungen zur Optimierung des Einsatzes der hypermedialen Lernumgebung gezogen werden, die sich in den Ergebnissen der Studie 2003 niederschlagen. Der Bericht endet mit einem Ausblick auf Konsequenzen, die aus den Untersuchungsergebnissen für die Mediziner Ausbildung gezogen werden können.

Die zwei Lernumgebungen

Die eine Lernumgebung ist ein innovatives adressatenspezifisches Physikpraktikum, welches durch sein didaktisches Konzept speziell an die Vorkenntnisse und Bedürfnisse von Studierenden der Medizin angepasst ist. Sämtliche im Praktikum behandelten physikalischen Inhalte sind medizinisch relevant und diese Relevanz wird durch das gesamte Praktikum hindurch transparent gemacht. Dies geschieht z.B. durch neu konzipierte Versuchsaufbauten, die durch den Aufbau selbst bereits den medizinischen Bezug aufzeigen. Je maximal zehn Zweiergruppen werden von zwei Tutoren betreut. Die Versuchsdurchführung geschieht anhand einer detaillierten Anleitung, in der neben technischen Anweisungen qualitative Fragen zur Interpretation von Beobachtungen und Messungen integriert sind. Die Antworten werden mit dem Partner diskutiert und schriftlich formuliert. Nach der Versuchsdurchführung findet die Nachbereitung der theoretischen Grundlagen anhand der vorliegenden Praktikumsanleitung statt. Dies geschieht in enger Anbindung an die experimentellen Erfahrungen. Außerdem werden während der Nachbereitung Aufgaben zur Anwendung der physikalischen Zusammenhänge bearbeitet. Im Gegensatz zu herkömmlichen Praktika findet die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen aus lerntheoretischen Gründen nicht in der Vorbereitung statt. Eine ausführliche Darstellung des Praktikums findet sich in (Theyßen, 2000).

Bei der zweiten Lernumgebung handelt es sich um eine hypermediale Lernumgebung. Diese stellt ein digitales Arbeitsbuch dar, das für den Benutzer mit einer persönlichen Kennung über das Internet zugänglich ist. Für die Benutzung sind nur sehr geringe Computerkenntnisse erforderlich; auch die Struktur der hypermedialen Lernumgebung ist so angelegt, dass die Navigation möglichst einfach ist. Didaktisch und inhaltlich ist sie nach dem gleichen Konzept konzipiert wie das Praktikum. Außerdem beinhaltet sie die Experimente des Praktikums in Form von Interaktiven Bildschirmexperimenten. Bei einem Interaktiven Bildschirmexperiment handelt es sich um ein fotografisch dokumentiertes

Realexperiment, das der Benutzer per Maussteuerung am Computer selbstständig durchführt und dabei fotografisch erfasste Reaktionen beobachtet (Details in (Kirstein, 1999)). Die hypermediale Lernumgebung beinhaltet komplette Praktikumsversuche (d.h. Versuchsdurchführung und Nachbereitung). Allerdings ist in diesem Fall die Bearbeitung der Experimente und der zugehörigen theoretischen Grundlagen zeitlich nicht getrennt, sondern eng verknüpft. Die hypermediale Lernumgebung enthält als zusätzliche Elemente zur Visualisierung Simulationen, Animationen und Videos, deren Einsatz als lernförderlich gilt (siehe z.B. (Hollstein, 2001)). Die Antworten auf die qualitativen Fragen und die Ergebnisse der Anwendungsaufgaben werden auch hier von den Studierenden formuliert und schriftlich in die vorgesehenen Eingabefelder eingetragen. Da die Studierenden persönlich angemeldet sind, werden diese Einträge personenbezogen gespeichert. So stehen den Studierenden ihre persönlichen Einträge jederzeit wieder zur Einsicht und Überarbeitung zur Verfügung. Zu sämtlichen Fragen und Aufgaben sind mehrstufige Tipps (bis hin zur Musterlösung) integriert, die auf Nachfrage von den Studierenden zur Lösung benutzt werden können. In (Theyßen, 2002) und unter <http://www.mmm-projekt.uni-duesseldorf.de> findet man weitere Details und auf der genannten Internetseite ist eine Demonstrationsversion der hypermedialen Lernumgebung einzusehen.

Im Folgenden wird eine Untersuchung vorgestellt, in der die hypermediale Lernumgebung im Vergleich zum Praktikum hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit evaluiert wird.

Forschungsfragen und Methoden

Was man unter der Lernwirksamkeit einer Lernumgebung versteht, orientiert sich an den mit dieser Lernumgebung verfolgten Zielen. Die Ziele des Physikpraktikums in der Mediziner Ausbildung wurden von Theyßen (2000) in einem zweistufigen Verfahren mit Fragebögen erhoben. Demnach ist das Hauptziel des Praktikums, dass die Studierenden der Medizin physikalische Inhalte und deren Anwendung lernen sollen, wohingegen das Erlernen experimenteller Fähigkeiten von untergeordneter Bedeutung ist.

Mit Rücksicht auf diese Zielsetzung wird die Lernwirksamkeit der beiden Lernumgebungen anhand der folgenden Fragestellungen überprüft:

1. Können physikalische Zusammenhänge...
... auf Richtigkeit bewertet werden?
... auf Nachfrage formuliert werden?
... angewendet werden?
... ohne Vorgaben formuliert werden?
2. Wie intensiv beschäftigen sich die Studierenden mit den physikalischen Inhalten?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wird eine Laborstudie exemplarisch an dem Themenbereich Gasesetze / Atmung (im Umfang eines Praktikumsstermines) durchgeführt. Die Probanden melden sich freiwillig zur Teilnahme an der Studie.

Beide Lernumgebungen haben das gleiche Konzept und beinhalten die gleichen theoretischen Grundlagen und Experimente (die hypermediale Lernumgebung verfügt zunächst in geringem Maße über zusätzlichen Inhalt). Außerdem wird die hypermediale Lernumgebung im Rahmen dieser Studie in einem praktikumsähnlichen Szenario eingesetzt: Lernzeit, -ort und -gruppe sind vorgegeben, ebenso die Partnerarbeit und die Betreuung durch Tutoren. In der Studie wird also praktisch nur das Lernmedium variiert.

Es werden drei verschiedene Interventionen betrachtet. Die erste Gruppe Probanden führt den realen Praktikumsversuch durch und bearbeitet anschließend die zugehörige Theorie anhand des Praktikumsskriptes (Gruppe Praktikum). Die zweite Gruppe führt den realen Praktikumsversuch durch und bearbeitet anschließend die zugehörige Theorie anhand der

hypermedialen Lernumgebung (Gruppe Gemischt). Die dritte Gruppe arbeitet die gesamte Zeit mit der hypermedialen Lernumgebung (Gruppe Hypermedia).

Die Datenerhebung geschieht durch Aufgabentests, Concept Maps und Prozessdaten. Die Probanden werden anhand des vor Beginn der Intervention durchgeführten Aufgabentests in die drei Gruppen eingeteilt, so dass die Gruppen in den Testergebnissen jeweils den gleichen Mittelwert und die gleiche Standardabweichung aufweisen.

2001 wurde eine Pilotstudie mit 17 Probanden durchgeführt, um den entwickelten Aufgabentest und den Einsatz der Concept Maps zu erproben.

Der entwickelte Aufgabentest besteht aus einem Aussagentest und offenen Aufgaben. Der Aussagentest enthält 64 Aussagen zu physikalischen Inhalten der Lernumgebungen, die von den Probanden bewertet werden müssen, ob sie wahr oder falsch sind. Der Aussagentest bleibt nach der Pilotstudie bis auf wenige Aussagen identisch.

Die offenen Aufgaben werden nach der Erprobung modifiziert und inhaltlich besser an die differenzierte Fragestellung angepasst: Es wird eine Reihe von aufeinander aufbauenden Aufgaben entwickelt, die abschließend die Umrechnung von Spirometer- in Körperbedingungen verlangt. Ein Teil dieser Aufgaben betrifft die Formulierung von physikalischen Zusammenhängen (Testteil Zusammenhang), ein anderer Teil die Anwendung der Zusammenhänge auf konkrete (physikalische oder medizinische) Situationen (Testteil Anwendung). Dadurch sind sowohl einfache als auch schwierige Teilaufgaben in den Test integriert und es wird die Anwendung der gelernten physikalischen Inhalte in einer typisch medizinischen Situation gefordert.

Der Aufgabentest wird als Vor- und Nachtest durchgeführt, um den Lernzuwachs der Probanden im Themenbereich Gasgesetze / Atmung zu messen.

Zusätzlich zu den Aufgabentests werden von den Probanden Concept Maps zu dem bearbeiteten Inhaltsbereich erstellt. In der Pilotstudie werden den Probanden im Vortest 20 Begriffe vorgegeben, die durch vollständige Sätze verknüpft werden sollen. Im Nachtest wird den Probanden das von ihnen im Vortest erstellte Concept Map wieder vorgelegt mit dem Arbeitsauftrag, neue Verknüpfungen hinzuzufügen bzw. für falsch befundene Verknüpfungen zu korrigieren. Die Pilotstudie zeigt, dass sich die Probanden im Vortest durch die vorgegebenen Begriffe stark dazu verleiten lassen, möglichst viele Verknüpfungen anzugeben, auch wenn ihnen die Bedeutung der Begriffe unbekannt ist. Das führt dazu, dass viele der Verknüpfungen trivial oder unsinnig sind. Im Nachtest wiederum fällt es den Probanden schwer, ihr in der Intervention erworbenes Wissen in die noch sehr unstrukturierten Concept Maps aus dem Vortest einzubringen. Deshalb wird der Einsatz der Concept Maps wie folgt modifiziert: Die Begriffe werden nicht mehr vorgegeben, so dass die Probanden selbstständig ihnen relevant erscheinende Begriffe auswählen und diese durch vollständige Sätze verknüpfen. Ohne die Vorgabe von Begriffen ist allerdings durch das geringe Vorwissen der Probanden der Einsatz im Vortest nicht sinnvoll. Deshalb wird nur im Nachtest ein Concept Map erstellt.

Zusätzlich zur summativen Erhebung des deskriptiven Wissens durch Aufgabentests und Concept Maps werden Prozessdaten zum Ablauf der Lernprozesse während der Intervention erhoben. Dies sind Praktikumskripte bzw. Logfiles von allen Probanden. Zusätzlich werden von einer zufällig ausgewählten Stichprobe an Probanden während der Intervention Videos aufgezeichnet.

Zur Bearbeitung der hypermedialen Lernumgebung sind sehr geringe Computerkenntnisse notwendig. Hauptsächlich sollte das Surfen im Internet geläufig sein. Der Computerfragebogen in der Pilotstudie ergibt, dass alle Probanden mindestens ab und zu im Internet surfen. Dies entspricht den vorhergehenden Erfahrungen mit Studierenden der Medizin. Um

die Probanden nicht mit einer Vielzahl von Fragebögen und Tests zu überlasten, wird deshalb der Computerfragebogen in der Hauptstudie ausgelassen.

Ein Semester nach der Studie wird mit den Probanden ein Follow-up-Test durchgeführt. Dieser besteht aus vier Multiple Select Aufgaben. Die Aufgaben bzw. Distraktoren sind sehr ähnlich zu den Aussagen im Aussagentest. Der Follow-up-Test wird im Zusammenhang mit dem inhaltlich aufbauenden Versuch zur Spirometrie im Rahmen des Physiologiepraktikums durchgeführt. Die Erhebung erfolgt unangekündigt und mit allen Studierenden des Jahrgangs, um eine gezielte Wiederholung des Themenbereichs anhand von Lehrbüchern und damit eine Egalisierung des Kenntnisstandes bei den drei verschiedenen Interventionsgruppen zu verhindern.

Studie 2002

An der Studie nehmen 51 Probanden teil. Bei der Auswertung der Aufgabentests wird pro Person die erreichte Punktzahl bestimmt und anschließend der Mittelwert über die Gruppe gebildet. Abb. 1 zeigt die Mittelwerte der Gruppen Hypermedia, Gemischt und Praktikum. Die Gruppen sind so eingeteilt, dass sie im Aussagen-Vortest gleich gut abschneiden. In den offenen Aufgaben erreichen alle drei Gruppen im Vortest unter fünf Prozent der möglichen Punktzahl (in der Abbildung nicht dargestellt), so dass dieser zur Gruppeneinteilung ungeeignet ist. Die Gruppe Praktikum schneidet im Nachtest tendenziell besser ab als die Gruppe Hypermedia. Eine statistische Analyse zeigt jedoch, dass der Unterschied nur für den Aussagentest und nur zwischen den Gruppen Hypermedia und Praktikum signifikant ist. Für die Gruppe Gemischt ergeben sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen.

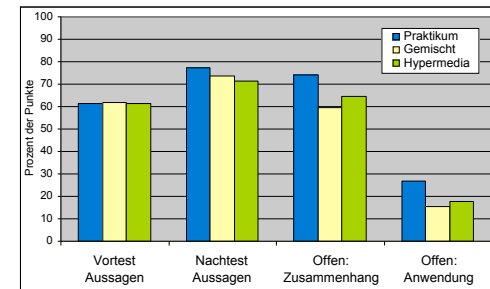


Abbildung 1: Ergebnisse des Aufgabentests 2002

Bei dem Multiple Select Test in der Follow-up-Erhebung schneiden alle drei Gruppen im Rahmen der statistischen Schwankungen gleich gut ab.

Die Videodaten und Logfiles werden bezüglich der Handlungen der Probanden während der Intervention kategoriengleitet ausgewertet (Details zur Auswertung von Videodaten in (Aufschnaiter und Welzel, 2001)). Dafür werden die Kategorien des EU-Projektes „Labwork in Science Education“ (Niederer et al., 1998) angepasst. Es werden folgende Kategorien unterschieden: Anweisung (Beschäftigung mit technischen Anweisungen zu Experimenten), Experiment / Messung (Durchführung von Experimenten, Routinemessungen, Abbau des Experiments), Messwertverarbeitung (Rechnungen zur Aufbereitung der Messwerte, Erstellung von Diagrammen usw.), Interpretation (Interpretation von Beobachtungen, Messergebnissen), Aufgaben (Rechnung von Anwendungsaufgaben) und Theorie (Beschäftigung mit den theoretischen Grundlagen). Bei der Kategorisierung wird alle 30 Sekunden

entschieden, mit welcher Handlung der jeweilige Proband überwiegend beschäftigt ist. Die Kategorien wurden durch zwei Interrater für 20% der analysierten Gesamtzeit auf ihre Trennschärfe überprüft. Es ergibt sich ein zufriedenstellender Übereinstimmungskoeffizient zwischen den beiden Interratern von $\kappa = .80$.

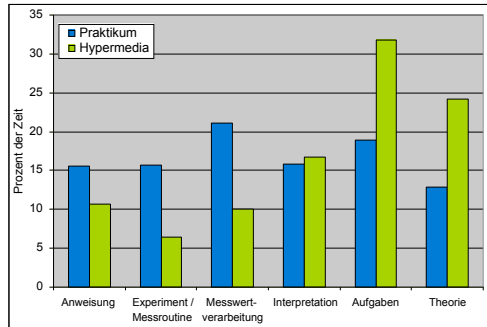


Abbildung 2: Verteilung der Handlungen

In der Gruppe Praktikum werden die Handlungen von vier und in der Gruppe Hypermedia von drei Probanden kategorisiert. In Abb. 2 sind die prozentualen Zeiteile aufgetragen, die im Mittel pro Gruppe auf eine Handlung entfallen. In der Gruppe Praktikum wird mehr Zeit mit Anweisungen, Experiment bzw. Messroutine und Messwertverarbeitung verbracht als in der Gruppe Hypermedia. Dazu ist anzumerken, dass die Kategorie Experiment / Messroutine überwiegend die routinemäßige Aufnahme von Messwerten umfasst, zu der z.B. auch längere Wartezeiten gehören, und nur sehr selten die Durchführung von qualitativen Experimenten beinhaltet. Die Gruppe Hypermedia dagegen nutzt die Zeit, die sie bei den wenig zum physikalischen Verständnis beitragenden Anweisungen und Routinetätigkeiten einspart, für die Beschäftigung mit Übungsaufgaben und die Bearbeitung der Theorie. Für die wünschenswerten Interpretationen verwenden beide Gruppen gleich viel Zeit.

Die Kategorisierung der Handlungen ermöglicht weiterhin das Erstellen eines Handlungsverlaufes, in dem der zeitliche Ablauf der Intervention dargestellt ist. Dazu wird auf der Abszisse die Zeit und auf der Ordinate die alle 30 Sekunden zugeordnete Handlung aufgetragen. Die Handlungsverläufe zeigen für die Gruppe Praktikum und die Gruppe Hypermedia jeweils charakteristische Strukturen mit deutlichen Unterschieden wie beispielhaft in den Abbildungen 3 und 4 zu erkennen ist. In der Gruppe Praktikum (Abb. 3) sind die ersten Stunden überwiegend durch Experimente gekennzeichnet. Dabei wechseln sich Aufbau-, Mess- und Auswertephase häufig ab. Die Messwertverarbeitung und die Interpretation der Ergebnisse folgt unmittelbar auf das durchgeführte Experiment. Abschließend werden der Theorieteil und die Anwendungsaufgaben bearbeitet. In der Gruppe Hypermedia (Abb. 4) ist im Unterschied dazu deutlich zu erkennen, dass in die Folge von Aufbau-, Mess- und Auswertephase die Bearbeitung der Theorie und der Anwendungsaufgaben mit eingebunden ist. Damit ist für die Probanden der Gruppe Hypermedia die Beschäftigung mit Theorie und Experiment zeitlich deutlich enger verknüpft als für die andere Gruppe. Die Theorie kann genau an den Stellen bearbeitet werden, an denen es inhaltlich und didaktisch sinnvoll ist. Zum Abschluss hat die Gruppe Hypermedia die Möglichkeit weitere Übungsaufgaben aus dem Tutorial zu lösen.

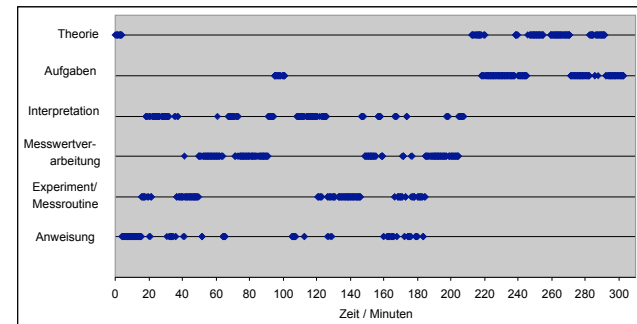


Abbildung 3: Typischer Handlungsverlauf für die Gruppe Praktikum

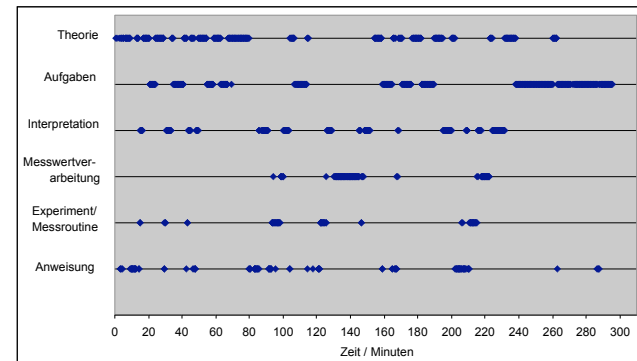


Abbildung 4: Typischer Handlungsverlauf für die Gruppe Hypermedia

Eine weitere qualitative Betrachtung der Prozessdaten ergibt, dass die Probanden der Gruppe Hypermedia auffallend weniger kommunizieren. Die Logfiles z.B. zeigen, dass die Probanden überwiegend die angebotenen Musterlösungen zu den Fragen und Aufgaben benutzen, anstatt mit ihren Partnern oder dem Tutor zu diskutieren. Außerdem kopieren sie häufig den Text der Musterlösung in die Eingabefelder, so dass die Antworten nicht eigenständig von ihnen formuliert werden. Die Auseinandersetzung mit den Inhalten findet in der Gruppe Hypermedia also weniger intensiv statt als in der Gruppe Praktikum. Weiterhin verwendet die Gruppe Hypermedia einen großen Teil der Zeit für die Bearbeitung des zusätzlichen Inhalts, der in der hypermedialen Lernumgebung enthalten ist, aber nicht im Praktikumsskript. Dieser Inhalt ist nicht Gegenstand der Tests.

Studie 2003

Die Erfahrungen und Ergebnisse der Studie 2002 werden genutzt, um für die Studie 2003 das Einsatzszenario der hypermedialen Lernumgebung in zwei Punkten zu optimieren:

- Die Musterlösungen werden ausgeschaltet und nur noch Tipps zu den Fragen und Aufgaben zur Verfügung gestellt. Das Kopieren der Musterlösung in das Antwortfeld ist damit nicht mehr möglich. Dadurch soll die Diskussion der Studierenden untereinander und die Nutzung der persönlichen Betreuung durch den Tutor verstärkt werden, um die Auseinandersetzung der Probanden mit den Inhalten zu intensivieren.
- Der zusätzliche Inhalt wird aus der hypermedialen Lernumgebung herausgenommen, um den Zeitaufwand für nicht abgetestete Inhalte zu reduzieren.

Darüber hinaus werden aus den Ergebnissen der Studie 2002 Konsequenzen für das Untersuchungsdesign gezogen: Für die Studie 2003 werden nur die Extremgruppen Hypermedia und Praktikum gebildet, um für diese Gruppen größere Probandenzahlen zu realisieren, die statistisch aussagekräftigere Ergebnisse erwarten lassen. Darüber hinaus werden die Testinstrumente weiter optimiert: Der Aussagetest wird für die Studie 2003 auf Basis einer Itemanalyse leicht verändert, wobei 70% der verwendeten Aussagen identisch bleiben. Die offenen Aufgaben sind in beiden Studien identisch. In der Studie 2002 erreichen die Probanden im Vortest sehr geringe Punktzahlen in den offenen Aufgaben. Deshalb werden die offenen Aufgaben in der Studie 2003 nur im Nachtest gestellt. Stattdessen wird in der Studie 2003 im Vortest zusätzlich ein Grundlagentest durchgeführt. Dieser beinhaltet Aufgaben zu mathematischen Grundkenntnissen, die zur Durchführung des Praktikums notwendig sind. Die meisten dieser Aufgaben (88%) sind aus dem Pool von Aufgaben ausgewählt, die in der TIMS-Studie der Population II bzw. III eingesetzt wurden. Sie sind also in diesem Zusammenhang bereits erprobt. Der Grundlagentest wird in die Gruppeneinteilung mit einbezogen und ermöglicht somit eine fundiertere Einteilung in homogene Gruppen.

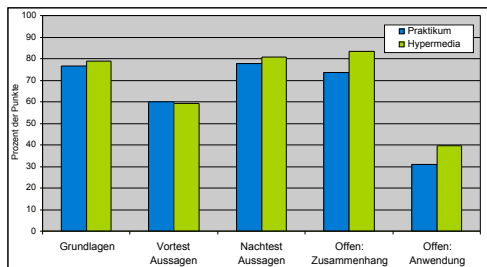


Abbildung 5: Ergebnisse des Aufgabentests 2003

An der Studie 2003 nehmen 56 Probanden teil. Betrachtet man die Testauswertung (siehe Abb. 5), so schneidet im Nachtest die Gruppe Hypermedia tendenziell besser ab (im Gegensatz zur Studie 2002). Keiner der Unterschiede ist jedoch signifikant.

Im Jahr 2003 bearbeiten zusätzlich zu den Probanden der Studie die restlichen 156 Studierenden der Medizin, die zum Physikpraktikum angemeldet sind, den Grundlagentest und den Aussagetest, und zwar vor Beginn des Praktikums. Die Ergebnisse zeigen nachträglich, dass die Studienteilnehmer eine repräsentative Gruppe aus der Gesamtgruppe an Studierenden der Medizin darstellen (siehe Abb. 6).

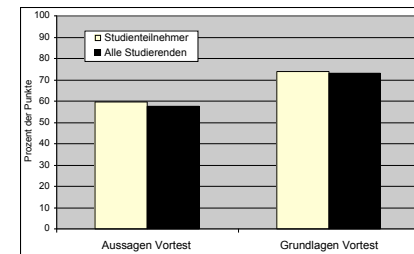


Abbildung 6: Vergleich der Ergebnisse des Vortests

Die Concept Maps werden mit Hilfe einer inhaltsbezogenen kategoriengeleiteten Analyse ausgewertet (für Details zur Auswertung von Concept Maps siehe (Fischler und Peuckert, 2000)). Hucke (1999) hat für eine solche Kategorisierung das gleiche Kategoriensystem verwendet, welches er für die Analyse der Verbalisierungen seiner Probanden während der Versuchsdurchführung entwickelt hat. Diese Kategorien können nicht wie geplant übernommen werden, da sich hier über 95% der in den Concept Maps formulierten Verknüpfungen auf den theoretischen Hintergrund, also die Physik, beziehen, während Hucke nur zwischen den drei Kategorien Messen, Aufbau und Physik unterscheidet. In dem vorliegenden Fall ist jedoch eine Unterscheidung der physikalischen Verknüpfungen interessant.

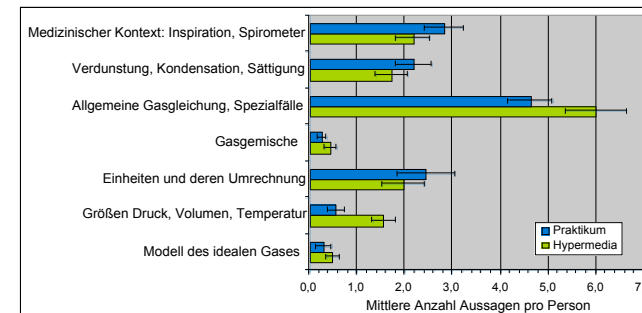


Abbildung 7: Inhaltsbezogene Kategorisierung der Concept Maps

Deshalb werden sämtliche von den Probanden als Verknüpfung von Begriffen formulierten Aussagen inhaltlich kategorisiert. Die sieben Inhaltsbereiche sind in Abbildung 7 an der Ordinate aufgelistet. Pro Gruppe (Hypermedia bzw. Praktikum) wird die Anzahl Aussagen pro Inhaltsbereich bestimmt. Der Mittelwert pro Gruppe, d.h. die durchschnittliche Anzahl Aussagen pro Person und Inhaltsbereich, ist in Abbildung 7 dargestellt. Zu „Allgemeine Gasgleichung und Spezialfälle“ nennt z.B. ein Proband der Gruppe Hypermedia im Mittel 6,5 Aussagen, wohingegen ein Proband der Gruppe Praktikum im Mittel nur 5,2 Aussagen nennt. In Abbildung 7 ist zusätzlich für jeden Mittelwert die absolute Messunsicherheit angegeben. Es ist zu erkennen, dass sich für die Inhaltsbereiche „Medizinischer Kontext“, „Gasgemische“, „Einheiten und deren Umrechnung“ und „Modell des idealen Gases“ die Fehlerbalken der Gruppen überschneiden, so dass die Unterschiede zwischen den Mittelwerten statistisch nicht aussagekräftig sind. Für die Inhaltsbereiche „Allgemeine

Gasgleichung und Spezialfälle“ und „Größen Druck, Volumen und Temperatur“ haben Probanden der Gruppe Hypermedia hingegen durchschnittlich mehr Aussagen genannt. In Abbildung 7 sind ausschließlich solche Aussagen berücksichtigt, die von Experten als fachlich richtig und nicht trivial erachtet werden. Betrachtet man pro Inhaltsbereich nur die falschen und trivialen Aussagen, so findet man in deren durchschnittlicher Anzahl praktisch keinen Unterschied zwischen den Gruppen.

Für eine differenziertere Analyse werden zunächst sämtliche Aussagen so bearbeitet, dass die individuell von den Probanden gewählten Formulierungen vereinheitlicht werden. Diese Liste von vereinheitlichten Aussagen wird inhaltlich in Unterkategorien aufgeteilt. Dies geschieht für jeden Inhaltsbereich einzeln. Die Vereinheitlichung der Aussagen und die Zuordnung zu den Unterkategorien wird mit Hilfe eines Interrating-Verfahrens überprüft.

Das Ergebnis dieses Verfahrens soll beispielhaft an dem Inhaltsbereich „Allgemeine Gasgleichung und Spezialfälle“ diskutiert werden. Betrachtet man die vereinheitlichten Aussagen dieses Inhaltsbereiches, so stellt man fest, dass in der Gruppe Hypermedia bis auf eine Ausnahme jede Aussage durchschnittlich mindestens genauso häufig genannt wird wie in der Gruppe Praktikum. So werden beispielsweise die Aussagen „Druck und Temperatur sind proportional bzw. linear.“ und „Die Allgemeine Gasgleichung lautet: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$.“ häufiger genannt. Der Grund für die häufigeren durchschnittlichen Nennungen in der Gruppe Hypermedia könnte an dem zusätzlichen Experiment zur isochoren Zustandsänderung und den zusätzlichen Übungsaufgaben zur Allgemeinen Gasgleichung liegen. Die Ausnahme bezieht sich auf technische Aussagen zu Experimenten. Diese wurden ausschließlich von Probanden der Gruppe Praktikum genannt. Solche technischen Aspekte sind allerdings nicht Lernziel des Praktikums.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass im Rahmen der statistischen Schwankungen die Concept Maps der Gruppe Hypermedia im Mittel in jedem Inhaltsbereich mindestens genauso viele Aussagen enthalten wie die der Gruppe Praktikum. Zu den für den Praktikumsversuch wesentlichen physikalischen Inhaltsbereichen werden von der Gruppe Hypermedia im Mittel deutlich mehr Aussagen formuliert als von der Gruppe Praktikum.

Vergleich der Aufgabentests 2002 und 2003

Der Vergleich der Aufgabentests der beiden Studien 2002 und 2003 zeigt die Auswirkungen der Maßnahmen zur Optimierung des Einsatzszenarios der hypermedialen Lernumgebung. Zum Vergleich werden alle offenen Aufgaben und alle solchen Aussagen des Aussagentests berücksichtigt, die in beiden Studien identisch sind (70%).

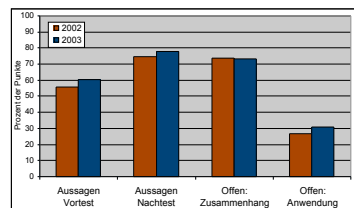


Abbildung 8: Vergleich der Studien 2002 und 2003 für die Gruppe Praktikum

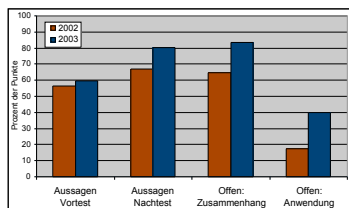


Abbildung 9: Vergleich der Studien 2002 und 2003 für die Gruppe Hypermedia

Im Aussagen-Vortest schneiden beide Gruppen in beiden Jahren gleich gut ab (Abb. 8 und 9). Die Studierenden haben also in beiden Studien das gleiche Vorwissen.

Die Gruppe Praktikum erzielt auch im Nachtest in allen Testteilen in beiden Studien die gleichen Ergebnisse (Abb. 8). Dies entspricht den Erwartungen, da die Lernumgebung Praktikum bereits im Zuge der vorangegangenen Praktikumsentwicklung über mehrere Zyklen optimiert worden war und zwischen den Studien nicht mehr verändert wurde. Die Gruppe Hypermedia schneidet in der Studie 2003 im Aussagen-Nachtest und im Testteil Anwendung hoch signifikant besser ab als das Jahr zuvor (Abb. 9). Im Testteil Zusammenhang ist der Unterschied gerade eben nicht signifikant.

Die Veränderungen am Einsatzszenario der hypermedialen Lernumgebung (Musterlösungen ausschalten, zusätzlichen Inhalt weglassen) haben also die erwartete Verbesserung der Ergebnisse der Gruppe Hypermedia im Aufgabentest bewirkt.

Zusammenfassung und Ausblick

Die dargestellte Laborstudie vergleicht die Lernwirksamkeit einer neu entwickelten hypermedialen Lernumgebung und des existierenden Praktikums beim Einsatz in der Physikausbildung von Studierenden der Medizin (exemplarisch anhand des Inhaltsbereiches Gasgesetze / Atmung). Die Gruppe Praktikum umfasst alle die Probanden, die die Versuche am Realexperiment durchführen und die theoretischen Grundlagen anhand des Praktikumskriptes nachbereiten. Die Gruppe Hypermedia besteht aus den Probanden, die sowohl Versuchsdurchführung als auch Erarbeitung der Theorie anhand der hypermedialen Lernumgebung vornehmen.

Das Einsatzszenario der hypermedialen Lernumgebung ist im Verlauf der beiden Studien 2002 und 2003 signifikant verbessert worden. Dies führt zu den folgenden Ergebnissen beim Vergleich der Lernwirksamkeit:

Durch Aufgabentests und Concept Maps wird die Fähigkeit der Probanden untersucht, physikalische Zusammenhänge zu bewerten, zu formulieren und anzuwenden:

- Im Aufgabentest (Aussagentest und offene Aufgaben) schneidet die Gruppe Hypermedia nach der Intervention tendenziell, jedoch nicht signifikant, besser ab als die Gruppe Praktikum.
- In den Concept Maps, die die Fähigkeit zur eigenständigen Formulierung physik- und medizinbezogener Zusammenhänge überprüfen, nennt die Gruppe Hypermedia im Mittel mehr richtige Aussagen als die Gruppe Praktikum. Der Unterschied zeigt sich gerade in den Inhaltsbereichen, die auf die zentralen Lernziele bezogen sind.

Betrachtet man die Prozessdaten, so erkennt man folgende Vorteile der hypermedialen Lernumgebung gegenüber dem Praktikum:

- Die Studierenden sparen Zeit bei wenig zum physikalischen Verständnis beitragenden Routinetätigkeiten, wie z.B. der Aufnahme von zahlreichen Messwerten, und verwenden diese Zeit für die Bearbeitung der physikalischen Grundlagen und der Übungsaufgaben. Diese Verschiebung der Beschäftigungszeiten ist wünschenswert, da das Hauptziel der Physikausbildung im Bereich der Nebenfachausbildung von Studierenden der Medizin das Verständnis physikalischer Zusammenhänge und deren Anwendung ist.
- Die hypermediale Lernumgebung führt zu einer engeren zeitlichen Verknüpfung von Theorie und Experiment. Die Theorie wird zu genau den Zeitpunkten bearbeitet, an denen es sinnvoll ist, und nicht wie im Praktikum getrennt von den Experimenten in der Nachbereitung.

Zusammenfassend vermittelt die hypermediale Lernumgebung die (medizinisch relevanten) physikalischen Inhalte mit dem gleichen Erfolg wie das Praktikum und bietet darüber hinaus

Vorteile bezüglich Zeiteinsparungen und engerer Verknüpfung von Theorie und Experiment. Damit stellt die hypermediale Lernumgebung eine gute Alternative zu dem Praktikum dar.

Da die hypermediale Lernumgebung über das Internet zugänglich ist, ist ihr Einsatz auch an anderen Hochschulen als der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf möglich. Gerade für solche Universitäten, die keine adressatenspezifischen Physikpraktika haben, ist diese Möglichkeit von hohem Interesse. Es kann ohne den Nachbau kostspieliger Geräte von den innovativen medizinbezogenen Experimenten in Düsseldorf und dem zugehörigen Konzept profitiert werden. Der Transfer der hypermedialen Lernumgebung wird bereits seit dem Wintersemester 2003/2004 an anderen Hochschulen erprobt. Die vorliegende Studie hat in besonderem Maße dazu beigetragen, diesen Transfer zu ermöglichen, da sie unter Lehrenden anderer Hochschulen die Akzeptanz für den Einsatz der hypermedialen Lernumgebung erhöht hat.

Auch in anderen Bereichen der naturwissenschaftlichen Nebenfachausbildung erscheint aufgrund der vorliegenden Ergebnisse der Einsatz einer entsprechenden hypermedialen Lernumgebung sinnvoll. Allerdings ist zu beachten, dass die dargestellte Untersuchung lediglich eine Aussage über die Lernwirksamkeit bezüglich des Verständnisses physikalischer Inhalte und deren Anwendung macht. Ist die Zielsetzung des entsprechenden Praktikums jedoch eine andere und stellt sie z.B. die Entwicklung experimenteller Fähigkeiten in den Vordergrund, so bleibt die Lernwirksamkeit der hypermedialen Lernumgebung bezüglich dieser Zielsetzung in einer entsprechend angelegten Untersuchung nachzuweisen.

Publikationen

Theyßen, H., Sumfleth, E. & Hüther, M. (2001). Hypermedia contra Praktikum. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Hrsg. von der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Berlin. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm-Verlag, 354-356.

Hüther, M. (2002). Educational Software versus Labwork – A Study in Physics Education of Medicine Students. In: Krnel, D. (Hrsg.). Proceedings of the Sixth ESERA (European Science Education Research Association) Summerschool. Ljubljana: Faculty of Education, University of Ljubljana, 151-156

Theyßen, H. (2002). Physik für Mediziner - Evaluation von Nutzung, Akzeptanz und Lernwirksamkeit. In: Siebert, I. (Hrsg.). Schriften der Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf, Band 34. Düsseldorf, 31-46. (<http://sun.ub.uni-duesseldorf.de/festschriften/mm-projekt.pdf>)

Theyßen, H., Sumfleth, E. & Hüther, M. (2004) Evaluation eines Multimediaeinsatzes in der Medizinerbildung. In: Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie. Hrsg. von der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Münster: LIT Verlag. (im Druck)

Theyßen, H., Hüther, M. (2004) Development, Evaluation and Distribution of a Hypermedia Learning Environment for Medical Students. In: Bernath, U., Szücs, A. (Hrsg.). Supporting the Learner in Distance Education and E-Learning. Proceedings of the 3rd EDEN (European Distance and E-Learning Network) Research Workshop. Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg. Oldenburg, 277-282

Hüther, M., Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze, Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin. Dissertation Universität Duisburg-Essen. (In Vorbereitung)

Vorträge und Posterpräsentationen

Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik in Dortmund. September 2001. Hypermedia contra Praktikum. (Poster)

DPG-Schule Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft im Physikzentrum Bad Honnef. April 2002. Praktikum und Multimedia. (Vortrag)

Ringvorlesung E-Learning in der Experimentalphysik an der TU-Berlin. Januar 2003. Hypermediale Lernumgebung - Physik für Mediziner. (Vortrag)

Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Augsburg. März 2003. Hypermedia contra Praktikum. (Vortrag)

Summerschool der European Science Education Research Association in Radovljica, Slowenien. August 2003. Hypermedia versus Scientific Labwork. (Vortrag)

Kongress der Gesellschaft für Fachdidaktik in Berlin. September 2003. Entwicklung, Einsatz und Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung. (Poster)

Foren für Studienreform der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. November 2003. Hypermedia contra Praktikum - Konzeption und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung in der naturwissenschaftlichen Nebenfachausbildung. (Vortrag)

Zweiter Workshop des Projektes Physik für Mediziner zur überregionalen Distribution der hypermedialen Lernumgebung (gefördert von der DFG). November 2003. Evaluation der hypermedialen Lernumgebung. (Vortrag)

Neujahrskolloquium des Fachbereichs Chemie der Universität Duisburg-Essen. Januar 2004. Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze. (Vortrag)

Third EDEN Research Workshop in Oldenburg des European Distance and E-Learning Network. März 2004. Development, Evaluation and Distribution of a Hypermedia Learning Environment for Medical Students. (Vortrag)

Projektpräsentationen bei Messen und Kongressen

Bildungsmesse 2002 in Köln (19.2.-23.2.2002) auf dem Gemeinschaftsstand der Universität Essen

eLearning Düsseldorf – Startschuss für die neue Bildung, Kongress der Digitalen Stadt Düsseldorf (31.1.2003)

Medica 2003 (19.11.-22.11.2003) in Düsseldorf auf dem Gemeinschaftsstand des Forschungslandes NRW

Bildungsmesse 2004 in Köln (9.2.-13.2.2004)

Literatur

Aufschnaiter, S. v. & Welzel, M. (Hrsg.) (2001). Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lern-Prozessen. Münster: Waxmann

Fischler, H. & Peuckert, J. (Hrsg.) (2000). Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Berlin: Logos.

Hollstein, A. (2001). Computerunterstütztes Lernen auf der Basis konstruktivistischer Lerntheorien am Beispiel der Einführung in das Kugelteilchenmodell. Dissertation, Essen 2001.

Hucke, L. (1999). Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Studien zum Physiklernen, Bd. 8, Berlin: Logos.

Kirstein, J. (1999). Interaktive Bildschirmexperimente. Technik und Didaktik einer neuartigen Methode zur multimedialen Abbildung physikalischer Experimente. Dissertation TU Berlin.

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.

Schumacher, D. & Theyßen, H. (1999). Entwicklung eines Physiologie-spezifischen Physikpraktikums für Studierende der Medizin. Physiologie: Forschung / Lehre / Öffentlichkeit, 13, 7-11.

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. Studien zum Physiklernen, Bd. 9, Berlin: Logos.

Theyßen, H. (2002). Physik für Mediziner. Didaktisches Konzept und inhaltliche Umsetzung. In: Irmgard Siebert (Hrsg.). Schriften der Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf, Band 34. Düsseldorf, 7-22.
(<http://sun.ub.uni-duesseldorf.de/festschriften/mm-projekt.pdf>)