



universität  
wien

# DISSERTATION

Titel der Dissertation

„eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum“

angestrebter akademischer Grad

Doktor der Naturwissenschaften (Dr.rer.nat)

Verfasser:	Mag. Clemens Christoph Nagel
Matrikelnummer:	0003603
Dissertationsgebiet (lt. Studienblatt):	Physik
Betreuer:	Ao. Univ. Prof. i.R. Dr. Helmut Kühnelt

Wien, im Juli 2009



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1. Lernen mit neuen Medien . . . . .	5
2.2. Didaktik und neue Medien . . . . .	7
2.2.1. Das Innovationspotential neuer Medien für die Hochschullehre . . . . .	7
2.2.2. Typen virtueller Lehre . . . . .	8
2.2.3. Zur Gestaltung multimedialer Lernumgebungen . . . . .	11
2.2.4. Blended Learning . . . . .	14
2.3. Das Physik-Grundpraktikum an Universitäten in Europa . . . . .	15
2.4. eLearning und Einsatz neuer Medien im Physik-Grundpraktikum . . . . .	19
<b>3. Das Projekt <i>eLearnPhysik</i></b>	<b>23</b>
3.1. eLearning in physikalischen Praktika der Fakultät für Physik . . . . .	25
3.2. Ziele des Projekts im Anfängerpraktikum . . . . .	31
3.2.1. Hardware- und Software-basiertes Entwicklungsziel . . . . .	32
3.2.2. Didaktisch-methodisches Entwicklungsziel . . . . .	33
<b>4. Forschungs- und Entwicklungsrahmen, Arbeitshypothesen</b>	<b>35</b>
<b>5. Entwicklung, Aufbau und Inhalte der eLearning-Umgebung</b>	<b>39</b>
5.1. Blended Learning Strategie . . . . .	39
5.2. eSkripten . . . . .	40
5.3. Internetseite und Webtools . . . . .	43
5.4. Entwicklungsschritte und Aufgabenteilung . . . . .	47
<b>6. Deskriptive Analyse der eLearning-Umgebung</b>	<b>49</b>
6.1. Evaluationsstrategie der deskriptiven Analyse . . . . .	49
6.2. Theoretischer Rahmen und Methodenbeschreibung . . . . .	51
6.2.1. Fragebogen <i>Pre</i> . . . . .	51
6.2.2. Narrative Interviews . . . . .	52
6.2.3. Aktionsforschungslogbücher . . . . .	53
6.2.4. Gruppengespräche . . . . .	56
6.2.5. Fragebogen <i>Post</i> . . . . .	57
6.2.6. Zugriffszähler . . . . .	58
6.3. Qualitätssicherung von Daten und Interpretation . . . . .	59
6.4. Ergebnisse des Fragebogens <i>Pre</i> - Beschreibung der untersuchten Gruppe . . . . .	60
6.4.1. Schulische Vorbildung . . . . .	61

6.4.2.	Fächerwahl und Motivation . . . . .	64
6.4.3.	Universitäre Vorbildung . . . . .	65
6.4.4.	Zusammenfassung und Resümee . . . . .	66
6.5.	Ergebnisse der narrativen Interviews . . . . .	67
6.5.1.	Falldarstellungen . . . . .	68
6.5.2.	Kategorie 1: Charakteristiken der eLearning - Umgebung . . . . .	69
6.5.3.	Kategorie 2: eLearner-Typologie . . . . .	81
6.5.4.	Kategorie 3: Persönliche Betreuung und Autoritätsverhältnisse . . . . .	92
6.6.	Ergebnisse der Aktionsforschungslogbücher . . . . .	96
6.6.1.	Rücklaufquote, Abdeckung, Qualität . . . . .	96
6.6.2.	Einteilung und Darstellung der Rückmeldungen . . . . .	97
6.6.3.	Diskussion und Interpretation von Kategorie 1 - <i>Inhaltliche Vorbereitung auf die Experimente</i> . . . . .	99
6.6.4.	Diskussion und Interpretation von Kategorie 2 - <i>Haben die Studierenden unterschiedliches Vorwissen?</i> . . . . .	100
6.6.5.	Diskussion und Interpretation von Kategorie 3 - <i>Konnte unterschiedliches Vorwissen ausgeglichen werden? Wodurch?</i> . . . . .	100
6.6.6.	Diskussion und Interpretation von Kategorie 4 - <i>Können die Studierenden besseres Verständnis physikalischer Konzepte entwickeln? Wodurch?</i> . . . . .	101
6.7.	Ergebnisse der Gruppengespräche . . . . .	102
6.7.1.	Themenbereich <i>eSkripten</i> . . . . .	102
6.7.2.	Themenbereich <i>Protokolle</i> . . . . .	103
6.7.3.	Themenbereich <i>Applets und Lernplattform</i> . . . . .	103
6.7.4.	Themenbereich <i>Betreuung und Organisation</i> . . . . .	103
6.7.5.	Themenbereich <i>Beurteilung</i> . . . . .	104
6.7.6.	Themenbereich <i>Softwareprobleme</i> . . . . .	104
6.7.7.	Interpretation und Zusammenfassung . . . . .	104
6.8.	Ergebnisse des Fragebogens <i>Post</i> . . . . .	105
6.8.1.	Rücklaufquote, Abdeckung, Qualität . . . . .	105
6.8.2.	Geschlossene Fragen . . . . .	106
6.8.3.	Selbsteinschätzung der Studierenden . . . . .	108
6.8.4.	Offene Fragen . . . . .	110
6.8.5.	Zusammenfassung und Resümee . . . . .	112
6.9.	Ergebnisse des Zugriffszählers der Internetseite . . . . .	113
6.10.	Resümee und Diskussion der Ergebnisse aller qualitativen Methoden . . . . .	115
<b>7.</b>	<b>Kriterienbasierte Evaluation</b> . . . . .	<b>119</b>
7.1.	Theoretischer Rahmen und Methodenbeschreibung . . . . .	119
7.1.1.	Evaluationskriterien . . . . .	120
7.1.2.	Evaluationsdesign . . . . .	122
7.1.3.	Pretest-Posttest-Setup . . . . .	122
7.1.4.	Kurzfragebogen . . . . .	124
7.2.	Qualitätssicherung im kriterienbasierten Evaluationsverfahren . . . . .	125
7.3.	Ergebnisse und Diskussion der kriterienbasierten Evaluation . . . . .	127
7.3.1.	Kriterium 1: Leistungssteigerung . . . . .	127

7.3.2. Kriterium 2: Passendes Angebot . . . . .	145
7.3.3. Kriterium 3: Ausreichende Nutzung . . . . .	146
7.3.4. Kriterium 4: Selbstorganisiertes Lernen . . . . .	150
<b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>151</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>158</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>159</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>161</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>167</b>
A.1. eSkript SW - Schwingungen und Wellen . . . . .	167
A.2. Pretest und Posttest aus der kriterienbasierten Evaluation . . . . .	198
A.3. Kurzfragebogen aus der kriterienbasierten Evaluation . . . . .	211



# 1. Einleitung

Das Ziel der vorliegenden Dissertation ist die Planung, Entwicklung, Implementation und Evaluation einer theoriegeleiteten didaktischen Innovation durch den nachhaltigen Einsatz von eLearning-Maßnahmen im physikalischen Anfängerpraktikum der Universität Wien. Die Kapitel 2 bis 5 stellen die Aufarbeitung und die Dokumentation der theoriegeleiteten Innovation dar. Kapitel 6 ist der erste empirische Teil, Kapitel 7.1 ist der 2. empirische Teil der vorliegenden Arbeit.

Das über viele Jahrzehnte gewachsene und geformte *physikalische Anfängerpraktikum* an der Fakultät für Physik der Universität Wien war und ist das, was man im Allgemeinen als ein *klassisches bzw. konventionelles Grundpraktikum* versteht. Studierende arbeiten in Zweiergruppen an einer wöchentlich-zyklischen Reihe von fest vorgegebenen Themenbereichen und Experimenten, auf die sie sich zuvor vorbereiten, und über die sie danach ein Protokoll erstellen. Die detaillierte Beschreibung der Praktika erfolgt in Kapitel 3.1.

An dieser grundlegenden Organisationsstruktur wurde nichts verändert und doch wurde eine eLearning-Strategie und die dazugehörige Lernumgebung geschaffen. Im Rahmen des Schwerpunktprojekts *eLearnPhysik* der Fakultät für Physik an der Universität Wien, welches im Kapitel 3 näher beschrieben wird, wurde im Einvernehmen mit der Praktikumsleitung und den beteiligten lehrbeauftragten Assistenten, Dozenten und Professoren ein Blended Learning Szenario festgelegt und umgesetzt, welches von den Beteiligten unterstützt und mitgetragen wurde. Die 1-wöchigen Vorbereitungszeiten für die Praktikumsurse wurden in eLearning-Phasen transferiert und die Kurstage selbst blieben, was sie auch vorher waren, Präsenzphasen mit hoher Betreuungsdichte (ca. 8:1 im Verhältnis Studierende zu wissenschaftlichem Personal). Da die Lernumgebung, die in erster Linie der qualitätvollen Vorbereitung dienen soll, contentorientiert aufgebaut und schnell und einfach für alle Studierenden erreichbar sein sollte, fiel die Entscheidung auf eine sinngemäße Erweiterung der bestehenden Homepage. Diese Entscheidung fiel aus mehreren Überlegungen. Einerseits existieren bereits zahlreiche Ansätze zur Integration neuer Medien in physikalische Grundpraktika (siehe Erläuterungen in Kapitel 2.4) und gerade die contentbasierten Strategien, die auf den konventionellen Organisationsstrukturen aufbauen, sind noch nicht tiefgreifend untersucht worden. Andererseits galt es, potentiellen Innovationsbarrieren vorzubeugen, indem pragmatische Überlegungen zu einer realistischen und umsetzbaren Entwicklungsperspektive führten, was ebenfalls im referenzierten Kapitel geschildert wird.

Bei der theoriegeleiteten Entwicklung der eLearning-Umgebung und der Vorbereitungsunterlagen wurde auf Überlegungen zur *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, sowie zahlreicher allgemeindidaktischer Forschungserkenntnisse zu *Lernen mit neuen Medien* Rücksicht genommen. Besonders hinsichtlich Gestaltung und Lernorganisation wurde auf die

Motivationslage der Studierenden Rücksicht genommen. Basierend auf der Motivationstheorie nach Ryan und Deci (1985) wird den Studierenden größtmögliche Autonomie in der Wahl ihrer Lerninhalte und Hilfsmittel gegeben, um letztlich durch eine gute Vorbereitung im Praktikum das Erleben von Kompetenz und Wirksamkeit zu fördern. Diese theoriegeleitete Entwicklung wird in Kapitel 2 ausführlich beschrieben.

Die Dissertation hat den Grundcharakter einer sehr umfangreichen Aktionsforschungsstudie (vgl. Altrichter & Posch, 2007), denn der Entwickler der eLearning-Unterlagen ist gleichzeitig (zum Teil auch) Lehrender und Evaluator. Zentrales Anliegen der vorliegenden Arbeit ist die Dokumentation der Entwicklung, Implementation und Evaluation der beschriebenen eLearning-Strategie im physikalischen Anfängerpraktikum der Universität Wien und in zweiter Linie eine Dokumentation der sich aus dieser Fallstudie ableitenden allgemeinen Hypothesen für den Einsatz von eLearning im betreffenden Blended Learning Szenario. Der Forschungs- und Entwicklungsrahmen wird in Kapitel 4 erläutert.

Die entwickelten Vorbereitungsmaterialien und ihre Implementierung als eLearning- Umgebung für das Praktikum werden zuerst in einer kleineren Lehrveranstaltung (*Vorpraktikum für das Lehramt*) als Prototyp getestet und evaluiert. Das Interesse dieser, als hypothesengenerierende Vorstudie angelegten, deskriptiven Analyse der eLearning-Umgebung liegt einerseits auf der Erstellung eines Klassifikationsschemas des Nutzungs- und Lernverhaltens der Studierenden in der neuen Lernumgebung mit Methoden der qualitativen Sozialforschung (qualitative Interviews und Fragebögen, teilnehmende Beobachtung, Inhaltsanalysen). Andererseits sollen darüber hinaus auch Hypothesen im Hinblick auf vertiefendes Verständnis physikalischer Konzepte und Arbeitsweisen, der Nutzung der eLearning-Materialien, Eignung der eLearning-Materialien und Charakteristiken des Lernprozesses in der Vorbereitung formuliert werden. Die detaillierte Beschreibung der Methoden und ihrer Auswertung erfolgt im Kapitel 6.

In einer zweiten Aktionsforschungsschleife wird aufbauend auf den Ergebnissen der deskriptiven Analyse eine kriterienbasierte Evaluationsstudie mit Methoden der quantitativen Sozialforschung durchgeführt. Diese hat zum Ziel, die Eignung der entwickelten eLearning-Umgebung entsprechend der an sie gestellten Anforderungen zu testen. Die Kriterien werden basierend auf den Ergebnissen (Hypothesen) der deskriptiven Evaluationsstudie und den Entwicklungszielen des Projekts eLearnPhysik im Anfängerpraktikum erstellt. Diese Kriterien sind (hier vorweggenommen):

- Die kognitiven und prozessorientierten Fertigkeiten der Studierenden sollen sich verbessern;
- das Angebot der eLearning-Umgebung soll von den Studierenden als hilfreich erachtet werden, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen;
- die Studierenden sollen das gesamte Angebot der eLearning-Umgebung mehrheitlich nutzen, um seinem Einsatz eine pragmatische Rechtfertigung zu geben und
- die Studierenden sollen die Vorbereitung (eLearning-Phase) als Phase selbstorganisierten Lernens erleben.

Die Ableitung und Argumentation der Kriterien erfolgt in Kapitel 7.1.1.

Zur Überprüfung dieser Evaluationskriterien wird ein Test- und Befragungsdesign entworfen, mit welchem ein Jahrgang Studierender des Lehramts Physik während der Absolvierung zweier aufeinanderfolgender Praktika begleitend untersucht wird. Test- und Befragungsdesign sehen ein Pretest-Posttest-Setup vor, mit dessen Hilfe auf eine kognitive und prozessorientierte Leistungssteigerung untersucht werden soll. Während der Praktika wird ein Kurzfragebogen eingesetzt, um die Studierenden zu den anderen drei Kriterien zu befragen. Die detaillierte Beschreibung der Methoden und ihrer Auswertung erfolgt im Kapitel 7.1.

Im der vorliegenden Arbeit werden bewusst geschlechtsneutrale Bezeichnungen oder Doppelbenennungen verwendet um die Gleichberechtigung beider Geschlechter zu unterstreichen. Alle allgemeinen Bezeichnungen, bei welchen aus stilistischen Beweggründen darauf verzichtet wurde, sind als geschlechtsneutral zu verstehen.



## 2. Grundlagen

### 2.1. Lernen mit neuen Medien

„Die Vermittlung von Wissensinhalten mithilfe von Medien gehört nicht erst seit der Verbreitung sogenannter „Neuer Medien“ zu den zentralen Elementen von Lehr/Lern-Prozessen. Schon seit Skinners programmiertem Unterricht sind Medien daher auch Gegenstand pädagogisch-psychologischen Forschungsinteresses, ein Interesse, das in der letzten Dekade angesichts der zunehmenden Verbreitung von Computern noch erheblich zugenommen hat. Im Mittelpunkt steht dabei in erster Linie die Frage der *Lerneffizienz* medialer Wissensvermittlung.“ (Brünken & Leutner, 2008, 551).

Allgemein versteht man unter Medien jede Art nichtpersonaler Informationsträger. Nach Weidenmann (2001) lassen sich Medien in 3 Dimensionen unterscheiden:

1. technische Basis
2. verwendetes Kodierungssystem
3. verwendete Modalität der Wissensvermittlung

*Neue Medien* sind solche, deren technologische Basis auf der digitalen Informationsverarbeitung liegt. *Multimedia* umfasst Medienverbundsysteme, die Informationen auf einer gemeinsamen technologischen Basis in unterschiedlichen Kodierungsformen und Modalitäten vermitteln. Eine besondere Art des multimedialen Lernens mit neuen Medien wird als *eLearning* bezeichnet.

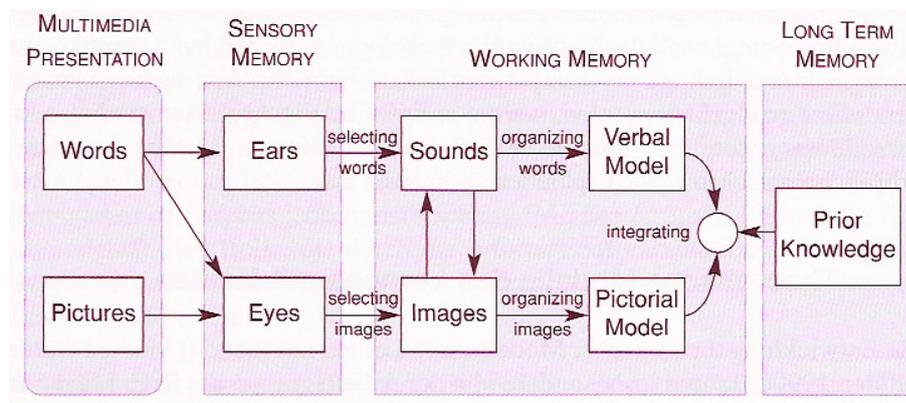
Unter *eLearning* (auch *E-learning*, englisch *electronic learning* - elektronisch unterstütztes Lernen), werden - nach einer Definition von Kerres (2001) - alle Formen von Lernen verstanden, bei denen digitale Medien für die Präsentation und Distribution von Lernmaterialien und/oder zur Unterstützung zwischenmenschlicher Kommunikation zum Einsatz kommen. Für eLearning finden sich als Synonyme auch Begriffe wie Online-Lernen, Telegen, Computer Based Training, multimediales Lernen, Open and Distance Learning, computergestütztes Lernen u. a.

#### **Cognitive Theory of Multimedia Learning**

Die Entwicklung theoretischer Modelle zum Lernen mit neuen Medien wurde seit den 1990er Jahren intensiv vorangetrieben. Brünken & Leutner (2008) nennen als angesehene Standardtheorie die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* von der Arbeitsgruppe um

R. E. Mayer an der University of California at Santa Barbara (Mayer, 2001), die auf einer Reihe kognitionspsychologischer Erkenntnisse insbesondere zur Psychologie der Informationsverarbeitung und der Gedächtnispsychologie basieren.

Ausgangspunkt von Mayers Theorie ist die Annahme, dass Lernen ein individuumsinterner und mehrschrittiger Prozess des Aufbaus mentaler Repräsentationen auf Basis externer Information ist (vgl. Wittrock, 1990). Hierbei spielt insbesondere die Kodierungsform der externalen Information eine wichtige Rolle. Paivio (1986) geht davon aus, dass die Verarbeitung external präsentierter analoger Repräsentationen (z.B. Wörter oder Zahlen) zu einer anderen mentalen Repräsentation führt, als als die Verarbeitung external präsentierter analoger Repräsentationen (z.B. Bilder, Diagramme), was als *duale Kodierung* bezeichnet wird. Abb. 2.1 zeigt ein Flußdiagramm zum Modell der Cognitive Theory of Multimedia Learning.



**Abbildung 2.1.:** Cognitive Theory of Multimedia Learning (nach Mayer, 2001, 44).

Eine duale Kodierung ist nach Schnotz & Bannert (1999) für den Lernprozess bedeutend, weil unterschiedliche mentale Repräsentationen auch unterschiedliche Nutzungseigenschaften aufweisen, welche Einfluss auf die Lerneffizienz haben. Diese mentalen Repräsentationen finden im Arbeitsgedächtnis statt und nicht im Langzeitgedächtnis und unterliegen dort spezifischen Rahmenbedingungen, wie etwa der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnis (Cognitive Load Theory, wird später im Text behandelt), oder die Modalitätsspezifität der Verarbeitung vor der Integration. Für den Prozess der Integration benötigt es noch die Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, wobei davon ausgegangen wird, dass diese in Form von sinnvollen komplexen Einheiten repräsentiert sind.

„Ziel erfolgreicher Lernprozesse ist es, neu zu lernende Informationen so aufzubereiten, dass sie in bereits vorhandene Strukturen integriert werden können. Der Lernprozess ist dabei umso erfolgreicher, je besser dies gelingt, sodass dem Vorwissen des Lernenden eine Schlüsselrolle zukommt.“ (Brünken & Leutner, 2008).

In diesem Ansatz gleicht die Cognitive Theory of Multimedia Learning der konstruktivistischen Lerntheorie (siehe Erläuterungen in Kapitel 2.3, Seite 18).

### Multimediaeffekt und Kohärenzbildung

Aus empirischen Studien zur beschriebenen Theorie ergeben sich interessante Konsequenzen, wie etwa der *Multimediaeffekt* nach Mayer (2001). Es ist vielfach belegt, dass duale

Informationspräsentation, z.B. in Form von Text-Bild-Kombination, die zu einer dualen mentalen Repräsentation führt, gegenüber einer singulären Informationspräsentation zu besseren Lerneffekten führt. Das spricht deutlich für eine multimediale Gestaltung effektiver Lernumgebungen mit Schwerpunkt auf dualer Informationspräsentation. Der Einsatz neuer Medien erweitert die Möglichkeiten von dualer hin zu multipler Informationsrepräsentation über die bloße Text-Bild-Kombination hinaus. Die Schwierigkeit nach Brünken & Leutner (2008) liegt hierbei jedoch darin, dass das lernende Individuum für einen effektiven Wissenserwerb einerseits die einzelnen Repräsentationen verstehen muss, aber andererseits auch deren Beziehungen untereinander auffinden und verstehen muss. Hier liegt eine weitere Chance für den Einsatz neuer Medien, da Bodemer, Plötzner, Feuerlein & Spada (2004) gezeigt haben, dass bei dynamisch verbundenen Repräsentationen, wie etwa interaktive multimediale Informationspräsentationen (sogenannte *Applets*, oder *interaktive Simulationen*, Anm.) durch Parametermanipulation in einer Repräsentation, die komplementären Änderungen auch in der anderen Repräsentation stattfinden. Ähnliches gilt nach Brünken & Leutner (2008) auch für dynamische Verknüpfungen von Informationsteilen zwischen Text und Bildern durch intratextuelle Hyperlinks und farbliche Verknüpfungen. Das spricht deutlich für eine wohlüberlegte Gestaltung der Funktionalitäten und multimedialen Informationspräsentationen in der zu entwickelnden Lernumgebung für das Anfängerpraktikum.

## 2.2. Didaktik und neue Medien

### 2.2.1. Das Innovationspotential neuer Medien für die Hochschullehre

Das didaktische Innovationspotential neuer Medien wurde vielfach diskutiert. Reinmann-Rothmeier (2003) beschreibt didaktische Innovationen in der Hochschullehre als Neuerung der Organisation, der Inhalte und/oder Methoden des Lehrens, die den vorangegangenen Zustand der Wissensvermittlung merklich verändert und als Konsequenz auch einen Wandel der intendierten Bildungs- und Lernprozesse bewirkt.

Der Einsatz neuer Medien in der Hochschullehre kann, muss aber nicht didaktische Innovationen mit einer gleichzeitigen Qualitätssteigerung der Lehre und des Lernens mit sich bringen. Nach Reinmann-Rothmeier (2003) eröffnet sich jedoch in drei Feldern großes Potential dafür:

- **Hypermediale Darstellung von Lehr/Lerninhalten mit neuen Medien**  
Neue Medien haben das Potential, höhere Anschaulichkeit, höhere Motivation und bessere Behaltenseffekte durch Integration verschiedener Repräsentationsformen auf Basis unterschiedlicher Informationspräsentationen zu erreichen. Darüber hinaus können sie zu einem flexibleren Wissenserwerb beitragen, wodurch verschiedenste Formen der Wissensaneignung ermöglicht werden. Sie helfen so beim Aufbau mentaler Modelle und für mehr Verständnis.

- **Selbstgesteuertes Lernen**

Neue Medien ermöglichen ort- und zeitunabhängigen Zugriff auf Inhalte, Kurse, Lernplattformen, etc. Sie eröffnen neue Möglichkeiten der Verteilung von Lehr/Lernprozessen (z.B. face-to-face, offline, online) und sie können als Voraussetzung informellem und lebensbegleitendem Lernen dienen.

- **Kooperatives Lernen**

Der Einsatz neuer Medien in der Hochschullehre eröffnet neue Kommunikations- und Kooperationsformen und damit neue Formen sozialen Lernens. Bei guter Selbstorganisation oder unter Anleitung bzw. Moderation kann dies zu hoher Effektivität führen. Die neuen Wege kooperativen Lernens bieten großen Spielraum für didaktische Kreativität.

### **Nachhaltigkeit und Effizienzfalle**

Eine Modifikation des Praktikums ist keine Innovation, wenn sie nicht nachhaltig ist. Nach Reinmann-Rothmeier (2003) können nachhaltige Veränderungen durch neue Medien in der Hochschullehre in zwei Formen in Erscheinung treten: *Top-Down*, also durch Innovationsmanagement der Hochschulleitung, oder - wie derzeit am meisten gefordert und betrieben - durch Implementation von didaktischen Innovationen mit neuen Medien in den regulären Lehrbetrieb, also *Bottom-Up*. Das bedeutet, dass aus Pilotprojekten reguläre Prozesse oder Strukturen folgen müssen. An Stelle von Pionieren und „Einzelkämpfern“ muss eine „kritische Masse“ an Lehrenden und Lernenden treten, welche die Lehr/Lernszenarien mit neuen Medien in den „Echtbetrieb“ der Lehre überführen und in den Hochschulalltag integrieren. Daher sollte jedes Projekt, das neue Medien in die Hochschullehre integrieren will, genau diese Schritte nicht außer Acht lassen und zu einem integralen Bestandteil der Aufgaben machen.

Reinmann-Rothmeier (2003) warnt weiters vor der sogenannten *Effizienzfalle*, der viele Projekte zum Opfer fallen, da es für sie lediglich eine Anschubfinanzierung gibt, nicht jedoch Dauerkosten eingeplant werden. Es ist in vielen Fällen ein Trugschluss, dass durch den Einsatz neuer Medien in der Hochschullehre eine Steigerung der (Lern-)Effektivität bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung (weniger Aufwand in Form von Personal- oder Sachkosten) erreicht werden kann.

Bei der nachhaltigen Implementierung didaktischer Innovationen mit neuem Medien kann es zudem noch weitere Barrieren geben. Auf diese wird in einem später folgenden Teil dieses Kapitels genauer eingegangen.

### **2.2.2. Typen virtueller Lehre**

Wie Reinmann-Rothmeier (2003) schon im Innovationspotential neuer Medien angedeutet hat, spannt sich im Dreieck virtuellen Lernens im Focus der Auseinandersetzung mit dem Lernobjekt ein Feld mit den 3 wichtigsten lernpsychologischen Faktoren für eLearning: *Kognition*, *Kommunikation* und *Kollaboration* (vgl. Schulmeister, 2004 und Abb. 2.2).



**Abbildung 2.2.:** Das didaktische Dreieck virtuellen Lernens (nach Schulmeister, 2004, 26).

Unter **Kognition** fasst Schulmeister (2004) die Denkprozesse, in denen sich die Lernenden mit dem Lernobjekt auseinandersetzen, zusammen. Ziel der Kognition ist die Konstruktion von Wissen (z.B. nach der oben beschriebenen Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer). Für die kognitive Entwicklung im Umgang mit dem Lernobjekt sind nach Schulmeister (2004) insbesondere 2 Qualitäten des Lernobjekts entscheidend:

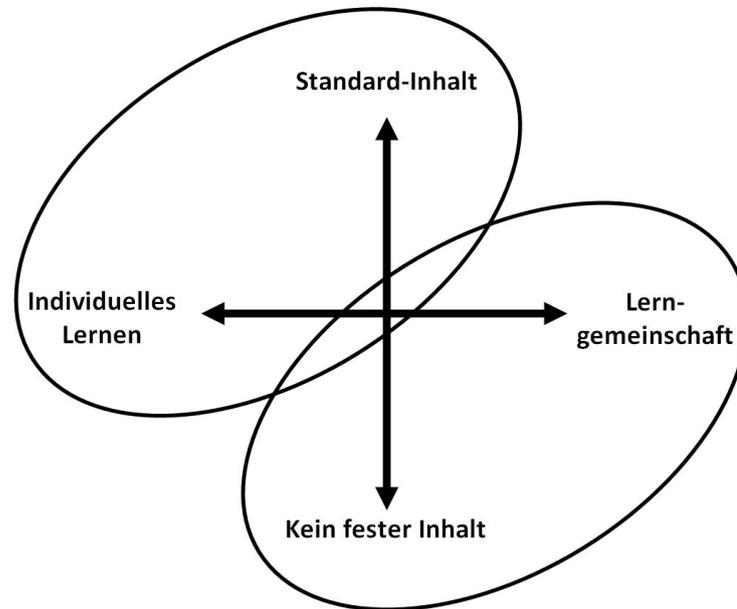
- Interaktivität des Lernobjekts
- Kontextualität des Lernobjektes

Die **Kommunikation** ist nach Schulmeister (2004) ein wesentlicher Bestandteil der Didaktik von eLearning, weil sie der für die Verständigung in der Wissenschaft wichtigen Konventionalisierung des Wissens dient.

Die **Kollaboration** von Individuen mit gemeinsamen Lernobjekten konstituiert Prozesse der Ko-Konstruktion von Wissen, die eine Verständigung über Konzepte und die Konventionalisierung des Wissens einschließen. „Die Konstruktion von Wissen und die Konventionalisierung von Wissen werden umso eher erreicht, wenn die Lernenden direkt miteinander an Lernobjekten kooperieren können.“ (Schulmeister, 2004, 27)

**Instruktionsdesign versus offene Lernumgebung?** Doch wie sollen oder können diese didaktischen Prinzipien umgesetzt werden? Viele bestehende Lehrveranstaltungen nehmen einen eindeutigen Platz im Spannungsfeld zwischen scheinbar zwei unterschiedlichen Paradigmen ein: *Instruktionsdesign* auf der einen Seite, das zielgerichtetes und an Effektivität orientiertes Lernen favorisiert, und *offenes Lernen*, welches das weite Spektrum der Bildungsziele abdeckt, die sich nur schwer in objektivierbare Lernziele fassen lassen (vgl. Issing, 1995). Abb. 2.3 gibt einen Überblick über das Spannungsfeld der unterschiedli-

chen Ansätze. Während Instruktionsdesign sich traditionell als individuelles Lernen von Standard-Inhalten definiert, steht demgegenüber ein Lernen in Gemeinschaft von mehr oder weniger offenen Inhaltsvorgaben. An beiden Enden des Kontinuums werden vollkommen unterschiedliche Fragen für die Didaktik aufgeworfen.



**Abbildung 2.3.:** Zwei Typen virtueller Lehre (nach Schulmeister, 2004, 25).

Es stellt sich die Frage, welche Form für das Lernen mit neuen Medien im Anfängerpraktikum geeigneter erscheint. Die Vermutung liegt nahe, dass für Novizen eine stärker strukturierte Lernumgebung geeigneter erscheint. Außerdem meinen Schnotz, Molz & Rinn (2004), dass der Anspruch des „Instruktionsdesign“ längst über seine behavioristischen, direktiven und auf Detailplanung bedachten Ursprünge hinausgewachsen ist, und ebenso wie die didaktische Tradition reformpädagogische Anstöße und konstruktivistische Konzepte in sich aufgenommen hat.

Es kann als Perspektive für die neue Lernumgebung des Anfängerpraktikums also festgehalten werden, dass eine eindeutige Positionierung der Lehrveranstaltung im Spannungsfeld offener und instruktionaler Lernumgebungen nicht notwendig ist, sondern vielmehr unterschiedliche Phasen auch verschiedene Grade der Offenheit und der Instruktion einnehmen können, ohne im Widerspruch zu einer Lerntheorie zu stehen. Die Organisation der neuen Lernumgebung sollte neben dem Kognitionsaspekt jedenfalls den Lernenden Kollaboration und Kommunikation über das Lernobjekt ermöglichen und auch fördern. Die Lernobjekte sollten interaktiv und kontextualisiert sein.

### 2.2.3. Zur Gestaltung multimedialer Lernumgebungen

#### Input- und Outputvariablen des Lernprozesses

Für die Gestaltung einer multimedialen Lernumgebung gilt es die Input- und Outputvariablen des Lernprozesses zu berücksichtigen, betrachtet man diesen als Prozess der individuellen Wissenskonstruktion (vgl. Schulmeister, 2004).

- *Inputvariablen:*

- Lernvoraussetzungen (Vorwissen) des/der Lernenden
- Lernstil des/der Lernenden
- Motivation des/der Lernenden
- Gestaltungseigenschaften des Lernobjekts
- Interventionen des/der Lehrenden
- Einflüsse der sozialen Kommunikation

- *Outputvariablen:*

- Lernprozess
- Lernerfolg

Die Variablen, die Lernende betreffen, müssen in der Gestaltung der neuen Lernumgebung Beachtung finden. Unterschiedliche Lernvoraussetzungen durch unterschiedliches Vorwissen der Studierenden darf nicht hinderlich für den Lernprozess sein, sondern es sollten Möglichkeiten des Ausgleichs geschaffen werden. Der Lernstil ist erfahrungsgemäß unterschiedlich in mehrerer Hinsicht, einerseits bezüglich der bevorzugten Modalitäten oder Repräsentationsformen und ihrer Kombinationen und andererseits bezüglich der individuellen und persönlichen Ziele des eigenen Lernhandelns (z.B. Erreichen von tieferes Verständnis erreichen, oder sich mit Reproduktionswissen begnügen, andererseits aber auch lediglich Erfolgsbedingungen für ein Zeugnis erfüllen). Auf diese unterschiedlichen Lernstile kann etwa durch Phasen offenerer Lernorganisation mit Elementen selbstgesteuerten Lernens eingegangen werden. Interventionen der Lehrenden werden kaum in der Konzeption der neuen Lernumgebung berücksichtigt werden können, da eine Vielzahl von Betreuern notwendig ist, die alle individuelles Verhalten zeigen. Einflüsse der sozialen Kommunikation sind ebenfalls kaum regulier- oder beeinflussbar, jedoch explizit erwünscht. Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt diskutiert, ist die Kollaboration und Kommunikation ein integraler Bestandteil einer guten Lernumgebung. Seitens der Lehrenden sollte kontinuierliches Feedback eine fixe Rolle in der neuen eLearning-Umgebung einnehmen.

Auf Outputvariablen wird in der vorliegenden Studie nur hinsichtlich des Lernerfolges detailliert eingegangen. Der Lernprozess wird nur indirekt untersucht.

Einige wichtige Inputvariablen sollen nun explizit diskutiert werden:

### **Motivation der Studierenden**

Ein zentrales Element für die Gestaltung der eLearning-Umgebung des Anfängerpraktikums wird die Motivation der Studierenden sein, da die Lehrveranstaltung von vielen Studierenden als eine „anstrengende Pflicht“ angesehen wird. Was das Design und den Aufbau der Lernumgebung betrifft, so stützen sich die Überlegungen auf die Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci und Ryan (1985). Diese besagt, dass die angeborene Tendenz zur Befriedigung von drei wesentlichen psychischen Grundbedürfnissen, um so persönliche Entwicklung und psychisches Wohlbefinden zu erreichen, wichtigstes Steuerungsinstrument für die Motivation ist: Das Erleben von Autonomie und Selbstbestimmung, von Kompetenz bzw. Wirksamkeit und von sozialer Eingebundenheit.

Die Motivation selbst lässt sich ausgehend von ihrer Entstehungsart beschreiben als *intrinsische* oder *extrinsische* Motivation. Intrinsisch motivierte Verhaltensweisen können als interessensbestimmte Handlungen definiert werden, deren Aufrechterhaltung keine vom Handlungsgeschehen separierbaren Konsequenzen erfordert, beispielsweise weder Drohungen noch Versprechungen. Intrinsische Motivation beinhaltet Neugierde, Exploration, Spontaneität und Interesse an unmittelbaren Gegebenheiten der Umwelt. Extrinsische Motivation wird dagegen in Verhaltensweisen sichtbar, die mit instrumenteller Absicht durchgeführt werden, um eine von der Handlung separierbare Konsequenz zu erlangen. Extrinsisch motivierte Verhaltensweisen treten in der Regel nicht spontan auf, sondern werden vielmehr durch Aufforderung in Gang gesetzt, deren Befolgung eine (positive) Bekräftigung erwarten lässt (Deci & Ryan, 1993).

Auf den ersten Blick lässt diese Theorie vermuten, dass das Erleben von Autonomie und Selbstbestimmung in einem extrinsisch motivierten Verhalten nicht möglich wäre. Nun sind aber zahlreichen empirischen Studien zufolge extrinsische und intrinsische Motivation keine Antagonisten, die sich gegenseitig ausschließen, sondern vielmehr ein Kontinuum. Entwicklungspsychologische Analysen machen es möglich, dieses Konzept aufzuschlüsseln und gleichzeitig zu klären, wann und auf welche Weise das extrinsisch motivierte Verhalten als selbstbestimmt gelten kann: Extrinsisch motivierte Verhaltensweisen können durch die Prozesse der Internalisation und Integration in selbstbestimmte Handlungen überführt werden. Internalisation ist der Prozess, durch den externale Werte in die internalen Regulationsprozesse einer Person übernommen werden. Integration ist der weitergehende Prozess, der die internalisierten Werte und Regulationsprinzipien dem individuellen Selbst eingliedert (nach Deci & Ryan, 1993).

Der zentrale Befund für den pädagogischen Kontext, der sich aus den zahlreichen Studien zu dieser Motivationstheorie ergeben hat, ist die Tatsache, dass sich selbstbestimmtes Lernen positiv auf die intrinsische Lernmotivation auswirkt und zu qualitativ hochwertigeren Lernergebnissen führt, wie etwa Grolnick & Ryan (1987) gezeigt haben. Die daraus abgeleiteten Ansätze für den Entwurf einer eLearning-Umgebung für das Anfängerpraktikum lassen sich wie folgt umlegen:

Die Motivation für Lernhandlungen im Zuge der Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten ist stark extrinsisch dominiert, da die Qualität der Vorbereitung durch die Betreuer zu

Beginn jedes Kurses im Gespräch kontrolliert wird und die Studierenden mit schlechteren Noten rechnen müssen, wenn sie auf eine ausreichende Vorbereitung verzichten. Daher müssen möglichst viele Elemente in die Vorbereitung eingebunden werden, die den Studierenden das Erfahren von selbstbestimmtem Lernen ermöglichen. Es existieren verschiedene Formen der Umsetzung von Selbstbestimmung im Lernprozess:

Allgemein wird der Begriff des selbstbestimmten Lernens so definiert, dass Lernende über die Ziele und Inhalte, über die Formen und Wege, Ergebnisse und Zeiten sowie die Orte ihres Lernens selbst entscheiden. Im vorliegenden Fall ist es den Lernenden jedoch nicht möglich Ziele und Inhalte selbst zu bestimmen. Wenn Lernende bei vorgegebenen Inhalten und Zielen ihr eigenes Lernen selbst steuern und Entscheidungen über die Art und Weise, Ort und Zeitpunkt ihrer Lernorganisation fällen, liegt *selbstorganisiertes Lernen* vor (vgl. Bannach, 2002).

### **Gestaltungseigenschaften der Lernobjekte**

Eine der zentralen Forderungen zur Gestaltung der Lernobjekte in multimedialen Lernumgebungen ist, wie schon im kognitionstheoretischen Kontext erwähnt, die Interaktivität. Schulmeister (2004) untermauert diese Tatsache mehrfach mit empirischen Belegen. Interaktivität ist die dynamische Vernetzung von Inhaltspräsentationen und die damit verbundenen Handlungsmöglichkeiten der lernenden Individuen an der Schnittstelle zur Hard- bzw. Software. Es erscheint daher zweckdienlich für die Lerneffizienz, solche interaktiven Elemente systematisch in die eLearning-Umgebung einzubauen.

Ein weiterer wichtiger Gestaltungsaspekt ist der sich aus der Cognitive Theory of Multimedia Learning ableitende Grundsatz des *learner-centered instructional design* nach Mayer (2001). Er besagt, dass nur solche Gestaltungsmerkmale lernfördernd sind, die in direktem Zusammenhang mit Prozessen des Wissenserwerbs stehen und solche, die in erster Linie dekorativen Charakter haben (etwa bestimmte grafische Elemente), wenig lernförderlich bis lernhinderlich sind. Unnötig überladene eLearning-Umgebungen können so den Lernprozess stören indem sie die Anforderungen an die Informationsverarbeitungskapazität der Studierenden zu hoch ansetzen.

Betreffend der Menge an Informationen ergibt sich aus der Frage des Zusammenhangs von Kapazitätsbelastung und Lerneffizienz eine weitere wichtige Theorie: Die *Cognitive Load Theory* von Sweller, van Merriënboer & Paas (1998). Die Cognitive Load Theory ist die Annahme begrenzter Verarbeitungskapazität im Arbeitsgedächtnis. Für einen erfolgreichen Lernprozess ist entscheidend, wie auf Seiten der Lernenden verfügbare Verarbeitungskapazität genutzt wird. Um dies beurteilen zu können werden im Rahmen der Theorie drei unterschiedliche Quellen kognitiver Ressourcenanforderung unterschieden:

1. *Intrinsic cognitive load* (intrinsische kognitive Belastung)

Das sind die zu lernenden Inhalte selbst, die sich hinsichtlich ihrer Komplexität unterscheiden können. Sie stehen in engem Zusammenhang mit dem vorhandenen Vorwissen der Lernenden.

2. *Extraneous cognitive load* (extrinsische kognitive Belastung)

Das ist die Art und Weise, wie die Lerninhalte präsentiert werden. Ein und der selbe Inhalt kann auf verschiedene Weise präsentiert werden und zu unterschiedlichen kognitiven Belastungen führen.

3. *Germane cognitive load* (lernbezogene kognitive Belastung)  
umfasst alle Prozesse der mentalen Repräsentation der zu lernenden Inhalte.

Die Theorie geht davon aus, dass die drei Quellen der kognitiven Belastungen in spezifischen Lernsituationen additiv zusammenwirken, jedoch nicht durchwegs in direkt proportionaler Beziehung zur Effizienz des Lernprozesses stehen. Während der *intrinsic load* als wenig beeinflussbare Variable gilt, so wirkt sich ein hoher *extraneous load* negativ auf die Lern-effektivität aus, hingegen der *germane load* positive Auswirkungen zeigt.

Daraus folgt für die Gestaltung von eLearning-Umgebungen, dass nicht auf Äußerlichkeiten oder die Komplexität von Darstellungen bzw. Inhaltspräsentationen geachtet werden soll, sondern auf eine gewisse Schlichtheit und Reduktion auf das Wesentliche.

### 2.2.4. Blended Learning

Der Praktiker, der versucht eine hochschuldidaktische Innovation mit Hilfe neuer Medien umzusetzen, steht vor einer hohen Anzahl von Anforderungen für die Gestaltung einer neuen eLearning-Umgebung seitens der Theorie. Kaum eine eLearning-Umgebung oder Strategie wird imstande sein derart vielfältige Ansätze zu integrieren. Ein Versuch, dies doch zu tun ist die Strategie des *Blended Learning*. Es bedeutet *vermischtes Lernen* und besitzt als eine Form des eLearnings nach Reinmann-Rothmeier (2003) die Integrationskraft verschiedenster Medien und Lernansätze. So gibt es die Möglichkeit für abgestimmte Phasen der Nutzung neuer und *alter* Medien, es werden sowohl Informationen vermittelt und damit eher rezeptives Lernen gefördert als auch Anregung zur aktiven Wissenskonstruktion -allein oder in Gruppen- gegeben und die Medienwahl kann situativ erfolgen. Der Blended-Learning-Ansatz nimmt für sich in Anspruch, an den Bedürfnissen und Voraussetzungen der Lernenden anzusetzen und von daher „anschlussfähige“ Informationen zur persönlichen Wissenskonstruktion zu bieten, gleichzeitig wird aber eine systematische Wissensvermittlung nicht verweigert. Es findet beim Blended Learning also nicht nur ein Medien- und Methoden-Mix statt, sondern es lässt sich auch die lerntheoretische Auffassung nicht eindeutig einem erkenntnistheoretischen Lager (z.B. Kognitivismus oder Konstruktivismus) zuordnen. Jede Theorie des Lernens und ihre Erkenntnisse können prinzipiell zur Anwendung kommen (vgl. Reinmann-Rothmeier, 2003).

Diese Integration lässt sich auf 3 verschiedenen Ebenen betrachten:

- **Normative Ebene (Theorie)**  
Blended Learning fördert die integrative Auffassung von Lernen und Lehren und schafft somit eine Balance zwischen Instruktion (Lehrendenzentrierung) und Konstruktion (Lernendenzentrierung) mit gemäßigt-konstruktivistischer Grundhaltung.
- **Strategische Ebene (Methoden)**  
Blended Learning ermöglicht die Kombination von selbstgesteuertem und angeleitetem Lernen, von rezeptiv-übendem und aktiv-explorierendem sowie von individuellem und kooperativem Lernen.

- **Operative Ebene (Medien)**

Auf der Medienebene eröffnet Blended Learning die Möglichkeiten für hybride Lernarrangements mit Face-to-Face, Online- und Offline-Elementen, sowie die Beachtung und Nutzung der methodischen Implikationen verschiedenster Medien.

Für die Entwicklung einer eLearning-Umgebung für das Anfängerpraktikum ist Blended Learning der geeignete Ausgangspunkt der Lernorganisation, da es eine geeignete Basis für die komplexen Anforderungen der Lehr/Lernsituation bietet.

Doch wie stellt sich die Ist-Situation der Anfängerpraktika in Europa dar? Wie wird dort gelernt? Welchen Stellenwert nimmt Lehre mit neuen Medien ein und gibt es bereits erprobte eLearning-Modelle? In den folgenden Kapiteln wird versucht auf diese Fragen geeignete Antworten zu geben.

## 2.3. Das Physik-Grundpraktikum an Universitäten in Europa

Physikalische Praktika sind seit vielen Jahrzehnten ein fester und unverrückbarer Bestandteil der universitären Physiklehre. Besonders in Europa genießen vor allem die Grundpraktika im Curriculum einen hohen Stellenwert, und das, obwohl mit der Einführung des Bachelorstudiums an vielen deutschsprachigen Standorten in den letzten Jahren eine Stundenreduktion im Zuge der Zuteilung von ECTS-Punkten stattgefunden hat. Zwischen 1996 und 1999 haben Forscherinnen und Forscher aus 6 europäischen Ländern in dem von der europäischen Union geförderten Projekt *Labwork in Science Education*<sup>1</sup> die praktische Arbeit im Physikunterricht an den Schulen und an der Universität eingehend untersucht und deutliche Befunde der Ist-Situation im europäischen Raum gestellt, die zum überwiegenden Teil heute ebenso noch gültig sind. Die Charakteristik der praktischen Arbeit im Physikstudium lässt sich nach Séré, Leach, Niedderer, Paulsen, Psillos, Tiberghien und Vincentini (1998) im Executive Summary, wie folgt, zusammenfassen: Das meist verbreitete Organisationsmuster ist die Kleingruppe, die an realen Objekten und Experimenten arbeitet und dabei einer sehr detaillierten Anleitung folgt. Offene Projektarbeit in Praktika ist selten, speziell in den Grundpraktika. Die Beurteilung der Studierenden orientiert sich zumeist an der Qualität ihrer Protokolle, in welchen diese beschreiben, wie sie die Experimente bearbeitet haben, welche Methoden sie eingesetzt haben, wie die Datenaufnahme und die Auswertung derselben durchgeführt wurde und wie die Ergebnisse diskutiert und interpretiert wurden. Ein weiteres Charakteristikum ist die Tatsache, dass die einführenden Vorlesungen und die Grundpraktika an den Universitäten zeitlich und inhaltlich nicht so eng aufeinander abgestimmt sind, wie dies etwa im Schulunterricht der Sekundarstufe 2 (vgl. Oberstufe in Österreich) der Fall ist. Dort wo computergestützte Anwendungen zum Einsatz kommen, dient der Computer in erster Linie der Datenerfassung und -verarbeitung

<sup>1</sup>Siehe Homepage <http://didaktik.physik.uni-bremen.de/niedderer/projects/labwork/sumlong.html>

und in den seltensten Fällen zur Simulation physikalischer Zusammenhänge.

Eine Analyse der üblichen Laboranleitungen durch Tiberghien, Veillard, Maréchal und Buty (1998) ergibt einen europäischen Überblick über die mit dem Praktikum verfolgten Ziele und wie deren Aufgaben aussehen: Die Ziele, die den Studierenden genannt werden, betreffen hauptsächlich den Erwerb von Fertigkeiten für das Bestimmen von Messgrößen. Sie sollen Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen bestimmen oder erkennen, indirekte Messgrößen ermitteln oder Beobachtungen mit Hilfe bekannter physikalischer Gesetze erklären.

Dieses Bild über die Laboranleitungen und deren Ausrichtung und Ziele deckt sich nur teilweise mit den Zielen, welche die Lehrenden mit ihren Grundpraktika verfolgen. Welzel et. al. (1998) dokumentieren in ihrer Studie 5 große Kategorien von Zielen, die aus der Sicht der Lehrenden mit den europäischen Anfängerpraktika erreicht werden sollen:

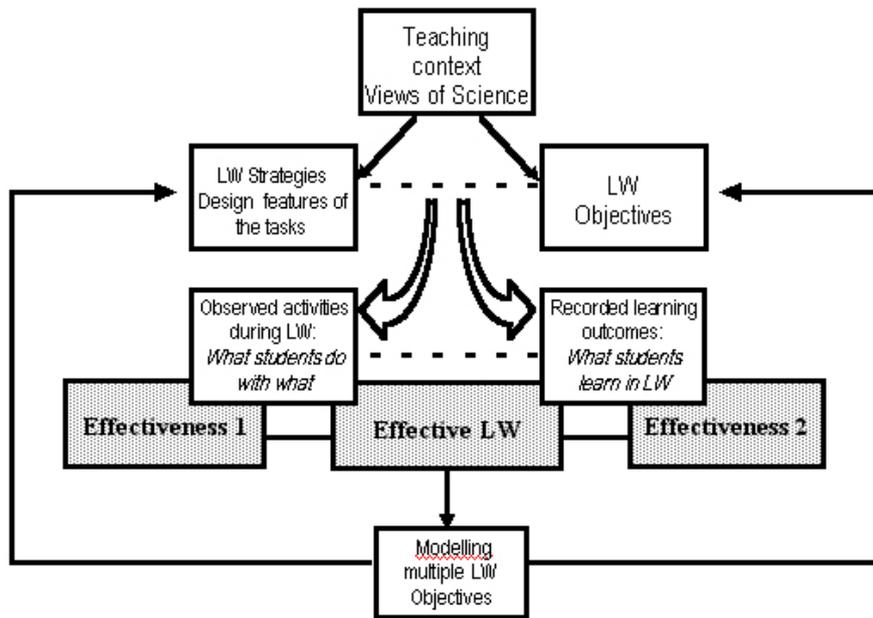
- Die Studierenden sollen Theorie und Praxis verbinden
- Die Studierenden sollen experimentelle Fertigkeiten erwerben
- Die Studierenden sollen Methoden wissenschaftlichen Denkens kennenlernen
- Die Studierenden sollen in ihrer Motivation, ihrer persönlichen Entwicklung und ihrer sozialen Kompetenz gefördert werden.
- Die Lehrenden sollen das Wissen der Studierenden evaluieren können.

In zahlreichen Fallstudien wurde der bislang beschriebene Archetyp des physikalischen Grundpraktikums bereits untersucht um die Effektivität dieser Lehrveranstaltungen zu messen. Dieses Unterfangen scheint schwierig, da doch gerade die Effektivität eine wohl nicht allgemein klar definierte Eigenschaft ist, sondern aus verschiedensten Aspekten betrachtet werden kann. Psillos, Niedderer und Séré (1998) beschreiben ein Doppelmodell der Effektivität von Praktika (siehe Abb 2.4).

Einerseits kann man die Effektivität eines Praktikums daran messen, ob die vorgegebenen Lernziele von den Studierenden erreicht wurden. Hierbei bedient man sich quantitativer und qualitativer Methoden, meist im Pretest-Posttest-Setup mit Tests, Fragebögen oder Interviews, oder aber Concept Maps sowie Analyse der Protokolle der Studierenden. Andererseits kann man auf der Ebene der Handlungen der Studierenden während des Praktikums die Verwendung (oder den Erwerb bzw. die Festigung) von konzept-, prozess- und erkenntnistheoretischem Wissen untersuchen. Hierbei wird, basierend auf der konstruktivistischen Lerntheorie davon ausgegangen, dass der Grund jeder Handlung auf dem Abrufen und Einbinden von Vorerfahrungen bzw. Vorwissen basiert und dass neues Wissen individuell konstruiert werden muss. Wird eine Handlung aufbauend auf einem komplexeren physikalischen Konstrukt indiziert, anstatt nur auf der Ebene eines Objekts oder einfacher Objektmanipulationen durchgeführt, so gilt dies als Lernerfolg.

Die Beziehung zwischen letzterem und dem Erreichen der Lernziele ist komplex und kann nicht durch einen simplen Kausalzusammenhang beschrieben werden. Nach Psillos et al. (1998) stellt gerade diese Tatsache eine typische Charakteristik von praktischer Arbeit in der Physiklehre dar. Daraus lässt sich ableiten, dass jede didaktische Neuentwicklung

und jede Untersuchung oder Evaluation in physikalischen Grundpraktika beide Seiten der Effektivität berücksichtigen sollte, um in ihrer Gesamtheit einerseits Rückschlüsse für die didaktischen Strategien von Praktika hinsichtlich spezieller Konstruktionsmerkmale von Aufgaben zu erhalten und andererseits Rückschlüsse auf die Lernziele von Praktika zu erhalten.



**Abbildung 2.4.:** Zweiseitiges Modell der Effektivität von naturwissenschaftlichen Praktika. Aus: Psillos et al. (1998). „LW“ steht für Labwork

In Hinblick auf Praktikumsorganisationen mit kleinen Gruppen (z.B. 2 Studierende pro Gruppe) streichen Psillos et al. (1998) heraus, dass die meiste Zeit damit verbracht wird, Messungen durchzuführen. Trotz des hohen Organisationsgrades der Praktika haben die Studierenden oft einen beachtlichen Anteil an Autonomie, was den Anleitungstexten, die ja explizit die Handlungen der Studierenden steuern und so das Erreichen von Zielen fördern können, eine große Bedeutung beimisst. Viele solcher anleitender Texte sind jedoch in einigen Wissensbereichen nach Psillos et al. (1998) „erschreckend implizit“. Fallstudien aus der Untersuchung haben überdies gezeigt, dass Studierende während des Praktikums in der Regel nur selten über die theoretischen Grundlagen nachdenken, die den Versuchen zugrunde liegen und in den Anleitungstexten dargeboten werden und davon Abstand nehmen, Verbindungen zwischen Objekten, Ereignissen, physikalischen Modellen oder Theorien herzustellen. Das führt nur zu einem Erlernen von Arbeitsregeln, nicht jedoch zu einem verbesserten Konzeptverständnis.

Das Praktikum der gegenständlichen Arbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien weist zahlreiche Parallelen zu den beschriebenen Charakteristiken auf und wird in einem nachfolgenden Kapitel beschrieben werden.

Das Gesamtbild des typischen europäischen Grund- oder Anfänger-Praktikums der Physik basiert historisch noch immer auf dem zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Deutschland entwickelten Praktikum (vgl. Neumann 2004). Besonders in den letzten beiden Jahrzehnten wurde aus verschiedensten Bereichen, sowohl der Fachwissenschaft als auch der Fachdidaktik, Kritik an dieser Organisationsform des Anfängerpraktikums laut. Zahlreiche Untersuchungen zeigen sowohl aus der Sicht der Lehrenden und Lernenden (vgl. Ruickholdt 1996), als auch aus der Sicht der empirischen Forschung (vgl. Haller, 1999), dass Ziele, die mit dem Praktikum verbunden werden, nicht erreicht werden können. Ist das Anfängerpraktikum in der Krise? Muss es in seiner didaktischen Konzeption von Grund auf überdacht werden oder in seinen Zielen und (Lehr/Lern-)Methoden auf den (technischen) Stand der heutigen Zeit gebracht werden? Liefert die systematische Integration neuer Medien in die Organisationsform der Praktika „den Schlüssel“ zum gewünschten Erfolg? Viele dieser Fragen sind im letzten Jahrzehnt aufgegriffen worden und man hat versucht, durch neue Ansätze und empirische Befunde Antworten zu finden.

Wie man am Effektivitätsmodell von Psillos et al. (1998) erkennen kann, orientiert sich Effektivität und ihre Messung letztlich immer an den Zielen bzw. an der Art der Ziele, die man sich oder den Studierenden setzt. Diese wiederum sind vom Lehrkontext (Curriculum, Lehrpläne, Übereinkünfte, Traditionen), aber auch von der wissenschaftlichen Sichtweise und von der Sichtweise der Lernenden abhängig.

Ein Weg ist sicherlich die völlige Neukonzipierung der Praktikumlernumgebung, wie sie Neumann (2004) an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf umgesetzt und evaluiert hat. Diese Lernumgebung hält sich an das konstruktivistische Lernmodell und leitet mittels Kursunterlagen die Studierenden zu bewusst kleinschrittigen Kognitionsprozessen ausgehend vom Objekt und hinführend zu komplexeren Zusammenhängen an. Die eigenständigen Praktikumsteile *Geräte* und *Methoden* stehen einem offenen Projektteil voran. Die Inhalte der Experimente stehen (bei den ersten beiden Teilen) nicht im Vordergrund und die Kursunterlagen sind nicht als Vorbereitung gedacht, sondern dienen der Arbeitsanleitung während des Praktikums. Im Teil *Geräte* dienen kleinschrittige Anleitungen der Förderung der eigenständigen Erarbeitung von Fertigkeiten bei der Anwendung verschiedenster Standardmessgeräte im Rahmen einfachster Versuchsanordnungen (z.B. Einsatz des Multimeters zur Strom- und Spannungsmessung). Der Teil *Methoden* dient dem Erlernen von physikalischen Laborarbeits- und Messmethoden, wie etwa AD-Wandler, Auswertung und Dokumentation von Ergebnissen. Erst dann findet der zeitlich wesentlich ausgedehntere Teil *Projekte* statt, in welchem die Studierenden sich selbst (komplexe) Untersuchungsaufgaben stellen (z.B. Erzeugung und Ausbreitung von Solitonen im Wasser) und von der Experimentkonzeption bis hin zur Durchführung, der Dokumentation und abschließenden Posterpräsentation - die eine Prüfung ersetzt, alles in Arbeitsgruppen selbständig durchführen.

Diese neue Art des Praktikums kann jedoch nur schwer mit dem klassischen Praktikum verglichen werden, da es sich von der Konzeption der Ziele allein schon stark unterscheidet.

Ein anderer Weg ist der Versuch einer Verbesserung der bestehenden Lernumgebung durch den Einsatz neuer Medien. Dies kann auf unterschiedlichste Weise geschehen, was meist von den technischen wie auch finanziellen Möglichkeiten sowie der Bereitschaft und dem Engagement der Praktikumsleitung oder des in die Organisation eingebundenen wissen-

schaftlichen Personals abhängt. Das führt zu ganz unterschiedlichen Ausgangssituationen innerhalb des konventionellen Praktikumskonzepts, auf die im folgenden Kapitel näher eingegangen wird.

## 2.4. eLearning und Einsatz neuer Medien im Physik-Grundpraktikum

Eine besondere Bedeutung im physikalischen Praktikum kommt in den letzten 15 Jahren der computergestützten Arbeit zu. Wie Diemer, Basler & Jodl (1999) schon vor einem Jahrzehnt feststellten, hat der Computer nur sehr langsam Einzug gehalten in die Anfängerlehre in den Praktika der Universitäten, während er im Alltag der Forscherinnen und Forscher bereits ein integrales Element für die Datenerfassung und -verarbeitung, sowie für die Vernetzung und Kommunikation war. Sie forderten damals den flächendeckenden und systematischen Einsatz von computergestützten Experimenten im Grundpraktikum deutschsprachiger Universitäten und lieferten ein umfangreiches Kompendium an Beispielen für den Einsatz im Praktikum. Auch an der Universität Wien begann das Zeitalter des systematischen und breitgefächerten Computereinsatzes als Mess-, Auswerte- und Simulationsgerät erst 2003 (siehe Nagel, 2005). Doch was bewirkt man mit der Implementation von computergestütztem Experimentieren in ein klassisches Praktikum außer einer Erweiterung und Verschiebung der prozessorientierten (und bestenfalls auch der affektiven) Ziele?

Es gibt mehrere Möglichkeiten, neue Medien im Rahmen universitärer Grundpraktika einzusetzen:

- Organisation  
Z.B. um auf einer Internetseite die Beispielerteilung, Stundenpläne und Praktikumsorte, Ziele und Beurteilungskriterien etc. zu veröffentlichen.
- Messtechnik  
Z.B. Unterstützung des Messprozesses durch den Einsatz (mobiler) Datalogger, verschiedenster Sensoren und geeigneter Messwerterfassungssoftware.
- Auswertung  
Z.B. Ein Angebot an Computern inklusive geeigneter Auswertesoftware zur freien Nutzung durch die Studierenden im Praktikum
- ergänzende Tools  
Z.B. Einsatz des Computers bei Modellbildungsprozessen oder Einsatz von Web-Tools wie Applets, Simulationen, Videos etc.
- Kommunikation und Kollaboration  
Z.B. durch Verwendung einer Lernplattform oder eines Wiki kann der Studierenden-gruppe eine personalisierte Kommunikationsumgebung zur Verfügung gestellt werden

- Ersatz des Präsenz-Praktikums  
Z.B. durch geeignete Einbindung virtueller Experimente (wie etwa interaktive Bildschirmexperimente) in personalisierte Lernumgebungen, die ein Präsenzpraktikum vollständig ersetzen können.

Dass alleine der Computereinsatz bzw. der Einsatz neuer Medien in Anfängerpraktika keine didaktische Innovation hervorbringen muss, steht wohl außer Frage. Jedoch wurden z.B. von Psillos et al. (1998) in zahlreichen Fallstudien positive Effekte durch den Einsatz neuer Medien dokumentiert: Die Erstellung von Grafiken und Diagrammen in Echtzeit etwa, ermöglichen Studierenden eine effektivere Verknüpfung von Phänomenen und ihrer graphischen Darstellung. Darüber hinaus kann der Einsatz von Simulationen oder Videos während der Praktikumseinheit einen gewünschten Konzeptwechsel unterstützen, ebenso wie interaktive Computersimulationen (z.B. Applets), welche die Studierenden zum Nachdenken anregen. Es existieren hierzu eine Reihe von Studien, die verschiedenste Konzepte und Strategien für den Einsatz neuer Medien im Physikpraktikum evaluieren. Die 2 Aspekte des Effektivitätsmodells (vgl. Abb. 2.4, Seite 17) von Psillos et al. (1998) scheint sich hier mehrfach zu bestätigen, da in den folgenden Beispielen immer wieder beide Effektivitätsansätze untersucht werden und oftmals unterschiedliche Resultate liefern.

So zeigt etwa Sander (2000) in einer empirischen Untersuchung zum Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum, dass diese zwar zur sprachlichen Auseinandersetzung mit dem physikalischen Phänomen in zeitlich relevantem Rahmen beiträgt, jedoch hinsichtlich des erwarteten Lerneffekts oder der direkten Verknüpfung von Theorie und Experiment nicht die gewünschte Verbesserung bringt.

Hucke (2000) zeigt, dass die Handlungsregulation der Studierenden durch den Einsatz des Computers zur Messwerterfassung nicht häufiger auf der abstrakten kognitiven Ebene stattfindet als im traditionellen Praktikum. Basierend auf der konstruktivistischen Lerntheorie bedeutet das, dass sich die Studierenden im Laufe des Praktikums bei der Begründung oder Intention ihrer praktischen Handlungen nicht auf komplexere Wissenszusammenhänge oder Denkstrukturen stützen, sondern auf der Ebene von Manipulation oder Identifikation von Objekten oder einfachsten Zusammenhängen bleiben. Er zeigt darüberhinaus auch, dass die Art der Lernumgebung im traditionellen (computerfreien) Praktikum keinen Einfluss auf den Umfang und die Art des erworbenen Wissens hat.

Ein *nichttraditioneller* Ansatz zum Einsatz neuer Medien im physikalischen Praktikum findet sich im Praktikum für Mediziner der Heinrich Heine Universität Düsseldorf, realisiert durch Theyßen (2000). In einer hypermedialen Lernumgebung wird das Praktikum *virtuell* über das Internet durchgeführt. Experimente sind durch interaktive Bildschirmexperimente (IBE) ersetzt und das Konzept folgt dem konstruktivistischen Lernmodell (wie im Kapitel 2.3, Seite 18 bereits beschrieben). Hüther (2005) untersucht die Lernwirksamkeit dieser hypermedialen Lernumgebung im Vergleich zur jener des realen Praktikums (welches allerdings auch nach dem konstruktivistischen Lernmodell aufgebaut ist). Sie testet dabei inhaltspezifisches Wissen mit Aufgabentests im Pretest-Posttest-Setup und unter Verwendung von Concept Maps nach dem Praktikum. Hüther kommt dabei zu dem Schluss, dass beide zum gleichen Lernerfolg führen. In einer zusätzlichen Zeitmanagementstudie ergibt sich jedoch eine bessere Ausgangssituation für die hypermediale Lernumgebung, die eine zeitlich engere Verknüpfung von Theorie und Experiment fördert und die als (inhaltsbezogen) wenig lernförderlich geltenden Routinetätigkeiten weitgehend einspart.

Ausgehend von der Technik der IBE in hypermedialer Lernumgebung beschreibt Zastrow (2001) einen Weg, wie man sich mittels *eLearning* auf komplexe Inhalte des Praktikums (hier: Kennenlernen und erste Versuche mit dem Oszilloskop) vorbereitet. Zwar existieren hierzu keine Vergleichsdaten zum Lernerfolg ohne interaktive Versuchsanleitungen, jedoch konnte sie unter anderem zeigen, dass deren Einsatz zu effektiverer Nutzung der Praktikumszeit führt, und dass die Studierenden den Einsatz der interaktiven Experimentieranleitung während der Vorbereitung auf das Praktikum als Ergänzung zum Skript befürworten.

Die Bandbreite dessen, wie neue Medien an den europäischen Universitäten im Grundpraktikum eingesetzt werden, ist sicherlich weitaus umfang- und facettenreicher als die hier dargestellte Auswahl an Wegen. Ob und in welcher Weise die physikalischen Anfängerpraktika an den jeweiligen Standorten erweitert, erneuert, verbessert oder neu konzipiert werden, hängt - wie bereits erwähnt - von zahlreichen Faktoren und handelnden Personen ab. Oftmals müssen erst sogenannte Innovationsbarrieren überwunden werden. Reinmann-Rothmeier (2003) nennt für die Hochschule typischerweise folgende:

- Finanz- und Personalnotstand  
Hier sind oft fehlende Mittel für die Nachhaltigkeit, also für nachhaltige Implementierung der neuen Konzepte in die Lehrveranstaltungen, oder aber ein breites Defizit an kompetentem Personal, oder auch Planungsunsicherheit ein wesentliches Hindernis.
- Mängel im System  
Ausgeprägte Bürokratie und lange Entscheidungswege, eingleisige Informationsflüsse aber auch eingefahrene Machtverhältnisse oder starre Organisationsstrukturen können die Einführung neuer Medien im physikalischen Praktikum beeinflussen.
- Fehlende Anreizsysteme  
Hier ist vor allem die weit verbreitete Tatsache zu nennen, dass Engagement in der Hochschullehre nicht gleichwertig honoriert wird wie etwa Drittmittelwerbung oder Publikationstätigkeit.
- Kompetenzdefizite
- Falsches Innovationsverständnis

Am naheliegendsten erscheint der Versuch, die Vorteile der neuen Medien als ergänzenden Faktor zum bestehenden Praktikum einzubauen, indem man z.B. eLearning-Strategien konsequent in der Vorbereitung einsetzt. Dieser Ansatz erscheint auch durch den Stand der Forschungen auf diesem Gebiet interessant, da hierzu noch keine detaillierten Effektivitätsstudien vorliegen. An einigen deutschen Universitäten werden unterschiedliche contentbasierte eLearning- bzw. Blended Learning Modelle für die Vorbereitung auf die Praktikums-einheiten getestet, aber keiner didaktischen Analyse hinsichtlich der Effektivität unterzogen. So verwendet etwa die Westfälische Wilhelms Universität Münster eine *E-Learning Linux-Live-CD als Begleitung zu experimentellen Übungen* (Imbrock & Bersch 2007) auf welcher den Studierenden in kompakter Form alle notwendigen Hilfsmittel, sowohl inhalt-

licher Natur (Anleitungen zu den Experimenten, Leitfaden für Fehlerrechnung etc.) als auch notwendige Software (open source, z.B. Linux-Betriebssystem, Datenanalysesoftware, Plot- und Statistikprogramme) zur Verfügung gestellt werden. Borawski (2005) hat an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen im Rahmen eines Physikpraktikums für Studierende der Biologie ein vergleichbares eLearning-Szenario nachhaltig implementiert, jedoch keiner Effektivitätsanalyse hinsichtlich des Einflusses von Blended Learning unterzogen, sondern die Wirkung einer moderierten Diskussion als integrales Element der Lehrveranstaltung untersucht (vgl. Borawski, Heinke & Theyßen, 2006).

Hier setzt die vorliegende Forschungs- und Entwicklungsarbeit an: Die neue Lernumgebung für das Anfängerpraktikum der Universität Wien muss sich in ein jahrzehntelang gewachsenes und von zahlreichen Assistenten, Dozenten und Professoren sowie den Praktikumsleiterinnen und -leitern<sup>2</sup> betreutes Praktikum einfügen, soll jedoch eine didaktische Innovation im Bereich von contentbasierten Blended Learning Strategien bringen und dabei einer detaillierten Analyse hinsichtlich der Nutzung und der Nützlichkeit, aber auch der Lernwirksamkeit Raum bieten. Der Versuch, dieses Vorhaben umzusetzen, führte zu einer Teilnahme an einem größeren Projekt, welches von der Universität Wien zur Entwicklung von eLearning-Strategien an den Fakultäten initiiert wurde. Es soll im nächsten Kapitel vorgestellt werden.

---

<sup>2</sup>In der langen Nachkriegsgeschichte des Wiener Anfängerpraktikums waren lediglich 2 Frauen tätig. Beide waren wissenschaftliche Leiterinnen des Praktikums. Alle anderen Personen des wissenschaftlichen Personals waren Männer.

### 3. Das Projekt *eLearnPhysik*

Das Projekt *eLearnPhysik* ist ein Schwerpunktprojekt der Fakultät für Physik an der Universität Wien. Es wurde im Juli 2005 im Rahmen der Ausschreibung des Rektors zur Entwicklung fakultärer eLearning-Strategien eingereicht und im Dezember 2005 genehmigt. Seine Laufzeit beträgt 3 Jahre.

Im Rahmen des Projekts wird eine fakultäre eLearning-Strategie entwickelt, getestet und implementiert. Sein Ziel besteht in der umfassenden und langfristigen Integration von Elementen des eLearning (Blended Learning) in die fakultäre Lehre. Im Zentrum steht die Konzipierung und Erprobung konkreter Lehr-/Lernszenarien und der Aufbau eines Materialien-Angebots für Lehrende und Studierende. Das Projekt richtet sich an alle Studierenden der Physik, mit einem besonderen Schwerpunkt auf Studienanfängerinnen und Studienanfänger, die Vorkenntnisse auf sehr unterschiedlichen Niveaus mitbringen und den Übergang Schule - Universität zum Teil als sehr harten Bruch erleben, und an Lehramts-Studierende, für die eLearning ein Teil ihrer zukünftigen Berufspraxis sein wird.

Durch die im Projekt entwickelten Maßnahmen soll vor allem eine Verbesserung des Studienerfolgs in der Studieneingangsphase (Angleichung der Vorkenntnisse) durch eine gezielte Unterstützung der Lernprozesse, erhöhte Selbstverantwortlichkeit im Lernen (Leistungssteigerung durch selbstgesteuertes Lernen) und eine Senkung der Dropout-Quote erreicht werden.

Die Lehrenden wurden im Vorfeld vom Projektteam in die Detailplanungen einbezogen, die Studierenden wurden durch einen studentischen eLearning-Beauftragten vertreten. Die Umsetzung der Projektmaßnahmen in Lehrveranstaltungen wurde von einem Team von eTutorinnen und eTutoren unterstützt, die, wie üblich, einzelnen Lehrveranstaltungen zugeordnet sind, aber auch als Team den Jahrgang der Studienanfängerinnen und Studienanfänger betreuen (Embacher, Nagel, Reisinger, Primetshofer, Höller & Kühnelt, 2007).

Das Projekt umfasst 9 verschiedene Schwerpunkte:

1. Lehr-/Lernszenarien in Vorlesungen, Übungen und Proseminaren
2. eLearning in physikalischen Praktika
3. Content-Pool
4. Computeralgebra
5. Fachdidaktische Ausbildung (Lehramtsstudium)

6. Systematische Integration von eLearning in die Bologna-Curricula
7. Ausbau der technischen Infrastruktur
8. Begleitende und abschließende Evaluation
9. Kooperationen

Im Physikstudium, in dem einerseits der Umgang mit formalen Konzepten und Strukturen und andererseits praktische Fähigkeiten eine entscheidende Rolle spielen, bringt der gegenwärtige Entwicklungsstand der elektronischen Medien eine neue Dimension für die universitäre Lehre mit sich. Das Projekt eLearnPhysik setzt bei den in der konventionellen Lehre auftretenden Problemen an, wie Embacher (2005) im Projektantrag ausformuliert. Diese Probleme wurden im Vorfeld der Antragstellung durch alle einbezogenen Personen aus Forschung und Lehre an der Fakultät in Form von Erfahrungswissen kumuliert:

- Die von den Studienanfängerinnen und Studienanfängern mitgebrachten Vorkenntnisse variieren sehr stark.
- Studierende haben in hohem Maß Probleme, fachspezifische Begriffe, Strukturen und Zusammenhänge zu erfassen und mit ihnen zu operieren.
- Studierende werden derzeit nur unzureichend mit den Möglichkeiten moderner wissenschaftlicher Software (v.a. Computeralgebra, Visualisierungen, numerische Mathematik) und der computergesteuerten Messdatenerfassung (in physikalischen Praktika vor allem für Anfänger) bekannt gemacht.
- Lehramtsstudierende benötigen in ihrem Beruf Kenntnisse über eLearning.

Die Projektaktivitäten 1, 2, 4 und 5 sind jeweils in drei zeitliche Phasen unterteilt:

1. Konzeptphase (1 Jahr):  
In dieser Phase findet die Erarbeitung von (organisatorischen, didaktischen und inhaltlichen) Lehr- /Lernszenarien für die betreffenden Lehrveranstaltungen statt, die sowohl die fachlichen Besonderheiten als auch die Bedürfnisse der Lehrenden und der Studierenden berücksichtigen.
2. Erste Umsetzungs- und Testphase (1 Jahr):  
Während des zweiten Projektjahres wird die erste probeweise Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen in einer begrenzten Zahl von Lehrveranstaltungen durchgeführt. Nach einer begleitenden Evaluation werden Optimierungen und Nachbesserungen der Konzepte vorgenommen.
3. Erweiterte Umsetzungsphase (1 Jahr):

Im letzten Projektjahr wird die Umsetzung an weiteren Lehrveranstaltungen durchgeführt und einer abschließenden Evaluation unterzogen.

Im Rahmen der Projektaktivität 2 (eLearning in physikalischen Praktika) ist die vorliegende Forschungs- und Entwicklungsarbeit entstanden. Dieser Bereich von eLearn Physik wird deshalb im Folgenden näher beschrieben:

### 3.1. eLearning in physikalischen Praktika der Fakultät für Physik

Im Rahmen des Projektschwerpunkts *eLearning in physikalischen Praktika* wurden jene Praktikumslehrveranstaltungen an der Fakultät für Physik weiterentwickelt, die vom Organisationsteam des „Anfängerpraktikums“ betreut werden und in den als solches bezeichneten Räumlichkeiten stattfinden. Es sind dies:

- **Vorpraktikum für das Lehramt (3 SWS, 6 ECTS)**

Dieses Praktikum findet jeweils im Wintersemester geblockt an einem Wochentag (parallel zu den Bachelor-Physik-Praktika) in 8 aufeinanderfolgenden Wochen statt. Studierende des Physik-Lehramts können gemäß Studienplan diese Lehrveranstaltung entweder bereits im ersten Semester ablegen, oder aber im dritten, je nachdem, in welcher Variante die Studierenden den ersten Abschnitt des Lehramtsstudiums vollziehen<sup>1</sup>. Diese Praktikumslehrveranstaltung hat einen Umfang von 3 Semesterwochenstunden bzw. 6 ECTS Credits. Es existieren keine Voraussetzungen für den Besuch dieser Lehrveranstaltung. Die praktische Arbeit erfolgt in der Regel in Zweiergruppen. Alle Studierenden müssen ein Protokoll(heft) führen, das sie nach dem letzten Kurstag abgeben. Dieses wird vom Kursbetreuer korrigiert und beurteilt. Die Leistungsfeststellung erfolgt durch den jeweiligen Betreuer individuell durch Bewertung der Leistungen während der Kurse (Vorbereitung, Lernfortschritte), des Protokolls und eines Abschlussgesprächs, bei welchem die Studierenden auch umfangreiche Rückmeldungen zu ihrer Leistung erhalten. Die Lehrveranstaltung wird von durchschnittlich 20 bis 30 Studierenden belegt.

Zum Zeitpunkt des Projektbeginns umfasst die Lehrveranstaltung folgende Themeninhalte an den jeweiligen Kurstagen:

- M1 - Messen - Messfehler Teil I (Mechanik)  
Längenmessung mit Schiebelehre, Mikrometerschraube und Mikroskop; Winkelmessung mit Winkellehre; Dichtebestimmung; Bestimmung der Erdbeschleunigung

---

<sup>1</sup>*Zweisemestrige Studienvariante:* Im ersten Semester werden alle Lehrveranstaltungen des ersten und dritten Semesters eines Studienfaches belegt, im zweiten Semester werden alle Lehrveranstaltungen des zweiten und vierten Semesters desselben Studienfaches belegt. Im dritten und vierten Semester folgen die Lehrveranstaltungen des Kombinationsfaches in derselben geblockten Weise. *Viersemestrige Studienvariante:* Die Lehrveranstaltungen beider Studienfächer werden parallel in vier Semestern absolviert.

gung mit dem Fadenpendel

- M2 - Messen - Messfehler Teil II (Elektrizität)  
Spannungsrichtige Widerstandsmessung mittels Strom- und Spannungsmessung mit Innenwiderstandskorrektur; Widerstände in Parallelschaltung und Serienschaltung; Spannungsteilerschaltung
- M3 - Messen - Messfehler Teil III (Einführung in die computerunterstützte Messwerterfassung und Datenverarbeitung)  
Verschiedene einfache Experimente zum Kennenlernen der Messwerterfassungssysteme CASSY (Software: Cassy Lab) und U-Lab (Software: Coach 5)
- LKT - Luftkissentisch  
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung; kräftefreie Bewegung (Translation und Rotation); elastischer und inelastischer Stoß (Energie- und Impulserhaltung)
- TM - Trägheitsmoment  
Schiefe Ebene (Bestimmung des Trägheitsmoments rollender Zylinder); Torsions-Drehscheibenpendel (Demonstration der Gültigkeit des Steiner'schen Satzes)
- SW - Schwingungen, Wellen, Harmonische Analyse  
Gekoppelte Pendel; Monochord; Fourieranalyse eines (Instrumenten-)Klanges
- DC - Gleichstrom  
Innenwiderstand einer Batterie; Spannungskompensation nach Poggendorf; belasteter Spannungsteiler
- AC - Wechselstrom, Oszilloskop

- **Praktikum für das Lehramt** (6 SWS, 9 ECTS)

Dieses Praktikum findet jeweils im Sommersemester geblockt an einem Wochentag in zwölf aufeinanderfolgenden Wochen statt. Studierende des Physik-Lehramts können gemäß Studienplan diese Lehrveranstaltung entweder bereits im zweiten Semester ablegen, oder aber im vierten, jedenfalls erst nach positivem Abschluss des *Vorpraktikums für das Lehramt*. Diese Praktikumslehrveranstaltung hat einen Umfang von 6 Semesterwochenstunden bzw. 9 ECTS Credits. Die Studierenden arbeiten in Zweiergruppen und führen ein Protokoll pro Gruppe, welches noch am jeweils gleichen Kurstag abzugeben ist. Die Betreuer geben zu den Leistungen der Studierenden spätestens eine Woche nach dem absolvierten Kurstag Rückmeldungen. Die Leistungsfeststellung erfolgt durch den jeweiligen Betreuer nach einem Punktesystem. Bewertet werden die Leistungen während der zwölf Kurstage (Vorbereitung, Durchführung, Lernfortschritte) mit maximal je 7 Punkten, und das Protokoll mit maximal je 3 Punkten. Die Lehrveranstaltung wird von durchschnittlich 20 bis 30 Studierenden belegt.

Zum Zeitpunkt des Projektbeginns umfasst die Lehrveranstaltung folgende Themen-

inhalte an den jeweiligen Kurstagen:

- PL1 - Gase  
Gasthermometer, Adiabatenexponent nach Rüchardt, Dampfdichte nach Viktor Mayer, Dampfdruck von Wasser
  - PL2 - Wärme  
Spezifische Wärme, Wärmeleitung in Metallen, Schmelzwärme von Eis, Hygrometrie
  - PL3 - Heißluftmotor  
Stirlingprozess, Kältemaschine
  - PL4 - Geometrische Optik  
Brennweite von Linsen, Linsenfehler, Mikroskop, Fernrohr
  - PL5 - Brechung  
Brechung beim Prisma, Brechungsindex, Brechung an planparallelen Platten
  - PL6 - Wellenoptik-Interferenz  
Beugung am Spalt und Doppelspalt, Wellenlängenmessung mit dem Gitter, Newton'sche Ringe
  - PL7 - Polarisation  
Brewsterwinkel, Spannungsoptik, Drehung der Polarisationssebene
  - PL8 - Elektrische und magnetische Eigenschaften von Stoffen  
Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstandes von PTC, NTC und Elektrolyt; Magnetische Hysteresekurve (Magnetismus der Materie)
  - PL9 - Elektrische Schwingungen  
Serienresonanzschwingkreis, kapazitive Kopplung
  - PL10 - Halbleiter  
Dioden in Gleichrichterschaltungen, Transistor als Verstärker und Schalter
  - PL11 - Radioaktivität  
Zerfallsgesetz und Halbwertszeit, Reichweite von  $\alpha$ -Strahlung (Nebelkammer), Abstandsgesetz
  - PL12 - Franck-Hertz Versuch  
Klassischer Franck-Hertz Versuch mit Neon
- **Physikalisches Praktikum 1 für Anfänger** (6 SWS, 9 ECTS)  
Dieses Praktikum findet jeweils im Wintersemester geblockt an einem Wochentag in zwölf aufeinanderfolgenden Wochen statt. Studierende der Studien Physik-Diplom

(alt) bzw. Physik-Bachelor (neu) können gemäß modularem Studienplan diese Lehrveranstaltung voraussetzungslos belegen, wobei die Absolvierung der Module der Studieneingangsphase sehr empfohlen wird und praktisch alle Studierenden frühestens im 3. Semester teilnehmen. Diese Praktikumslehrveranstaltung hat einen Umfang von 6 Semesterwochenstunden bzw. 9 ECTS Credits. Protokollführung und Bewertung erfolgen nach dem selben Schema, wie im *Praktikum für das Lehramt*. Die Lehrveranstaltung wird von durchschnittlich 50 bis 70 Studierenden belegt. Zum Zeitpunkt, als die Maßnahmen des eLearning-Projekts auf diese Lehrveranstaltung übergriffen, waren folgende Themeninhalte an den jeweiligen Kurstagen zu absolvieren<sup>2</sup>:

- PW1 - Messen und Messfehler
  - PW2 - Grundgrößen der Mechanik
  - PW3 - Elastizität
  - PW4 - Thermodynamik
  - PW5 - Gase
  - PW6 - Geometrische Optik
  - PW7 - Brechung
  - PW8 - Wellenoptik - Interferenz
  - PW9 - Gleichstrom
  - PW10 - Wechselstrom I
  - PW11 - Wechselstrom II
  - PW12 - Atompysik
- **Physikalisches Praktikum 2 für Anfänger** (6 SWS, 9 ECTS)  
Dieses Praktikum findet jeweils im Sommersemester geblockt an einem Wochentag in zwölf aufeinanderfolgenden Wochen statt. Studierende der Studien Physik-Diplom (alt) bzw. Physik-Bachelor (neu) können gemäß modularem Studienplan diese Lehrveranstaltung voraussetzungslos belegen, wobei die Absolvierung der Module der Studieneingangsphase sehr empfohlen wird und praktisch alle Studierenden frühestens im 4. Semester teilnehmen, wenn sie auch schon die Lehrveranstaltung *Physikalisches Praktikum 1 für Anfänger* absolviert haben. Diese Praktikumslehrveranstaltung hat

---

<sup>2</sup>Da diese Lehrveranstaltung im Rahmen der vorliegenden Studie nicht evaluiert wurde, wird an dieser Stelle auf eine detailliertere Beschreibung der Inhalte verzichtet.

einen Umfang von 6 Semesterwochenstunden bzw. 9 ECTS Credits. Die Studierenden arbeiten in Zweiergruppen und führen ein Protokoll pro Gruppe, welches noch am jeweils gleichen Kurstag abzugeben ist. Protokollführung und Bewertung erfolgen nach dem selben Schema, wie im *Physikalischen Praktikum 1 für Anfänger*. Die Lehrveranstaltung wird von durchschnittlich 50 bis 70 Studierenden belegt. Zum Zeitpunkt, als die Maßnahmen des eLearning-Projekts auf diese Lehrveranstaltung übergriffen, waren folgende Themeninhalte an den jeweiligen Kurstagen zu absolvieren<sup>3</sup>:

- PS1 - Schwingungen I (mechanisch)
  - PS2 - Schwingungen II (elektrisch)
  - PS3 - Radioaktivität
  - PS4 - Wellenoptik-Interferenz
  - PS5 - Polarisation
  - PS6 - Strahlung (Plank'sches Wirkungsquantum, Photoeffekt)
  - PS7 - Halbleiter I (Dioden)
  - PS8 - Halbleiter II (Transistoren)
  - PS9 - Heißluftmotor
  - PS10 - Wärme
  - PS11 - Gleichstrommaschine
  - PS12 - Magnetismus
- **Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften** (2 SWS, 2 ECTS)  
Im Zuge der eLearning-Maßnahmen in physikalischen Praktika nimmt diese Lehrveranstaltung einen Sonderstatus ein, da sie auf Grund des klar abgegrenzten Zielpublikums in die eLearning Strategie für Physik-Bachelor und Physik-Lehramt nicht mit eingeschlossen werden kann. Die didaktische Rekonstruktion dieser Lehrveranstaltung und die Entwicklung einer adäquaten eLearning-Strategie sind Thema der Diplomarbeit von Brigitte Wolny (vgl. Nagel & Wolny, 2008)<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup>Da diese Lehrveranstaltung im Rahmen der vorliegenden Studie nicht evaluiert wurde, wird an dieser Stelle auf eine detailliertere Beschreibung der Inhalte verzichtet.

<sup>4</sup>Da diese Lehrveranstaltung im Rahmen der vorliegenden Studie nicht behandelt wurde, wird an dieser Stelle auf eine detailliertere Beschreibung der Inhalte verzichtet.

Die physikalischen Praktika (insbesondere die Lehrveranstaltungen des Anfängerpraktikums und die Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften) sind mit einigen spezifischen Problemen konfrontiert:

- „Moderne Messmethoden sind zunehmend mit dem Einsatz von Geräten verbunden, deren Funktionsweise für die Studierenden nicht unmittelbar einsichtig ist (black boxes)
- Die Erfassung und Verarbeitung von Beobachtungsdaten (etwa: händisches Übertragen von Messwerten in Tabellen, statistische Analyse) entspricht nicht dem „state of the art“
- Die Studierenden haben derzeit nur beschränkte Möglichkeiten, sich vorab auf die durchzuführenden Praktikumsaufgaben vorzubereiten“ (Embacher, 2005, 5).

Bislang wurde im Rahmen der Anfängerpraktika an der Fakultät für Physik der Universität Wien stets vermieden, undurchschaubare Messmethoden (black boxes) zu forcieren. Die Arbeitswelt der Physikerinnen und Physiker hat sich jedoch in den letzten Jahrzehnten dramatisch verändert, wie Diemer, Basler & Jodl bereits 1999 in ihrem Werk *Computer im Praktikum* deutlich ausformuliert haben: War man früher Forscher, der allein oder bestenfalls in einer kleinen Gruppe überschaubare, von Hand zu bedienende Experimente durchführte, deren Ergebnisse von Hand protokolliert und ausgewertet wurden, so ist man heute Mitglied eines großen Teams, möglicherweise verteilt auf Forschungsstätten in verschiedenen Kontinenten, man bearbeitet Teilbereiche eines großen Experiments, welches in seiner Gesamtheit kaum mehr zu überblicken ist. Um die anfallenden Datenmengen erfassen und bearbeiten zu können, bedarf es modernster Computertechnik. „Die Experimente, die in heutigen Praktika stehen, haben in den seltensten Fällen etwas mit dieser Wirklichkeit zu tun. Sie sind auf Grund ihrer Struktur nicht in der Lage, die Studierenden auf ihre zukünftige Arbeitswelt vorzubereiten“ (Diemer et. al., 1999, 5). Zwar hat das Anfängerpraktikum der Universität Wien bereits 2003 begonnen, dieser Situation entgegenzusteuern, jedoch soll der Modernisierungsprozess, was Methoden und Geräte, aber auch Aufgabenstellungen betrifft, noch intensiver fortgesetzt werden. Deswegen wird im Rahmen des eLearning Projektes an der Fakultät für Physik auch der Computereinsatz im Experimentalunterricht explizit als eLearning-Maßnahme mitbetrachtet, obgleich das natürlich der klassischen Definition von eLearning widerspricht (vgl. Kapitel 2.1, Seite 5). In diesem Sinne ist eLearnPhysik ein Maßnahmenpaket, welches ganz generell ICT<sup>5</sup>-basierte Lehr- und Lernmethoden umfasst.

Die Beschränkung der Möglichkeiten für die Vorbereitung der Studierenden auf das Praktikum bedeutet zum Ausgangspunkt des Projektes, dass nur (oft Jahrzehnte alte) schwarzweiß-kopierte Anleitungsskripten zur Verfügung gestellt wurden. Diese dienten den Studierenden gemeinsam mit einer kleinen Handbibliothek und der Möglichkeit, die österreichische Zentralbibliothek Physik im Haus zu nutzen, als Vorbereitung. Das Erfahrungswissen der Betreuer deutete darauf hin, dass in den seltensten Fällen zusätzlich zu den Skripten

---

<sup>5</sup>Information and communication technologies

ergänzende Medien verwendet wurden, was zur allgemein unbefriedigenden Situation stark heterogener Vorbereitungsleistungen führte und der Tatsache, dass zahlreiche Studierende mit der Experimentieranleitung mangels der Möglichkeit, sich diverse Aufbauten und Geräte vorzustellen, erst während der Praktika richtig zu arbeiten begannen. Es gab keine einheitliche Struktur der Skripten, ebensowenig Abbildungen der originalen Versuchsaufbauten.

Mehrfach wird in der Literatur den Experimentieranleitungen zugeschrieben, durch ihre Beschaffenheit eine Verbindung von Theorie und Praxis in der Physik nicht zu fördern (Zastrow, 2001). Nakleh und Krajcik (1994, 1095) beschreiben, dass die Lernenden im Praktikum hauptsächlich mit organisatorischen Tätigkeiten beschäftigt sind, sodass keine Gelegenheit für inhaltliche Auseinandersetzungen bleibt. Diese These scheint sich zumindest teilweise im Erfahrungswissen der Lehrenden zu bestätigen. Bislang sind zwei mögliche Auswege detailliert untersucht worden: Theyßen (2000) verzichtet in ihrer Konzeption für adressatenspezifische Praktika (für Medizinstudierende) komplett auf Vorbereitung und erarbeitet die gesamte Theorie zu den Experimenten in einer kleinschrittigen Experimentieranleitung mit langsam ansteigender Komplexität der Teilaufgaben sowohl bei der Versuchsdurchführung, als auch bei der Nachbereitung. Zastrow (2001) verwendet interaktive Experimentieranleitungen zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten am Computer, um der Überforderung der Studierenden in einer hochkomplexen Experimentiersituation wie z.B. mit dem Oszilloskop Herr zu werden. Sie setzt dabei die Technik interaktiver Bildschirmexperimente ein, um an animierten Fotos von echten Geräten, deren Bedienung gleichsam vorab zu erproben, um somit die Hemmungen der Studierenden beim Bedienen des echten Geräts zu senken. Daraus ergibt sich eine wichtige Entwicklungsperspektive für die neue eLearning-Umgebung des physikalischen Anfängerpraktikums der Universität Wien. Wenn mittels interaktiver Simulationen oder wie hier beschrieben, mit interaktiven Bildschirmexperimenten, die Vorbereitung auf ein Präsenzpraktikum im Bereich der affektiven Zugänge verbessert werden kann, dann könnte sich dies positiv auf die Motivation der Studierenden im Sinne eines verstärkten Kompetenzerlebens auswirken (vgl. Überlegungen zu motivationstheoretischen Entwicklungsgrundlagen, Kapitel 5).

## 3.2. Ziele des Projekts im Anfängerpraktikum

Auf diesen Ausgangspunkten aufbauend, ergeben sich für das Praktikum folgende Entwicklungsziele, die hier im Überblick aufgelistet werden und im Kapitel 5, *Entwicklung, Aufbau und Inhalte der eLearning-Umgebung*, genau erläutert werden:

### 3.2.1. Hardware- und Software-basiertes Entwicklungsziel

#### Verbesserung der computergestützten Infrastruktur im Anfängerpraktikum

- **Das Angebot an computergestützter Experimentierarbeit soll vergrößert und verbessert werden**

Messungen werden mit Hilfe geeigneter mobiler Interfaces (Stand-Alone-Datalogger) verstärkt automatisiert. Der Einsatz derartiger Geräte ermöglicht eine große Anwendungsbreite ohne auf lokale Messcomputer angewiesen zu sein. Auswertungen der Messergebnisse werden durch das Verwenden von mit adäquater Software gut ausgestatteten Workstations erleichtert. Geeignete Programme sollen die Vorteile des Computereinsatzes unterstützen: Gute Visualisierungsmöglichkeiten, grafische Analyse, statistische Verarbeitung großer Stichproben, angewandte Fehlerrechenalgorithmen.

- **Einrichtung eines Computerlabors als Erweiterung der zu Projektbeginn bestehenden Räumlichkeiten des Anfängerpraktikums**

In einem separaten Raum sollen sechs moderne Computerarbeitsplätze zu Experimentierzwecken geschaffen werden. Zwei zusätzliche Computerarbeitsplätze zu Studierzwecken sowie ein Netzwerkdrucker sollen gemeinsam mit einer kleinen Handbibliothek das Serviceangebot zur Vorbereitung mit Hilfe webbasierter Lerninhalte erweitern. Ein Whiteboard in geeigneter Form und Größe soll das kombinierte Arbeiten mit projizierten und skizzierten Medien in diesem Raum möglich machen. Das Computerlabor soll für mindestens 12 Studierende (6 Arbeitsgruppen) ermöglichen, gemeinsam die gleichen Experimente durchzuführen, was die Effizienz von Einführungskurstagen in die Arbeitsweisen mit computergestützten Experimentiermethoden wesentlich erleichtert. Darüber hinaus wird die Installation von WLAN das vernetzte Arbeiten erleichtern. Zeitlich getrennt von den Einführungskurstagen soll das Computerlabor als Arbeitsraum für die gruppenweise zyklisch durchgeführten, computergestützten Experimente dienen, welche entweder neu entwickelt und/oder adaptiert werden.

- **Neben dem Computerlabor soll ein Entwicklungslabor entstehen**

In diesem sollen die Experimente des Anfängerpraktikums weiterentwickelt sowie neue Experimente entworfen und getestet werden. Als Raumausstattung ist ein Experimentiercomputer mit großzügiger und flexibler Arbeitsfläche sowie ein (normaler) Computerarbeitsplatz mit Büromöblierung vorgesehen. Die Nutzung erfolgt in den 3 Projektjahren fast ausschließlich im Rahmen des Projekts *eLearnPhysik* der Fakultät für Physik und wird auch in der Zeit nach dem offiziellen Projektende den hochschuldidaktischen Zwecken dienen.

### 3.2.2. Didaktisch-methodisches Entwicklungsziel

#### Optimierung der Vorbereitungsmöglichkeiten durch didaktisch aufbereitete eLearning-Einheiten

- **Für jeden Praktikumstag wird eine eigene Blended Learning Sequenz erstellt**

Diese soll eine optimale Vorbereitung für die experimentelle Tätigkeit ermöglichen. Webbasierte und herkömmliche Lernmethoden wechseln sich ab, die Vorteile konventioneller und *neuer* Medien werden kombiniert und gezielt zum Einsatz gebracht und sollen eine didaktische Innovation für das Anfängerpraktikum erbringen (vgl. Reinmann-Rothmeier, 2003).

- **Auf Vorwissen und Präkonzepte der Studierenden soll besonders Rücksicht genommen werden**

Speziell im Bereich der Elektrizitätslehre im *Vorpraktikum für das Lehramt* kann es zur Situation kommen, dass Erstsemestrige ohne entsprechende Einführungsvorlesung Themengebiete aus der Elektrizitätslehre experimentell bearbeiten müssen. Das ist zwar eine *besonders schlimme Situation*, wie Diemer, Baser & Jodl (1999) treffend beschreiben, muss jedoch als gegeben hingenommen werden, da der Studienplan diese Möglichkeit den Studierenden des Lehramts einräumt (siehe auch Kapitel 6.4.3, Seite 65).

Visualisierungsmöglichkeiten, interaktive Tools und Simulationen sollen das notwendige physikalische Grundverständnis für die bevorstehende Experimentierphase absichern, Hemmungen vor komplexeren Geräten abbauen helfen und den Studierenden die Möglichkeit für selbstorganisiertes Lernen bieten. Die bereits erwähnten heterogenen Voraussetzungen, betreffend das Vorwissen, sollen dadurch individuell ausgeglichen werden können. Alle Studierenden sollen die Möglichkeit bekommen, das notwendige Material für ihren eigenen Lernbedarf bei vorangehender Lernzielabklärung aus einem „Überblick“ auswählen zu können, um nicht alle Details jeder Theorieaufarbeitung aufarbeiten zu müssen.

- **Arbeitsweisen in der Vorbereitung einüben**

Physikalische Arbeitsweisen sollen in Tutorials unter Zuhilfenahme von Java-Applets bzw. Bildschirmexperimenten und anderen interaktiven Werkzeugen schon vor der realen Experimentierphase vermittelt werden, wie auch schon von Zastrow (2001) in ihrer Arbeit über interaktive Experimentieranleitungen gefordert wird. Die eLearning-Einheiten sollen auf das Erreichen eines tieferen Verständnisses der in den Experimenten vermittelten physikalischen Konzepten ausgerichtet sein.



## 4. Forschungs- und Entwicklungsrahmen, Arbeitshypothesen

Die vorliegende Forschungs- und Entwicklungsarbeit hat den Grundcharakter einer sehr umfangreichen Aktionsforschungsstudie. Wie Altricher & Posch (2007) beschreiben, zeichnet sich Aktionsforschung dadurch aus, dass ein Lehrender seinen eigenen Unterricht untersucht und anhand der Erkenntnisse Interventionen setzt, um den Unterricht zu verbessern. Diese sogenannten Aktionsforschungsschleifen können sich mehrmals wiederholen. Nach Schmid-Lauff (2004) hat hochschuldidaktische Aktionsforschung als Evaluationskonzept für eLearning außerdem vier implizite Zielrichtungen, die für die Evaluation vorteilhaft sind: Sie stellt eine politische, curriculare und pädagogische Legitimationsfunktion dar; sie übt eine Dialogfunktion zwischen den Betroffenen aus, die den Entwicklungsprozess unterstützt und verbessert; sie hat eine Erkenntnisfunktion im Sinne empirischer Datengewinnung und wissenschaftlicher Begleitforschung und sie hat eine Kontrollfunktion hinsichtlich der Lernwirksamkeit der eLearning-Maßnahmen.

Im vorliegenden Fall wird die Ausgangslage vom Erfahrungswissen der Betreuenden im Anfängerpraktikum definiert, welche die spezifischen Probleme in der vorliegenden Lehr/Lern-Situation festhalten. Die Entwicklung einer eLearning-Umgebung ist gleichsam die (sehr umfangreiche) Intervention, die sich auf theoriegeleitete Ansätze zur Verbesserung der Ausgangssituation, wie in den vorangegangenen und im folgenden Kapitel erläutert, stützt. In einem ersten Schritt wird die Erstellung eines Prototypen für die Lehrveranstaltung *Vorpraktikum für das Lehramt* angestrebt, wie auch in Abb. 4.1 dargestellt. Dieser wird in den Regülarbetrieb implementiert und im Rahmen einer Vorstudie umfassend untersucht (deskriptive Analyse). Dabei ist der Entwickler der eLearning-Unterlagen gleichzeitig zum Teil auch Lehrender und Evaluator. Das Interesse der Evaluation liegt auf der Erstellung eines Klassifikationsschemas des Nutzungs- und Lernverhaltens der Studierenden in der neuen Lernumgebung mit den Methoden der qualitativen Sozialforschung ((qualitative Interviews und Fragebögen, teilnehmende Beobachtung, Inhaltsanalysen). Darüber hinaus soll daraus eine Hypothesenerstellung über die Charakteristiken und Zusammenhänge der didaktischen Innovation der neuen Lernumgebung, insbesondere im Hinblick auf vertiefendes Verständnis physikalischer Konzepte und Arbeitsweisen, der Nutzung der eLearning-Materialien, Eignung der eLearning-Materialien und Charakteristik des Lernprozesses in der Vorbereitung erfolgen.

Eine Erweiterung auf alle anderen Lehrveranstaltungen des Anfängerpraktikums<sup>1</sup> folgt erst auf Basis dieser ersten Implementierungserfahrungen und nach entsprechenden Adaptierungsmaßnahmen.

In einer zweiten Aktionsforschungsschleife wird aufbauend auf den Ergebnissen der deskriptiven Analyse eine kriterienbasierte Evaluationsstudie mit Methoden der quantitativen Sozialforschung durchgeführt. Diese hat zum Ziel, die Eignung der entwickelten eLearning-Umgebung entsprechend der an sie gestellten Anforderungen zu testen. Die Kriterien werden basierend auf den Ergebnissen (Hypothesen) der deskriptiven Evaluationsstudie und basierend auf den Entwicklungszielen des Projekts eLearnPhysik im Anfängerpraktikum erstellt (siehe Kapitel 7.1.1.).

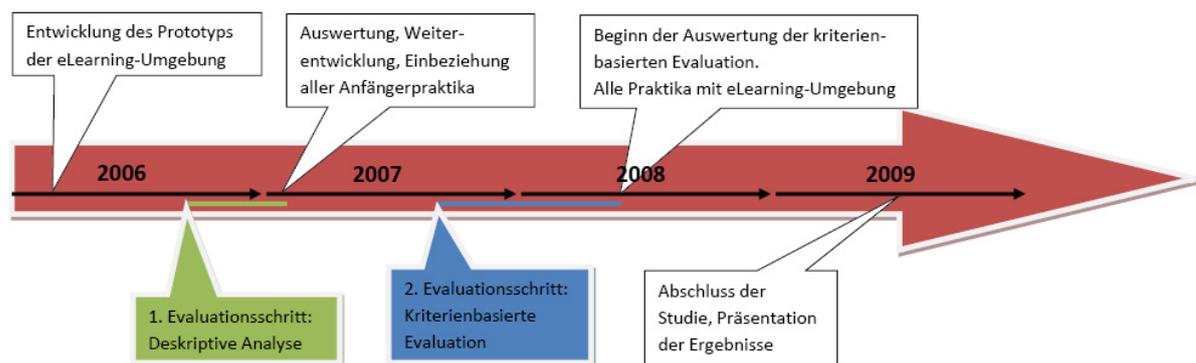


Abbildung 4.1.: Zeitlicher Verlauf der Studie

Die vorliegende Forschungs- und Entwicklungsarbeit hat überdies im weitesten Sinne die Charakteristik einer *Auftragsforschung*: Der Anlass der Forschung ist ein *Auftrag* durch das Projekt eLearnPhysik. Die Fakultät für Physik und in weiterer Folge die Praktikumsleitung der Anfängerpraktikums und gleichzeitige Koordinatorin des Projektbereiches *eLearning in physikalischen Praktika* sind gleichsam Auftraggeber und haben das *soziale Problem* aus ihrer Perspektive (Projektantrag) zunächst einmal definiert (vgl. Friedrichs, 1990, 50f). Demnach gehört es auch zur Forschungsethik, abzuklären, welche Rechte der Wissenschaftler gegenüber dem Auftraggeber hat, bzw. wo es zu Einschränkungen kommen kann und ob diese akzeptabel sind. Nach Friedrichs (1990) muss die wissenschaftliche Formulierung des Problems und seiner Übersetzung in Hypothesen, Methoden, Stichproben und Interpretation der Ergebnisse abgeklärt werden, sowie der Umfang der Studie und die Verwertung der Ergebnisse.

Nachdem der Studienautor der vorliegenden Arbeit frühzeitig und bereits teilweise in die „Formulierung des Problems“ eingebunden wurde, konnte die Abklärung der genannten Punkte vorgenommen werden. Auf Grund der engen Verknüpfung mit der Praxis und des Aktionsforschungscharakters der vorliegenden Arbeit sind jedoch Einschränkungen, vor allem betreffend die Wahl der Methoden sowohl im Entwicklungs- als auch Evaluationsbereich gegeben. Die bestehende Praktikumsorganisation unter der Leitung von Ass.Prof.

<sup>1</sup>Nicht *Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften*, da diese Lehrveranstaltung wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, aus dieser Studie ausgenommen wurde.

Dr. Irmgard Gorgas schrieb folgende (entscheidende) Handlungsbegrenzungen fest:

- Die Grundstruktur des Ablaufes bleibt erhalten.
- Die Experimente sollen weitgehend erhalten bleiben. Computergestützte Methoden sollen dort gezielt zum Einsatz kommen, wo sie Messprozesse erleichtern oder ermöglichen, nicht dort, wo sie Messvorgänge verschleiern.
- Die Studierenden sollen größtmögliche Methodenwahl in der Vorbereitung haben, also Content zur Vorbereitung auch downloaden können und unabhängig von einem PC verwenden können.
- Der Einbau von Web-Tools in die Vorbereitungsunterlagen muss auf Basis der freiwilligen Nutzung bleiben.
- Jedwede Evaluationsmaßnahme muss pädagogisch und forschungsethisch mit den Ausbildungsgrundsätzen und Zielen des Anfängerpraktikums verträglich sein.



# 5. Entwicklung, Aufbau und Inhalte der eLearning-Umgebung

## 5.1. Blended Learning Strategie

Für die Entwicklung der eLearning-Umgebung des Anfängerpraktikums werden mehrere Faktoren herangezogen: Eingeschränkt von den im vorangehenden Kapitel beschriebenen Handlungsbegrenzungen und ausgehend von den definierten Problemstellungen und Entwicklungszielen im Rahmen des Projekts eLearnPhysik, ergibt sich ein Ansatz für eine contentbasierte Lernumgebung im Blended Learning Ansatz.

Das Blended Learning Setup sieht eine periodische Abfolge von 1-wöchigen eLearning-Phasen im Zuge der Vorbereitung auf die Praktika vor, die von den halbtägigen Praktikumskursen als Präsenzphasen gefolgt werden (siehe Abb. 5.1).

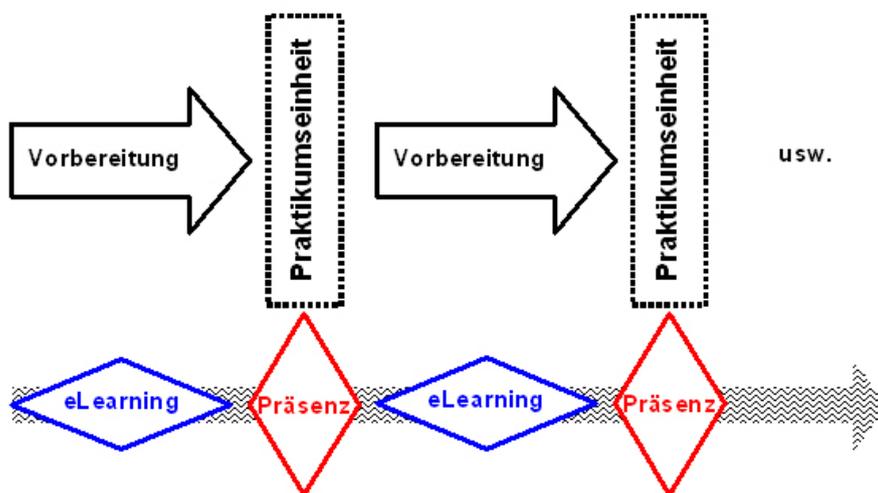
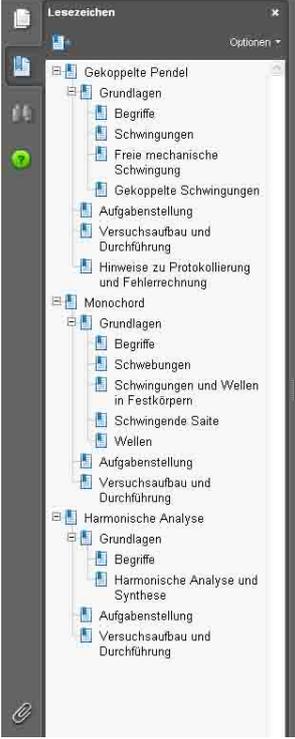


Abbildung 5.1.: Blended Learning Setup für die Lehrveranstaltungen im Anfängerpraktikum

## 5.2. eSkripten

Den Studierenden im Anfängerpraktikum soll also im Rahmen der Vorbereitung freie Wahl der Lernunterlagen und -Inhalte ermöglicht werden ohne sie jedoch mit einem hohen zeitlichen Organisationsaufwand zu belasten. Durch eine gleiche Strukturierung der Lernunterlagen soll Kontinuität und Orientierung gegeben werden. Die Lernunterlagen sollen auf die unterschiedlichen Voraussetzungen (heterogenes Vorwissen) der Studierenden Rücksicht nehmen und bei Vorgabe der Lernziele und der Aufgabenstellung die entsprechenden inhaltlich-theoretischen Grundlagen sowie die methodischen Grundlagen der Experimente - unterteilt in kleine Kapitel - zur freien Auswahl anbieten. Es bietet sich zur Erfüllung dieser Kriterien ein strukturierter Anleitungstext an, der eine Auswahl der Lernkapitel einfach ermöglicht und nach dem Prinzip der Selbstbestimmung wahlweise online oder in Papierform benutzt werden kann. Das wird technisch als PDF-Datei mit Hyperref-Paket umgesetzt, also einem verlinkten feingliedrigen Inhaltsverzeichnis, das mit herkömmlichen PDF-Readern stets am Sidebar präsent ist. Abb. 5.2 zeigt ein Beispiel für den Aufbau der Anleitungstexte (kurz *eSkripten* genannt), hier für die Praktikumseinheit *SW - Schwingungen und Wellen* aus dem Vorpraktikum für das Lehramt. Das Inhaltsverzeichnis, welches am PDF-Dokument gerade dargestellt ist, befindet sich auch links davon am Sidebar, von wo aus mühelos zwischen den einzelnen Kapiteln navigiert werden kann.

	<h3 style="text-align: center;">Inhaltsverzeichnis</h3> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><b>1 Gekoppelte Pendel</b></td> <td style="text-align: right;"><b>2</b></td> </tr> <tr> <td>  1.1 Grundlagen</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>    1.1.1 Begriffe</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>    1.1.2 Schwingungen</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>    1.1.3 Freie mechanische Schwingung</td> <td style="text-align: right;">6</td> </tr> <tr> <td>    1.1.4 Gekoppelte Schwingungen</td> <td style="text-align: right;">8</td> </tr> <tr> <td>  1.2 Aufgabenstellung</td> <td style="text-align: right;">13</td> </tr> <tr> <td>  1.3 Versuchsaufbau und Durchführung</td> <td style="text-align: right;">14</td> </tr> <tr> <td>  1.4 Hinweise zu Protokollierung und Fehlerrechnung</td> <td style="text-align: right;">14</td> </tr> <tr> <td><b>2 Monochord</b></td> <td style="text-align: right;"><b>15</b></td> </tr> <tr> <td>  2.1 Grundlagen</td> <td style="text-align: right;">15</td> </tr> <tr> <td>    2.1.1 Begriffe</td> <td style="text-align: right;">15</td> </tr> <tr> <td>    2.1.2 Schwebungen</td> <td style="text-align: right;">15</td> </tr> <tr> <td>    2.1.3 Schwingungen und Wellen in Festkörpern</td> <td style="text-align: right;">16</td> </tr> <tr> <td>    2.1.4 Schwingende Saite</td> <td style="text-align: right;">17</td> </tr> <tr> <td>    2.1.5 Wellen</td> <td style="text-align: right;">19</td> </tr> <tr> <td>  2.2 Aufgabenstellung</td> <td style="text-align: right;">21</td> </tr> <tr> <td>  2.3 Versuchsaufbau und Durchführung</td> <td style="text-align: right;">21</td> </tr> <tr> <td><b>3 Harmonische Analyse</b></td> <td style="text-align: right;"><b>23</b></td> </tr> <tr> <td>  3.1 Grundlagen</td> <td style="text-align: right;">23</td> </tr> <tr> <td>    3.1.1 Begriffe</td> <td style="text-align: right;">23</td> </tr> <tr> <td>    3.1.2 Harmonische Analyse und Synthese</td> <td style="text-align: right;">23</td> </tr> <tr> <td>  3.2 Aufgabenstellung</td> <td style="text-align: right;">26</td> </tr> <tr> <td>  3.3 Versuchsaufbau und Durchführung</td> <td style="text-align: right;">27</td> </tr> </table>	<b>1 Gekoppelte Pendel</b>	<b>2</b>	1.1 Grundlagen	2	1.1.1 Begriffe	2	1.1.2 Schwingungen	2	1.1.3 Freie mechanische Schwingung	6	1.1.4 Gekoppelte Schwingungen	8	1.2 Aufgabenstellung	13	1.3 Versuchsaufbau und Durchführung	14	1.4 Hinweise zu Protokollierung und Fehlerrechnung	14	<b>2 Monochord</b>	<b>15</b>	2.1 Grundlagen	15	2.1.1 Begriffe	15	2.1.2 Schwebungen	15	2.1.3 Schwingungen und Wellen in Festkörpern	16	2.1.4 Schwingende Saite	17	2.1.5 Wellen	19	2.2 Aufgabenstellung	21	2.3 Versuchsaufbau und Durchführung	21	<b>3 Harmonische Analyse</b>	<b>23</b>	3.1 Grundlagen	23	3.1.1 Begriffe	23	3.1.2 Harmonische Analyse und Synthese	23	3.2 Aufgabenstellung	26	3.3 Versuchsaufbau und Durchführung	27
<b>1 Gekoppelte Pendel</b>	<b>2</b>																																																
1.1 Grundlagen	2																																																
1.1.1 Begriffe	2																																																
1.1.2 Schwingungen	2																																																
1.1.3 Freie mechanische Schwingung	6																																																
1.1.4 Gekoppelte Schwingungen	8																																																
1.2 Aufgabenstellung	13																																																
1.3 Versuchsaufbau und Durchführung	14																																																
1.4 Hinweise zu Protokollierung und Fehlerrechnung	14																																																
<b>2 Monochord</b>	<b>15</b>																																																
2.1 Grundlagen	15																																																
2.1.1 Begriffe	15																																																
2.1.2 Schwebungen	15																																																
2.1.3 Schwingungen und Wellen in Festkörpern	16																																																
2.1.4 Schwingende Saite	17																																																
2.1.5 Wellen	19																																																
2.2 Aufgabenstellung	21																																																
2.3 Versuchsaufbau und Durchführung	21																																																
<b>3 Harmonische Analyse</b>	<b>23</b>																																																
3.1 Grundlagen	23																																																
3.1.1 Begriffe	23																																																
3.1.2 Harmonische Analyse und Synthese	23																																																
3.2 Aufgabenstellung	26																																																
3.3 Versuchsaufbau und Durchführung	27																																																

**Abbildung 5.2.:** Aufbau und inhaltliche Strukturierung der Anleitungstexte, Navigationsmöglichkeit am Sidebar durch Hyperref-Paket

Der einheitliche Aufbau der eSkripten zeichnet sich durch eine Untergliederung der von einander unabhängigen Experimente<sup>1</sup> aus, die selbst wiederum die Unterteilung in *Grundlagen*, *Aufgabenstellung*, *Durchführung* (und bei Bedarf auch *Hinweise zu Protokollierung und Fehlerrechnung*) vorweisen. Besteht ein integraler thematischer Zusammenhang zwischen den Experimenten eines Kurstages, der mit allgemeinen Grundlagen untermauert werden muss, so sind diese als „Kapitel 0“ den Experimenten vorangestellt. Im Kapitel *Grundlagen* ist immer ein Unterkapitel *Begriffe* vorangestellt, das durch die Darbietung der wichtigsten und relevanten Fachbegriffe einen Überblick über die Breite und Tiefe des Vorbereitungsstoffes geben soll, um so den Studierenden ein rasches Abschätzen der eigenen Vorkenntnisse und der daraus zu erwartenden Vorbereitungsarbeit zu ermöglichen. In jedem Fall beginnt aber das eSkript mit einer kurzen Auflistung der Lernziele des jeweiligen Kursthemas.

PL 3 1 Der Heißluftmotor als Wärmekraftmaschine

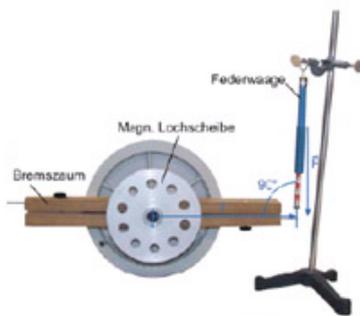


Abbildung 4: Präparierter Bremszahn am Stirlingmotor

## 1.2 Aufgabenstellung

1. Bestimmen Sie die mechanische Arbeit  $W$  die der Stirlingmotor aus Wärmeenergie umwandeln kann, aus dem  $pV$ -Diagramm. Geben Sie dazu die Leerlauf-Kreisfrequenz an.
2. Bestimmen Sie den realen Wirkungsgrad  $\eta_{\text{real}}$  und geben Sie die Kreisfrequenz unter Belastung an.
3. Bestimmen Sie den Wirkungsgrad des Motors  $\eta_{\text{M,exp}}$  (Verhältnis Motorleistung zu mechanischer Arbeit  $W$  die der Stirlingmotor aus Wärmeenergie umwandeln kann).

## 1.3 Versuchsaufbau und Durchführung

### 1.3.1 Aufbau und Funktion des Heißluftmotors

Es gibt unterschiedliche technische Realisierungsmöglichkeiten für den Heißluftmotor. Der Heißluftmotor, welcher im Praktikum zur Verfügung steht, ist der sogenannte  $\beta$ -Bauartyp: Ein einzylinderiger Hubkolbenmotor, der an seiner Oberseite geneigt an der Unterseite

PL 3 1 Der Heißluftmotor als Wärmekraftmaschine

gekühlt wird. In dem Zylinder laufen zwei Kolben  $90^\circ$ -phasenverschoben: der eigentliche Arbeitskolben und ein sogenannter Verdrängerkolben, der die isochoren Prozesse unterstützt und der Zwischenspeicherung thermischer Energie dient. Dieser Typ ist auf Abb. 3 schematisch dargestellt.

Der Versuchsaufbau Heißluftmotor umfasst folgende Teile (siehe dazu Abb. 5):

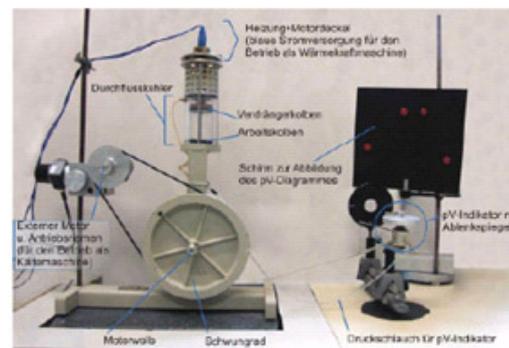


Abbildung 5: Stirlingmotor und diverses Zubehör für Experimente

- Heißluftmotor,  $\beta$ -Bauartyp mit Schwungrad, Durchflusswasserkühlung und elektrischer Heizwendel im Motordeckel
- Stromversorgung (blau) für den Betrieb der Heizwendel mit integriertem Volt- und Amperemeter (nicht abgebildet)
- $pV$ -Indikator über Druckschlauch (für  $p$ ) und mechanische Auslenkung (für  $V$ ) mit einem Spiegel verbunden, der mittels parallelem Lichtstrahl ein  $pV$ -Diagramm auf einen Schirm projiziert
- Lochscheibe mit 10 Löchern und Magnethalterung zur Bestimmung der Umdrehungszahl [siehe Abb. 4]
- Stroboskop zur Bestimmung der Umdrehungszahl mit der Lochscheibe (nicht ab-

**Abbildung 5.3.:** Beispiel für den Einsatz von nachbearbeiteten Originalfotografien in den eSkripten

Die Gestaltung der Texte zur Vorbereitung der theoretischen Grundlagen unterliegt un-

<sup>1</sup>„unabhängig“ bezieht sich auf den unmittelbaren inhaltlichen oder aber örtlichen Zusammenhang. Natürlich besteht innerhalb eines Kurstages ein thematischer Zusammenhang zwischen den einzelnen Experimenten.

terschiedlichen Voraussetzungen. So kann es, wie bereits ausgeführt, sein, dass die Lehrveranstaltungen für das Lehramt von Studierenden ohne oder mit nur wenigen universitären Vorkenntnissen besucht werden. Daher müssen diese Kapitel besonders ausführliche Informationen ausgehend von einem sehr niedrigen Kognitionslevel aus bieten, um den Anfängerinnen und Anfängern ebenso eine adäquate Vorbereitung zu ermöglichen. Hingegen kann für die Lehrveranstaltungen des Bachelorstudiums von der Absolvierung einer 2-semesterigen Studieneingangsphase in Physik ausgegangen werden, also können sich auch die Texte auf gewisse Vorerfahrungen stützen. Für die Formulierung der Texte wurden die Richtlinien von Leisen (2005) über die Verwendung der Sprache im Physikunterricht auf Hochschulniveau umgelegt und eingesetzt. Vor allem an die Verwendung von Darstellungsformen wird der Anspruch gerichtet, dass gemäß dem konstruktivistischen Lernmodell für den Physikunterricht nach von Aufschnaiter (1998), ausgehend vom Objekt oder zumindest von einfachen Zusammenhängen, komplexere Zusammenhänge erschlossen werden. So wird der Einsatz von Grafiken, symbolischen Darstellungen und nachbearbeiteten Originalfotografien systematisch betrieben (vgl. Abb. 5.3). Gerade die nachbearbeiteten Originalfotografien sollen den Studierenden in der Vorbereitung als Orientierungs- und Vorstellungshilfe dienen, um den realen Versuchsaufbau und die verwendeten Instrumente zu präsentieren, sodass mit den dargebrachten Fachbegriffen ein visualisiertes Objekt verbunden werden kann. Auch der Text steigert sich langsam im Grad seiner Komplexität, neue Fachbegriffe werden nicht ohne entsprechende Definition eingeführt, die Dichte der Fachbegriffe wird auf dem notwendigen Mindestmaß gehalten und auch Detailliertheitsgrad und Anspruch auf Vollständigkeit in der Erklärungstiefe werden so gewählt, dass sie den Zielen der Praktikumseinheit nicht als unnötiger Ballast im Weg stehen. Bei der Verwendung der mathematischen Darstellungsebene wird darauf geachtet, dass Variablenbezeichnungen während des gesamten Praktikums konsistent verwendet werden und jede neu eingeführte Variable vollständig definiert und erklärt wird (Tabellen zur Variablendefinition). Variablendefinitionen werden wiederholt, wenn die entsprechende Definitionstabelle bereits einige Seiten zurückliegt und der Lesefluss verständnisschädlich unterbrochen werden müsste, wenn zurück geblättert wird (egal, ob virtuell oder auf Papier). Abb. 5.4 zeigt die Variablendefinitionstabellen bei der Aufarbeitung von physikalischen Grundlagen mit intensiver Nutzung der mathematischen Darstellungsebene.

1.4 Versuchsaufbau und Durchführung

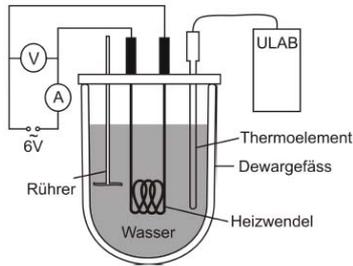


Abbildung 1: Der Versuchsaufbau

Füllen Sie ungefähr 220g Wasser in den Dewar. Die Masse  $m_w$  ergibt sich aus der Differenz des leeren und des mit Wasser gefüllten Gefäßes. Dann verschließen Sie das Kalorimeter mit der Abdeckung mit den Halterungen für Heizwicklung, Temperaturfühler und Rührer. Bauen Sie nun die Schaltung zur spannungsrichtigen Messung von  $U$  und  $I$  auf. Die Wechselspannung liefert ein 6V Transformator. Danach beginnen Sie mit der Temperaturmessung. Nach wenigen Minuten (Vorperiode zur Kontrolle der Anfangsbedingungen) wird die Heizung eingeschaltet und die Temperaturerhöhung als Funktion der Zeit in geeigneter Messfrequenz gemessen (Rührer betätigen). Auch  $U$  und  $I$  sind während der Messung zu notieren. Nach etwa 10 Minuten schalten Sie die Heizung aus und nehmen noch einige Minuten die Nachperiode auf. Mittels graphischer Auswertung (Diagramm Temperatur  $T$  als Funktion der Zeit  $t$ , Ausgleichsgerade) wird der Anstieg  $b = \Delta T / \Delta t$  bestimmt.

1.5 Auswertung

Durch Berechnen der zugeführten elektrischen Energie aus der Spannung  $U$ , der Stromstärke  $I$  und der Zeit  $t$  die geheizt wird und der entsprechenden Erwärmung  $\Delta T$  einer

Menge Wasser mit der Masse  $m_w$  soll nun die spezifische Wärmekapazität von Wasser  $c_w$  in SE-Einheiten bestimmt werden.

Bei konstanter elektrischer Leistung  $P_{el} = UI$  steigt die Temperatur bei nicht zu großer Erwärmung oberhalb Zimmertemperatur zeitlich linear. Als Energiebilanz ergibt sich  $\Delta Q = C_{ges}\Delta T = P_{el}\Delta t = UI\Delta t$ . Die von der elektrischen Heizung abgegebene Energie wird in Form von Wärmeenergie vom Kalorimeter und vom darin enthaltenen Wasser aufgenommen. Die Wärmekapazität  $C_{ges}$  der gesamten Anordnung ist daher die Summe der Wärmekapazitäten des Kalorimeters  $C_k$  und des Wassers  $C_w$ . Somit gilt:

$$C_{ges}\Delta T = (C_k + C_w)\Delta T = UI\Delta t \tag{3}$$

Ist die Masse des Wassers  $m_w$  und die Wärmekapazität des Kalorimeters ( $C_k = 100 \pm 10 \text{ J/K}$ ) bekannt, so erhält man die spezifische Wärmekapazität des Wassers  $c_w$ , die ident zu  $C_w/m_w$  ist.

$$c_w = \frac{UI - C_k}{m_w} \tag{4}$$

Die Temperaturmessung geschieht mit Hilfe eines U-Lab Messsystems.

Berechnen Sie nun  $c_w$ .

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
$C_{ges}$	J	gesamte Wärmekapazität (Dewar + Wasser)
$\Delta Q$	J	Änderung der Wärme
$\Delta T$	K	Temperaturunterschied
$C_k$	J/K	Wärmekapazität Dewar
$C_w$	J/K	Wärmekapazität Wasser
$c_w$	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	spezifische Wärmekapazität von Wasser
$m_w$	kg	Masse des Wassers
$U$	V	Spannung
$I$	A	Strom
$\Delta t$	s	Zeitunterschied
$b = \frac{\Delta T}{\Delta t}$	K / s	Anstieg im T/t-Diagramm

Auf der E-Learningseite von PL2 finden Sie ein Beispiel zur Handhabung des U-Lab Messsystems für eine Temperaturmessung

Abbildung 5.4.: Beispiel für die Variablendefinition in den eSkripten

Sie zeigt aber auch zwei weitere Gestaltungselemente, nämlich die Hervorhebung wichtiger Informationen durch die graue Unterlegung und den gelben Hinweiskasten für eLearning-Zusatzangebote (Webtools) auf der Internetseite des Praktikums rechts in der Abbildung 5.4.

### 5.3. Internetseite und Webtools

Die eSkripten sind eingebettet in eine frei zugängliche Internetseite, die wiederum als funktionale Ergänzung der bestehenden Praktikumsseite eingerichtet ist. Für jedes Praktikum existiert eine Auflistung der Kursthemen, wie im Kapitel 3.1. beschrieben, die als Link zu einer eigenen Seite für jedes Kursthema führt (Abb. 5.5). Diese Kursthemen-Seite ist so aufgebaut, dass im grau hinterlegten Kasten zu Beginn der Link zum eSkript präsentiert wird inklusive der Angabe der Dateigröße. Wenn dieser Link betätigt wird, so öffnet sich im Browser ein neues Fenster, damit die Kursthemen-Seite als Ausgangspunkt der Lernaktivitäten immer präsent ist. Es folgt dann der Block *Grundlagenvertiefung*, in dem zusätzliche inhaltliche Kapitel zur Vorbereitung präsentiert werden, die nur selektiv zur individuellen

Vertiefung des Inhaltes von den Studierenden gewählt werden können. So wird etwa die Funktionsweise elektrischer Messgeräte nicht im Detail im eSkript erklärt, da anzunehmen ist, dass manche Studierenden eine technische Vorbildung aus der Schule mitbringen und über dieses Vorwissen auch verfügen. Hier entscheiden die Studierenden autonom, welche Zusatzinformationen für ihre individuelle Vorbereitung wichtig und notwendig ist. Den Hinweis zu ihrer Existenz und Bedeutung für die experimentelle Aufgabenstellung erhalten sie im eSkript durch die Hinweiskästchen für Webtools.

The screenshot shows a web page with the following structure:

- Header:** Logo for 'eLearning fakultät für physik' and the title 'Messen und Messfehler'.
- Navigation:** A link for 'eLearning Home'.
- Text:** Instructions for users to find additional information in marked boxes and to submit their own links, applets, or simulations to the web administrator.
- DOWNLOAD:** A button to download the 'Anleitungstext.pdf 1.28MB'.
- Grundlagenvertiefung:** A table with columns for 'Link' and 'Beschreibung'.
 

		Link	Beschreibung
	Text	<a href="#">Messgeräte (pdf 244kB)</a>	Funktionsweise elektrischer Messgeräte
	Text	<a href="#">Aufbau einer einfachen Schaltung</a>	Bilder einer einfachen Messanordnung mit Denkaufgaben.
	Text	<a href="#">Denkaufgabe: Welche Schaltung?</a>	Bild einer Schaltung mit Denkaufgaben.
- Zusatzinformationen:** A table with columns for 'Link' and 'Beschreibung'.
 

		Link	Beschreibung
	Applet	<a href="#">Schublehre</a>	Üben Sie das Ablesen der Nonnusskala
		<a href="#">Mikrometerschraube</a>	Üben Sie das Ablesen von der Mikrometerschraube
	Videos		
	Link	<a href="#">Lagerplan</a>	
- Beiträge von Studierenden:** An empty table with columns for 'Link' and 'Beschreibung'.

Abbildung 5.5.: Aufbau der Internetseite eines Kursthemas

Hier finden sich auch weitere selbst entworfene Elemente, wie z.B. die Denkaufgaben für das schrittweise Erlernen komplexerer Fertigkeiten, wie hier z.B. das „Übersetzen“ eines Schaltbildes in eine reale Schaltung mit den im Praktikum verwendeten Versuchsgerten. Auch hier ist anzunehmen, dass manche Studierenden über dieses Vorwissen bereits verfügen und andere wiederum noch nie zuvor einen elektrischen Schaltkreis hergestellt haben. Ein Beispiel für eine derartige Denkaufgabe inklusive der Lösungen ist in Abb. 5.6 dargestellt. Diese Lösungsansicht sieht man erst nach der Darstellung der Aufgaben.

**LÖSUNG: Aufbau einer einfachen Schaltung**

[zurück](#)

Sie sehen hier anhand der Bilderabfolge den schrittweisen Aufbau einer einfachen Schaltung bzw. Messanordnung:

- Verfolgen Sie mit der Maus den (technischen) Stromfluss in diesem einfachen Stromkreis von Plus (rot) nach Minus und zeichnen Sie sich eine Schaltskizze der Schaltung jedes Bildes.  
**Siehe Schaltskizzen neben den Fotos.**
- Überlegen Sie sich nach dem "Einbau" jedes weiteren Bauteils wo der Strom bzw. die Spannung sich teilt und zeichnen Sie das in ihre Schaltskizze ein.  
**Siehe Schaltskizzen neben den Fotos.**
- Was kann mit dem fertigen Messaufbau an dieser Schaltung gemessen werden?  
**Strom und Spannung am Glühlämpchen. Daraus kann der Widerstand des Glühlämpchens und seine Leistung ermittelt werden.**
- Welches Messgerät wird zu welcher Messung herangezogen? Gibt es dafür einen Grund?  
**Das Digitalmultimeter wird als Voltmeter verwendet weil es den größeren Innenwiderstand hat.**
- Handelt es sich um eine strom- oder spannungsrichtige Schaltung?  
**Es ist eine spannungsrichtige Schaltung.**

**Abbildung 5.6.:** Denkaufgabe zu einfachen elektrischen Schaltungen, Lösungsansicht (Lösungen sind orange angezeigt)

Nach dem Block *Grundlagenvertiefung* folgt im Aufbau der Kursthemen-Seite der Block *Zusatzinformationen*, welche dreigliedrig gestaltet ist. Hier werden Webtools verschiedenster Art präsentiert: *Applets* (und Simulationen), die eine animierte und teils interaktive virtuelle Auseinandersetzung mit physikalischen Zusammenhängen ermöglichen, *Videos*, die eine Beobachtung eines bewegten Ablaufs von realen Experimenten ermöglichen und *Links* auf externe Internetseiten, die eine geeignete Aufarbeitung der behandelten physikalischen Themen bieten. Grundsätzlich wird bei der Zusammenstellung dieser Materialien darauf geachtet, dass bestehende, frei zugängliche Webtools verwendet werden. Mit Genehmigung des jeweiligen Autors werden diese Applets und Videos jedoch vorzugsweise auf dem Server der eigenen Internetseite platziert um die Erreichbarkeit zu gewährleisten. Links und einzelne andere Webtools sind auch nur verlinkt und führen von der Internetseite des Anfängerpraktikums weg, wobei alle in einem neuen Fenster geöffnet werden, sodass die Kursthemen-Seite als Ausgangspunkt der Lernaktivitäten immer präsent ist. Die Webtools werden nicht wahllos angeboten sondern nur dann eingebunden, wenn das jeweilige Tool wirklich zur Verbesserung des Verständnisses beitragen kann, wenn sich komplexe Zusammenhänge durch animierte Abfolge und/oder die Möglichkeit der Wahl eines individuellen Lerntempos besser erarbeiten lässt. Videos von realen Experimenten werden teilweise auch selber hergestellt, um etwa in der Vorbereitung die Diskussion neuer oder komplexer Phänomene oder Fachbegriffe zu erleichtern. Beispielsweise wird im Vorpraktikum für das Lehramt beim Experiment der gekoppelten Pendel der „Schwebungsfall“ beschrieben, wobei es,

wie die Erfahrungen der Betreuenden gezeigt haben, sein kann, dass die Studierenden des ersten Semesters weder eine Schwebung kennen, noch das Elongations-Zeit-Diagramm dahingehend interpretieren können, um sich während der Vorbereitung vorstellen zu können, wie diese Bewegung vor sich geht. Dafür wird etwa in diesem Fall ein selbst hergestelltes Video verwendet.

Der letzte Block im Aufbau der Kursthemen-Seite beinhaltet die *Beiträge der Studierenden*. Hier können Studierende selbst geeignete Vorbereitungshilfen für ihre Kolleginnen und Kollegen zur Verfügung stellen. Diese werden nach Überprüfung der Praktikumsleitung bzw. des jeweiligen Verantwortlichen für das Kursthema online gestellt.

### **Unterschiede im Aufbau der Lernumgebung**

Der hier beschriebene Aufbau der Kursthemen-Seite gilt nur für 3 von 4 Lehrveranstaltungen. Für Studierende des Vorpraktikums für das Lehramt, an dem auch erstsemestrige Studierende teilnehmen können, wird von einer Teilung in eSkript und Grundlagenvertiefung Abstand genommen. Auf eine thematische Vertiefung wird hier aus didaktischen Überlegungen verzichtet, um die Menge an Informationen nicht zu groß werden zu lassen. Die wichtigsten Grundlagen werden im eSkript aufgearbeitet.

### **Weitere Leistungen der Praktikums-Internetseite**

- **Termine und Kalender**

Für jede Praktikumslehrveranstaltung ist eine eigene Organisationsseite vorhanden, auf welcher die Kurszeiten, der Vorbesprechungstermin, die Anmeldezeiten und die Kursteilnehmerlisten präsentiert werden. Weiters steht den Studierenden ein interaktiver Kalender des gesamten Semesters zur Verfügung, auf dem sie alle Kursdaten und -zeiten sowie sämtliche Termine im Überblick behalten können.

- **Online-Anmeldesystem**

Das Online Anmeldesystem lässt den Studierenden während der Anmeldezeit den Freiraum, sich einen Kurstag (Wochentag) ihrer Wahl nach dem first-come-first-serve-Prinzip auszuwählen. Zu internen Zwecken dient diese Anmeldung der raschen Erfassung der verwaltungsrelevanten Personaldaten.

- **Organisationsinformationen**

Mit dem Dokument *Grundlagen [...]* steht zu jeder Lehrveranstaltung die detaillierte Information über die Organisation, den Ablauf, die Beurteilungskriterien und die Ziele der Lehrveranstaltung zur Verfügung.

- **technische Hilfestellung**

Sämtliche für die Verwendung der angebotenen Webtools notwendigen Programme, sind als Open-Source Software im Internet erhältlich. Eine eigene Seite mit den hin-führenden Links, soll zur reibungslosen Verwendung der Materialien beitragen.

- **Leitfaden**

Das zentrale Dokument für die Studierenden während des gesamten Praktikums ist

der *Leitfaden für Studierende des Anfängerpraktikums*, in welchem Grundlegendes zur Statistik und Fehlerrechnung, zur Aufnahme und Auswertung von Messdaten, zur Erstellung von Protokollen und alle relevanten technischen Daten zu den verwendeten Messgeräten, sowie kurze Tutorials zum Umgang mit Auswerte-Software zu finden sind.

- **Orientierungstool**

Neben einer Grafik zur Lage des Praktikums im Gebäudekomplex befindet sich ein interaktives Orientierungstool auf der Homepage, das den Studierenden mit Fotografien die Lage des Arbeitsplatzes am jeweiligen Kurstag zeigt.

- **Kontaktmöglichkeit**

Um Personen aus dem Betreuungspersonalstab wiederzufinden, existiert eine Foto-Liste mit Namen und Kontaktmöglichkeit aller Betreuenden.

Durch diesen Mix an Methoden, Möglichkeiten und Angeboten soll den Studierenden ein hoher Grad an Autonomie und Selbstbestimmung im Lernprozess ermöglicht werden, ohne sie dabei zu sehr im Ungewissen zu lassen, ob das von ihnen gewählte Lernmaterial passend zu den Vorstellungen der Lehrenden ist. Weiters ist zu bedenken, dass eine geeignete Vorbereitung zu Erfolgserlebnissen der Studierenden im Praktikum führen kann. Ein Erleben von Kompetenz und Wirksamkeit stellt einen weiteren wichtigen Punkt zur positiven Beeinflussung der intrinsisch motivierten Handlungen dar.

## 5.4. Entwicklungsschritte und Aufgabenteilung

Der Prototyp der eSkripten und des Aufbaus der Internetseite wurde von Irmgard Gorgas und dem Studienautor (Clemens Nagel) in Zusammenarbeit mit einer Gruppe erfahrener Betreuerinnen und Betreuer im Lehramtspraktikum für die Lehrveranstaltung *Vorpraktikum für das Lehramt* erstellt. Die Gruppe der Betreuenden gab Input über vorherrschende Probleme in den einzelnen Themengebieten. Auf Basis dieser Erfahrungsberichte wurden die eSkripten mit dem Programm LaTeX erstellt. Ein geeignetes Template wurde entwickelt und für alle eSkripten dieser Lehrveranstaltung verwendet.

Nach der erfolgreichen ersten Evaluationsstudie wurden den Betreuern der anderen Lehrveranstaltung die Ergebnisse präsentiert und die meisten konnten überzeugt werden, an einer breiten Implementierung der neuen Lernumgebung mitzuhelfen. Die mehr als 16 Betreuer erhielten das LaTeX Template und die bereits vorhandenen Texte als Muster und erarbeiteten in Kooperation mit dem Studienautor als Reflexionslektor der Texte für insgesamt 42 verschiedene Themengebiete die eLearning-Umgebung. Der Studienautor selbst erstellte bzw. adaptierte für folgende Themengebiete die eLearning-Unterlagen<sup>2</sup>: Organisationsdokumente, Leitfaden für Studierende, M1, M2, M3, LKT (später: KM), SW<sup>3</sup>, TM

<sup>2</sup>Alle eLearning-Unterlagen sind auf der Internetseite des Anfängerpraktikums [www.univie.ac.at/anfpra](http://www.univie.ac.at/anfpra) frei zugänglich. Die Kürzel der Themengebiete sind in Kapitel 3.1. erläutert.

<sup>3</sup>die Unterlagen zu SW sind im Anhang detailliert dargestellt

(später KM), AC, DC, PL3 (und PS9), PL8, PL10 (und Teile von PS7), PW2 sowie Teile von PW12.

Insgesamt wurden im Rahmen des Entwicklungsprojekts, neben der Umsetzung der hardware- und softwarebasierten Entwicklungsschritte, im Zuge der Umsetzung der didaktisch-methodischen Entwicklungsziele im Zeitraum von März 2006 bis März 2008 für über 90 Experimente zu 42 verschiedenen Themengebieten die Materialien zur Vorbereitung mit der eLearning-Umgebung des Anfängerpraktikums erstellt.

## 6. Deskriptive Analyse der eLearning-Umgebung

Die deskriptive Analyse der eLearning-Umgebung des Anfängerpraktikums soll einen detaillierten Einblick in die Nutzungsformen und Lernhandlungen derselben durch die anwendenden Studierenden bringen, sowie den subjektiven Stellenwert der eLearning-Umgebung im Lernprozess beschreiben. Die studentischen Voraussetzungen (Vorwissen, bereits erworbene Fertigkeiten) sollen ebenso erhoben werden, wie die Meinungen und Einstellungen der Studierenden zu den einzelnen Tools der eLearning-Umgebung, den eSkripten und der computergestützten Messwerterfassung. Die deskriptive Analyse ist weiters als erster Evaluationsschritt des Entwicklungsprojektes angelegt und dient der Weiterentwicklung der eLearning-Umgebung.

Ebenso soll eine Abschätzung über das Zutreffen der Vorannahmen des eLearning-Projekts für die Studierenden einer Studienrichtung eines Jahrganges gemacht werden. Diese Vorannahmen sind:

- Heterogenes und teils fehlendes Vorwissen der Studierenden,
- kaum vorhandene Erfahrungen mit computergestützter Messwerterfassung und Datenverarbeitung sowie eLearning-Methoden,
- Probleme beim Erfassen von physikalischen Begriffen und Konzepten, sowie
- die eingeschränkten Möglichkeiten der individuellen und selbstgesteuerten Vorbereitung auf die Praxiseinheiten.

### 6.1. Evaluationsstrategie der deskriptiven Analyse

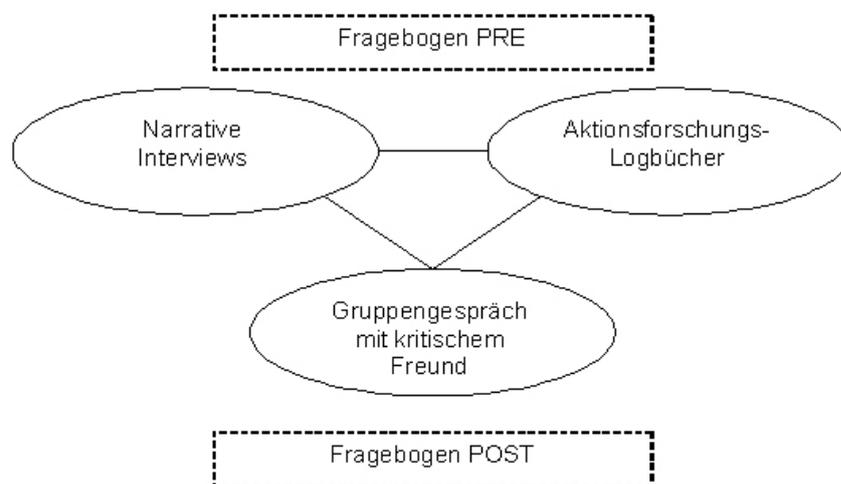
Die Evaluationsstrategie beruht auf dem Grundkonzept der Methodentriangulation, wie in Flick (2004) beschrieben, ergänzt um zwei Fragebögen.

Im Rahmen der Aktionsforschung zur Weiterentwicklung von Unterrichtsmethoden oder -konzepten besteht Triangulation meist aus der Verbindung von Beobachtung und Interview, wobei zu ein und derselben Situation Daten aus drei Perspektiven gesammelt werden (Altrichter & Posch, 2007):

- Perspektive der Lehrperson (z.B. durch Interview)
- Perspektive einzelner Schülerinnen und Schüler (z.B. durch Interview)
- Perspektive von neutralen Dritten (z.B. durch Beobachtung)

Im Rahmen der Fallstudie besteht die Triangulation aus folgenden Methoden der qualitativen empirischen Sozialforschung (siehe auch Abb. 6.1):

- Perspektive der Lehrpersonen bzw. Betreuer (durch direkte Beobachtung mit dem Aktionsforschungslogbuch)
- Perspektive einzelner Studierender (z.B. durch narrative Interviews)
- Perspektive von neutralen Dritten (z.B. durch Gruppengespräche bzw. -diskussionen)



**Abbildung 6.1.:** Methoden zur qualitativen Analyse

Jede Methode wird für sich selbst ausgewertet, analysiert und interpretiert. Weiters wurden die Ergebnisse des Zugriffszählers und die Leistungen der Studierenden (Noten, Bewertung der Protokolle und Prüfungsprotokolle) für die Interpretationen berücksichtigt.

Der Methodentriangulation, die während des Praktikumsbetriebes, also in der laufenden Lernsituation untersucht, ist zudem noch ein Fragebogen *Pre* vorangestellt und ein weiterer Fragebogen *Post* angeschlossen:

Fragebogen *Pre* dient der Charakteristik der untersuchten Gruppe und der Ermittlung der Voraussetzungen, mit welchen die Studierenden das Vorpraktikum für das Lehramt beginnen.

Fragebogen *Post* dient zur Festigung der Hypothesen aus den Triangulationsmethoden, indem dieser als Umfrageinstrument gezielt Anhaltspunkte und Ergebnisse derselben abfragt.

Die Ergebnisse aller Methoden wurden gegenübergestellt und im abschließenden Kapitel *Resümee und Diskussion* zusammengefasst.

Eine detaillierte Beschreibung und Diskussion der Methoden folgt im nächsten Kapitel.

## 6.2. Theoretischer Rahmen und Methodenbeschreibung

### 6.2.1. Fragebogen *Pre*

#### Entwicklung und Durchführung

Der Fragebogen *Pre* wird speziell zum Zweck der Charakterisierung der untersuchten Studierendengruppe entworfen. Mit den Ergebnissen soll ein Überblick über die Voraussetzungen gewonnen werden, mit welchen die Studierenden das Vorpraktikum beginnen. Aus diesen Voraussetzungen sollen Anhaltspunkte über die Vorannahmen des Projekts dokumentiert werden. Im speziellen sollen Rückschlüsse auf die Homogenität des Vorwissens und auf die Motivation der Studierenden am Physikstudium gewonnen werden.

Es werden Fragen zu folgenden Themenkreisen formuliert:

- Besucher Schultyp (Oberstufenform bzw. Sekundarstufe II)
- Ausmaß der Physik-Wochenstunden pro Jahrgang in der Schulform
- Durchschnittliches Ausmaß praktischer Arbeit (Schülerexperimente) im Physikunterricht
- Aktueller Semesterstand des/der Studierenden
- Zweites Lehramtsfach
- Gründe für die Wahl der Fächerkombination
- Bisher besuchte / mit Erfolg abgeschlossene Lehrveranstaltungen
- Selbsteinschätzung der Studierenden (1. Teil der Musteranalyse - siehe Fragebogen *Post*)

Der Fragebogen wird vor Beginn des jeweils ersten Praktikumstages an alle Studierenden ausgeteilt. Die Auswertung erfolgt anonym und summierend.

Die Rückmeldungen werden in Kategorien zusammengefasst und graphisch dargestellt.

## 6.2.2. Narrative Interviews

Mit zwei Studierenden, die sich freiwillig für ein Interview melden wird je ein leitfadengestütztes narratives Interview geführt. Vgl. dazu Lamnek, 1995, sowie Brüsemeister 2000 und Schütze, 1978. Das Ziel der Interviews ist dabei möglichst detailliert, aus freien Stücken und in eigenen Worten der Studierenden zu erfahren, wie sie die vorgegebene eLearning-Umgebung genutzt und erlebt haben, welche Einstellungen sie zu den einzelnen eLearning-Elementen haben, wozu sie diese verwenden und welche Bedeutung die eLearning-Umgebung im Lernprozess gegenüber anderen Faktoren, wie etwa persönliche Betreuung einnimmt. Die Einstiegsfrage ist möglichst offen formuliert und gestattet den Interviewten selbst zu wählen, womit sie ihre Ausführungen beginnen. Weiters sollen Anhaltspunkte für die Operationalisierung der Zielsetzungen der eLearning-Umgebung gefunden und dokumentiert werden. Der Leitfaden dient in erster Linie dem Interviewer als Hilfe sich zu orientieren, was bereits vom Studierenden erwähnt wurde und wonach eventuell noch gefragt werden muss, sowie als Themenfeldüberblick damit ein zu weites Abschweifen des Interviewten vom Interessensbereich rechtzeitig verhindert werden kann.

Der Leitfaden umfasst folgende Fragen:

- Einstiegsfrage  
Wie du sicher schon weißt, seid ihr der erste Kursjahrgang, der das Vorpraktikum in seiner neuen eLearning-Umgebung bestreitet. Nachdem es mein Ziel ist, die Lernumgebung genau zu evaluieren und weiter zu entwickeln, interessiere ich mich sehr dafür, wie du diese Lernumgebung erlebt hast.
- Nutzung des eLearning-Angebotes für die Vorbereitung?
- Hattest du technische Probleme mit der Lernumgebung?
- Orientierung in der Lernumgebung
- Vorwissen / Vorkenntnisse in Physik
- Hat das eLearning-Angebot beim Ausgleichen potentiell fehlenden Vorwissens geholfen?
- Hat das eLearning-Angebot beim Verständnis physikalischer Konzepte geholfen?
- Wie könnte man das Angebot verbessern?

Beide Interviews wurden auf einem Digitaltonträger aufgezeichnet in eine Audio-Datei konvertiert und nach den Transkriptionsregeln vollständig und detailliert transkribiert. Alle namentlich genannten Personen werden anonymisiert.

Im Zentrum des methodischen Interesses stehen die zusammenfassende Aufbereitung und

der Vergleich beider Interviews mit einem klaren Schwerpunkt auf den manifesten Gehalt der Aussagen (Meinungen, Einschätzungen). Es wird eine Themenanalyse angewandt wie von Forschauer & Lueger (2003) beschrieben, welcher keine Hypothesen vorangestellt werden. Hierzu soll ein gemischtes Codierverfahren angewendet werden, bei welchem einerseits hinsichtlich der deduktiven Kategoriendefinitionen selektiv codiert wird, und andererseits Platz für eine offene Codierung geschaffen wird, um gegebenenfalls induktiv Kategorien oder Subkategorien zu definieren. Dem Codierverfahren wird ein dementsprechendes Textreduktionsverfahren vorangestellt, in welchem über die kategorienorientierte Themenbenennung hinaus auch die Narrationsdichte und der Kontext erfasst werden. Nach der Codierung sind die Kategorien und Subkategorien mit Hilfe repräsentativer Textstellen dargestellt, welche auf latente und manifeste Inhalte, sowie subjektive und objektive Bedeutungen analysiert werden. Auf die Gesamtheit dieser Darstellung erfolgt die zusammenfassende Interpretation der Kategorie. Dabei wird mit beiden Interviews gleichermaßen verfahren, wobei die deduktiv definierten Kategorien parallel erarbeitet werden und abschließend in einer komparativen Analyse gegenübergestellt werden. Nach der Bearbeitung etwaiger induktiver Kategorien werden alle Erkenntnisse der einzelnen Kategorien einer zusammenfassenden Interpretation unterzogen. Für die Interpretation wird die Kenntnis der Noten und Prüfungsprotokolle der Interviewten ebenfalls berücksichtigt.

### 6.2.3. Aktionsforschungslogbücher

#### Entwicklung

In Anlehnung an das *Forschungstagebuch*, wie es in der Aktionsforschung nach Altrichter & Posch (2007) für forschende Lehrende empfohlen wird, wurde eine Abwandlung desselben entworfen. Die Lehr- und Betreuungssituationen zwischen den Betreuern und den Lehramtsstudierenden soll einer gezielten Prozessbeobachtung unterzogen werden. Sicherlich ist eine direkte Prozessbeobachtung durch die Belastung der lehrenden bzw. betreuenden Beobachter mit Vorannahmen eine sehr sensible Methode. Sie wird daher auch nur als Teil der Fallstudie angesehen, die für sich alleine nicht bestehen könnte. Der Vorteil, trotz dieser Schwierigkeiten relativ nahe an die komplexen Prozesse des Lehrens und Lernens und an deren Zusammenhang heranzukommen, spricht jedoch für die Methode, wie Altrichter & Posch (2007) argumentieren.

Bei den Betreuern handelt es sich durchwegs um ungeübte Personen in Aktions- und Sozialforschung. Um sie zu motivieren, an der Methode zu partizipieren, wird eine klare Vorkategorisierung in Frageform verwendet, was die Bearbeitungszeit minimieren soll. Die Fragen werden mit Platz zum handschriftlichen Ausfüllen auf ein A4-Blatt gedruckt und sind so für jede Praxiseinheit gleichermaßen wie *Logbuch-Blätter* verwendbar. Dieser Umstand führte letztendlich zur Namensgebung.

## Durchführung

Die Aktionsforschungslogbücher werden an die Betreuerinnen und Betreuer des Vorpraktikums ausgegeben. Sie beinhalten 4 Fragenpaare:

- Sind die Studierenden inhaltlich gut vorbereitet auf die heutigen Experimente? Woran merkt man das?
- Haben die Studierenden unterschiedliches Vorwissen? Woran merkt man das?
- Konnte unterschiedliches Vorwissen ausgeglichen werden? Wodurch?
- Können die Studierenden besseres Verständnis physikalischer Konzepte entwickeln? Woran merkt man das?

Die Fragen decken jene drei Ziele ab, die mit der eLearning-Umgebung erreicht werden sollen: Bessere Vorbereitung der Studierenden auf die Praktikumseinheiten, der Ausgleich von potentiell heterogenem Vorwissen und die Unterstützung zum besseren Verständnis physikalischer Konzepte. Ziel dieser Aktion ist es, alle Kurstage hindurch die Eindrücke der Betreuer zu den oben genannten Fragenpaaren fest zu halten. Durch die Fragen nach der Begründung ihrer Eindrücke werden die Betreuer angehalten, sich über die Operationalisierung der Ziele Gedanken zu machen: Hier soll festgehalten werden, woran konkret die Ziele der Lernumgebung gemessen, bzw. beurteilt werden können.

Abb. 6.2 zeigt die Termine des Vorpraktikums im Wintersemester 2006. Die Kürzel neben den Daten stehen für die Retournierung eines ausgefüllten Logbuchblattes durch den jeweiligen Betreuer. Dunkelgrau unterlegt sind die jeweiligen Praktikumstermine. Hellgrau die Vorbesprechungstermine, wobei der 25. Oktober der verbindliche Einschreibungstag ist, an dem alle Studierenden in Gruppen eingeteilt werden und den Praktikumsablauf erklärt bekommen.

Mo	Di	Mi	Do	Fr
2.10.	3.10.	4.10.	5.10.	6.10.
9.10.	10.10.	11.10.	12.10.	13.10.
16.10.	17.10.	18.10.	19.10.	20.10.
23.10.	24.10.	25.10.	Nationalfeiertag	27.10.
30.10.	31.10.	Allerheiligen	Allerseelen	3.11. Na, Bu
6.11.	7.11. Ko,	8.11. St, Ma	9.11. Ko,	10.11. Na, Bu
13.11.	14.11. Schl,	15.11.	16.11. ReH	17.11. Na, Bu
20.11.	21.11. Schl,	22.11. Na, St	23.11. Ko	24.11. Bu
27.11.	28.11. Baj	29.11. Go	30.11. ReH	1.12. Bu
4.12.	5.12. Baj,	6.12.	7.12. Pi	Karitag/1. Advent
11.12.	12.12. Baj,	13.12.	14.12.	15.12.
<b>Weihnachtsferien</b>				
8.1.	9.1. Schl,	10.1.	11.1. Ko,	12.1. Na, Bu
15.1.	16.1. Schl,	17.1.	18.1.	19.1. Na,
22.1.	23.1. Abschluss	24.1. Abschluss	25.1. Abschluss	26.1. Abschluss
29.1.	30.1.	31.1.		

Abbildung 6.2.: Terminkalender für das Vorpraktikum im Wintersemester 2006

## Auswertung der Aktionsforschungslogbücher

Die Rücklaufquote der Aktionsforschungslogbücher wird überprüft und eingetragen. Jedes Logbuchblatt hat eine bestimmte Personenzahlabdeckung der Gesamtstichprobe, welche sich dem Verhältnis eingeteilter Betreuer zur Anzahl betreuter Studierender ergibt. Diese Quote wird bestimmt, um so die prozentuelle Abdeckung der Logbucheinträge über die untersuchte Gruppe festzulegen und damit einen Eindruck über die Aussagekraft der Methode zu gewinnen. Die gesamte Information wird einem mehrstufigen axialen Reduktions-, Explikations- und Codierverfahren unterzogen - einem Datenanalyseprozess modifiziert nach Miles und Hubermann (1984).

Die Rückmeldungen zu jeder Fragengruppe werden in 3 deduktiv definierte Kategorien streng selektiv codiert:

- bejahende Rückmeldungen
- verneinende Rückmeldungen
- wertungsfreie Rückmeldungen

So ergibt sich ein quantitativ gestützter Überblick über die Kategorien durch Zählung. Die, über die bloße Beantwortung des geschlossenen Frageteils hinausgehenden Ausführungen werden sinngemäß transkribiert und dabei gegebenenfalls reduziert. Die kurstagsspezifische Unterscheidbarkeit der Informationen bleibt dabei bestehen. Die so geordneten Begrün-

dungen werden einem induktiven, aber ebenfalls selektiven Codierverfahren unterzogen, welches auf die Beziehungen der bereits definierten Kategorien Rücksicht nehmen soll.

In der folgenden Interpretation werden die Definition der Subkategorien und ihre Beziehungen mit Hilfe von Beispielzitate beschrieben, verglichen und hinsichtlich der Fragestellung bewertet. Die Interpretation erfolgt unter Berücksichtigung der Ergebnisse der narrativen Interviews.

#### 6.2.4. Gruppengespräche

Die Gruppengespräche sind als dritter Teil einer Methodentriangulation konzipiert, welche im laufenden Lernprozess die Nutzung der eLearning-Umgebung in Relation zur den anderen Komponenten der Lernumgebung untersucht. Ein *unbeteiligter Dritter* - auch *kritischer Freund*<sup>1</sup> genannt- führt diese Gespräche, fasst die Aussagen zusammen und dokumentiert seine Eindrücke. In seiner Funktion als studentischer eLearning-Beauftragter nimmt der Studienrichtungsvertreter diese Aufgabe wahr. Seine Funktion steht mit der Entwicklung der Lernumgebung im Anfängerpraktikum lediglich in der Beziehung, dass er Vertrauensperson bzw. Ansprechpartner der Studierenden bei Problemen und Anliegen im eLearning-Bereich ist. Das Gespräch wird ohne Leitfaden oder Vorgaben geführt. Die Studierenden werden gebeten, dem studentischen eLearning-Beauftragten alles mitzuteilen, was ihnen zur neuen Lernumgebung einfällt.

Das Gruppengespräch ist somit eine Variante der Gruppendiskussion mit dem methodologischen Ziel, die Meinungen und Einstellungen einzelner Studierende und der Gruppe zur eLearning-Umgebung im Vorpraktikum zu erheben. Für die Gruppendiskussion als Methode dieser Fallstudie spricht, dass sie komplementär zu anderen Erhebungsmethoden eingesetzt wird, hohe Effektivität bei geringem Ressourceneinsatz von Personal und Zeit aufweist und besonders hilfreich bei der qualitativen Untersuchung von Motivationsstrukturen ist (Lamnek, 1995).

Die Gespräche finden an den beiden vollbesetzten Kurstagen (Mittwoch, Freitag) statt und nehmen zu Beginn des jeweils dritten Praktikumstages eher einen ersten Eindruck der Studierenden zur neuen Lernumgebung wahr.

Die dokumentierten Gruppengespräche werden vom studentischen eLearning-Beauftragten geführt und einem inhaltsanalytischen Verfahren mit reduktiv-deskriptivem Kategorienschema unterzogen. Sie fließen in das Resümee und die abschließende Diskussion mit ein.

---

<sup>1</sup>ein kritischer Freund kann sich in die Situation des Gegenübers einfühlen und ihm mit Sympathie begegnen. Gleichzeitig ist er aber auch bereit und in der Lage dazu, informationsreiche und ehrliche Antworten zu geben.

### 6.2.5. Fragebogen *Post*

#### Entwicklung und Durchführung

Die Entwicklung des Fragebogens beruht auf den generellen Zielen der qualitativen Analysemethoden, die begleitend zur Implementation der eLearning-Umgebung in das Anfängerpraktikum zur Anwendung kommen. Der Fragebogen ist bewusst nur als Umfrage gedacht, welche zwar quantifizierbare Daten liefert, die jedoch auf keiner vorangehenden Operationalisierung fußt oder einer Validierung unterzogen wurde. Ähnlich wie es Burkhardt (1995) im Bereich der Schulentwicklungs-evaluation beschreibt, dient der Fragebogen *Post* der Evaluation und der Weiterentwicklung der Institution *Anfängerpraktikum* und seiner neuen eLearning-Umgebung.

Bei der Entwicklung der Fragen wurden Hypothesen und Vorannahmen aus den Auswertungen der bislang beschriebenen Methoden berücksichtigt. Bei der Gestaltung wurden die Anregungen zur Gestaltung und Verwendung von Fragebögen von Altrichter & Posch (2007, 168) berücksichtigt. Aus diesem Grund hat der Fragebogen 3 Teile:

- **Einen geschlossenen Fragenteil** mit nur 2 Antwortmöglichkeiten je Frage (ja / nein), einen offenen Fragenteil zur freien Beantwortung durch die Studierenden und die Selbsteinschätzungsfragen, wie sie auch schon im Fragebogen *Pre* vorkommen. Die geschlossenen Fragen basieren auf ersten Hinweisen für mögliche Hypothesen nach der Auswertung des 1. narrativen Interviews, betreffend der Nutzung der einzelnen Komponenten der eLearning-Umgebung zur Vor- und Nachbereitung und den dazugehörigen Lerntypus.
- **Die offenen Fragen** sollen zudem Platz für eigene Ausführungen bieten. Einerseits besteht die Möglichkeit selbst zu ergänzen, falls sich die Studierenden anders als im geschlossenen Fragenteil vorgegeben, vorbereitet haben. Andererseits wird explizit danach gefragt, wie die Studierenden die Lernumgebung genutzt haben, was sie daran positiv und was negativ bewerten.
- **Die Selbsteinschätzung** dient der Überprüfung, ob die Studierenden von sich selbst den Eindruck haben, in diesem Semester etwas dazugelernt zu haben, was eine Grundvoraussetzung dafür ist, mögliche Erfolgsfaktoren in der eLearning-Umgebung zu identifizieren.

Der Fragebogen wurde den Studierenden nach dem Abschlussgespräch von Fr. Dr. Gorgas zum Ausfüllen übergeben. Die Bögen wurden anonym retourniert.

## Auswertung

Die Auswertung der Fragenkategorien ist anonym und dennoch personenbezogen durchgeführt, da alle Bögen nach der Reihenfolge ihrer Datenverarbeitung nummeriert sind. Dadurch können auch unterschiedliche Aussagen zu den verschiedenen Fragen miteinander in Beziehung gestellt werden, was eine nicht unwesentliche Hilfe für den Codierungsschritt ist. Die geschlossenen Fragen und die Selbsteinschätzungsfragen werden quantifiziert dargestellt und deskriptiv abgehandelt. Die Antworten auf die offenen Fragen werden fragenbezogen transkribiert und einem Codierverfahren unterzogen, welches zum Ziel hat, induktiv Kategorien zu definieren, die der Beschreibung und Zusammenfassung der Antworten dienen.

### 6.2.6. Zugriffszähler

Für die Internetseite, welche die eLearning-Umgebung beinhaltet, wurde ein Zugriffszähler installiert, der jeden Tag die Zugriffe unterschiedlicher IP-Adressen erfasst und speichert. Auf Grund einfacher öffentlicher Zugangsmöglichkeiten der Studierenden zu Computern und Internetverbindungen an der Universität würde eine IP-Adressenüberwachung keine Sicherheit geben, ob es sich bei unterschiedlichen Zugriffszeiten um die selbe Person handelt. Eine exakte personelle Zugriffserfassung wäre nur in einer geschlossenen Lernplattform wie etwa WebCT-Vista möglich gewesen. Diese Zugangsbeschränkungen und Zugriffsüberwachungen würden der pädagogischen Zielsetzung und den ethischen Überzeugungen der Lehrveranstaltungsleitung massiv widersprechen. Denn selbst diese bieten letztendlich keinerlei Sicherheit, da auch Zugangsdaten ausgetauscht oder Vorbereitungen gemeinsam vollzogen werden können.

Der vorliegende Zugriffszähler bietet also nur Anhaltspunkte über den Verlauf an Zugriffen und die Frequentierung der Internetseite. Er legt Trends offen und ermöglicht das Aufstellen oder Untermauern von Hypothesen, die aus dem Gesamtbild aller qualitativen Forschungsmethoden der Fallstudie erstellt werden.

## Auswertung

Die automatischen Auswertungen des Zugriffszählers werden ausgedruckt und die Tagesszugriffssumme über den untersuchten Zeitraum in ein geeignetes Auswerteprogramm übertragen. Dort werden die Monatsmittel um den Schnitt korrigiert, der in den praktikumsfreien Monaten aufgezeichnet wurde, um sodann einen Monatszugriffsschnitt pro abgehaltenem Praktikum zu errechnen. Tageszugriffsverlauf und korrigierter Schnitt werden deskriptiv analysiert und fließen in das Resümee und die Diskussion der Fallstudie ein.

## 6.3. Qualitätssicherung von Daten und Interpretation

Im großen Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens stehen 3 Kriterienbereiche der Aktionsforschung nach Altrichter & Posch (2007) im Vordergrund:

- **Erkenntnistheoretische Kriterien**, die sich auf die Güte der Befunde beziehen
- **Pragmatische Kriterien**, die sich auf die Verträglichkeit mit der Praxis beziehen
- **Ethische Kriterien**, die sich auf die Vereinbarkeit mit den pädagogischen Zielen stützen und auf den Grundsätzen humaner Interaktion basieren

Pragmatische und ethische Kriterien beziehen sich in erster Linie auf die angewandten Methoden:

Forschungsprozess und Untersuchungsinstrumente sind derart gestaltet, dass sie von professionellen Praktikern (den lehrenden und forschenden Personen) ohne übermäßigen Zeitaufwand für die Weiterentwicklung ihrer Praxis genutzt werden können. Die umfangreichen Auswertungen der eingesetzten Aktionsforschungsmethoden werden durch den Autor der Studie im Rahmen eines eigens dafür konzipierten Projekts, wie bereits beschrieben, durchgeführt. Die Betreuer haben durch die Adaptierung des Aktionsforschungstagebuches zum Aktionsforschungs-Logbuch einen eingeschränkten Aufwand zur Datenerfassung, der ihre Betreuungstätigkeit nicht einschränkt.

Der Forschungsprozess im Rahmen der qualitativen Methoden gerät in keinerlei Konflikt mit den pädagogischen Zielen und entspricht zur Gänze den Grundsätzen humaner Interaktion.

Im Sinne der erkenntnistheoretischen Kriterien gilt es Objektivität, Reliabilität und Validität der Daten sicherzustellen:

### **Objektivität:**

Um die Objektivität grundsätzlich zu gewährleisten, vergegenwärtigt sich der Interpretierende aller Methoden, der gleichzeitig auch Interviewer und Entwickler der zu evaluierenden Lernumgebung ist, alle seine Erwartungen hinsichtlich der Ergebnisse und Beziehungen zu den involvierten Personen vor dem Analyseprozess, um eine entwicklungszielorientierte Voreingenommenheit weitestgehend auszuschließen.

Die Objektivität der Analyse der narrativen Interviews wird durch das Nachvollziehen und gemeinsames Reflektieren der Interpretation durch mehrere Personen sichergestellt. Im Rahmen eines Methodenseminars hat eine Studierendengruppe von 16 Personen Modelle für das Kategoriensystem besprochen, sowie die Interpretation von Kategorie 1 kritisch reflektiert. Die Leiterin dieses Seminars, Fr. Dr. Agnes Turner, von der Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universität Klagenfurt, hat die gesamte Fallstudie und deren Interpretation gemeinsam mit dem Autor reflektiert.

Die Objektivität der Fragebögen-Analyse und jener der Aktionsforschungslogbücher wird durch kritisches Reflektieren und Nachvollziehen der Kategoriendefinition von Kollegen

Christian Primentshofer und Dissertationsbetreuer Dr. Helmut Kühnelt im Rahmen eines Doktorandenseminars an der Fakultät für Physik der Universität Wien sichergestellt.

Für die *Gruppengespräche mit dem kritischen Freund* kann keine Objektivitätsprüfung durchgeführt werden, da die Ergebnisse durch den Interviewer Daniel Imrich (studentischer eLearning-Beauftragter) in zusammengefasster Form vorliegen, und seine individuellen Interpretations- und Kategorisierungsschritte nicht mehr nachvollziehbar sind. Dennoch liefert die Außenperspektive des *kritischen Freundes* allein schon eine zusätzliche Objektivitätsprüfung (vgl. Altrichter & Posch 2007, 178)

Alle genannten Interpretationsschritte und Zusammenfassungen wurden zudem von Praktikumsleiterin Dr. Irmgard Gorgas und Dissertationsbetreuer Dr. Helmut Kühnelt nachvollzogen und kritisch reflektiert. Alle Rückmeldungen werden im Sinne objektiver Forschungsergebnisse in die Interpretation der Daten mit eingebaut.

#### **Validität:**

Die Validität des qualitativen Forschungsansatzes wird durch eine kritische Gegenüberstellung der Ergebnisse aller einzelnen Forschungsprozesse im Rahmen der Fallstudie überprüft und argumentiert (nach Altrichter, 1986).

#### **Reliabilität:**

Eine Reliabilitätsprüfung im engeren Sinn kann für diesen mehrschichtigen Forschungsansatz dieser Fallstudie nicht sinnvoll angewandt werden, da die Methoden von ihrer Grundintention nicht auf der Überprüfung von Hypothesen aufbauen und eine Wiederholbarkeit unter gleichen Bedingungen für eine Fallstudie mit einem Jahrgang Lehramtsstudierender (24 Personen) nicht durchführbar ist. Im weiteren Sinn kann jedoch der Einsatz unterschiedlicher Datenerfassungsinstrumente zu verschiedenen Zeitpunkten bei übereinstimmenden Ergebnissen auf die Reliabilität von - die Allgemeinheit betreffenden - (abgeleiteten) Hypothesen Rückschlüsse geben. Weiters wird für den Fragebogen *Post* im Rahmen eines Dissertantenseminars eine stichprobenartige Reliabilitätsprüfung (im Sinne einer Wiederholbarkeit) mit Kollegen Christian Primentshofer und Dissertationsbetreuer Dr. Helmut Kühnelt durchgeführt, indem die Codierung vorhandener Rohdaten in Kategorien unabhängig nachvollzogen und verglichen wird.

## **6.4. Ergebnisse des Fragebogens *Pre* - Beschreibung der untersuchten Gruppe**

Der Fragebogen *Pre* dient wie bereits in der Methodenbeschreibung erläutert, der Beschreibung der Studierendengruppe, deren Verhalten und Einstellung zur eLearning-Umgebung Gegenstand der Fallstudie zur deskriptiven Analyse ist.

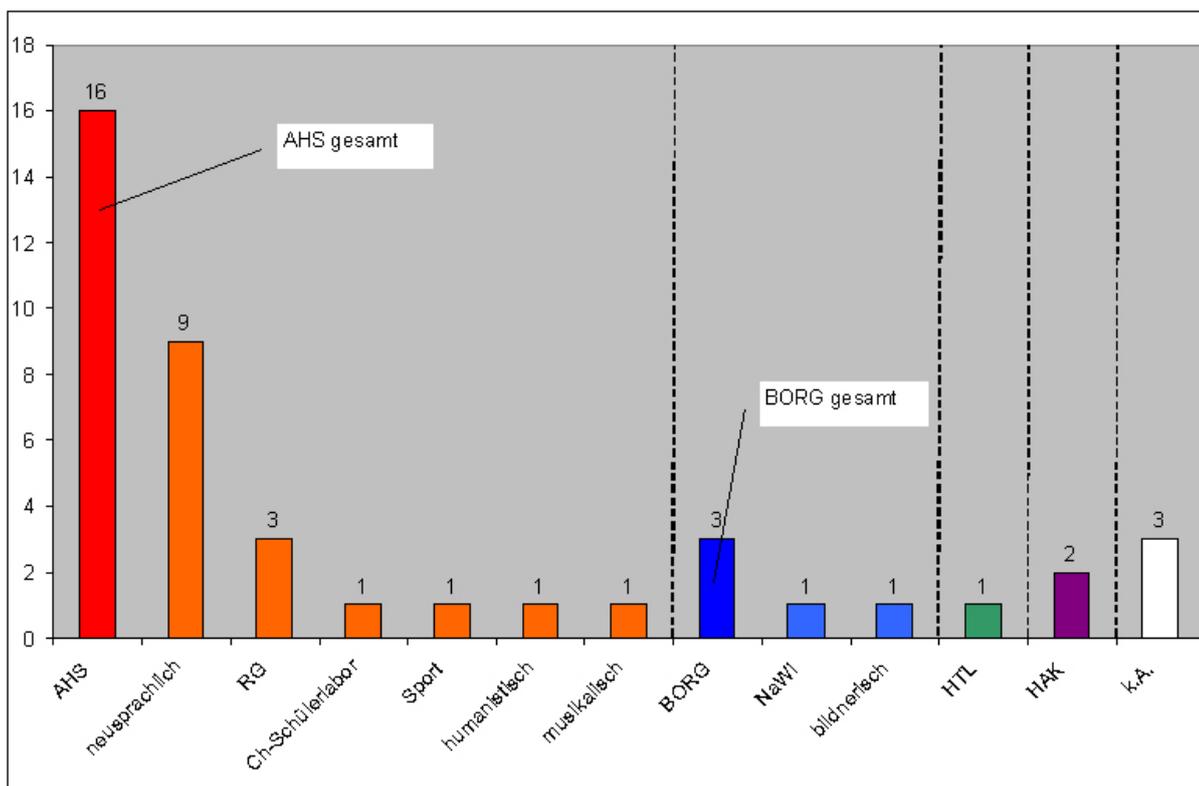
Aus Gründen der Übersicht werden die Ergebnisse des Fragebogens *Pre* in drei inhaltlich verbundenen Teilen präsentiert.

### 6.4.1. Schulische Vorbildung

Wie man in Abb. 6.3 erkennen kann, haben die meisten Studierenden, nämlich 16, ihre Matura in einer allgemeinbildenden höheren Schule (AHS), also in einer 4-jährigen Oberstufenform mit vorangegangener 4-jähriger AHS-Unterstufe abgelegt. Davon besuchte der überwiegende Teil ein *neusprachliches Gymnasium*, in welchem ein Sprachschwerpunkt (Französisch, Latein) gesetzt ist. Nur vier Personen besuchten ein Realgymnasium bzw. eines mit Chemie-Schülerlabor. In Realgymnasien wird ein mathematisch-naturwissenschaftlicher Schwerpunkt gesetzt. Drei Personen besuchten Gymnasien mit anderen Schwerpunkten. 3 Personen absolvierten die Matura in einem Bundes-Oberstufen-Realgymnasium (BORG), welches eine allgemeinbildende höhere Schule in 5-jähriger Oberstufenform ist. Als Realgymnasium hat dieser Schultyp eine generelle mathematisch-naturwissenschaftliche Ausrichtung. Einer dieser 3 Absolventen hat sogar einen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt (Schularbeitsfächer Physik und Biologie) belegt.

Eine Person absolvierte eine höhere technische Bundeslehranstalt (HTL), 2 Personen eine Bundes-Handelsakademie (gewerblich-betriebswirtschaftliche Ausbildung).

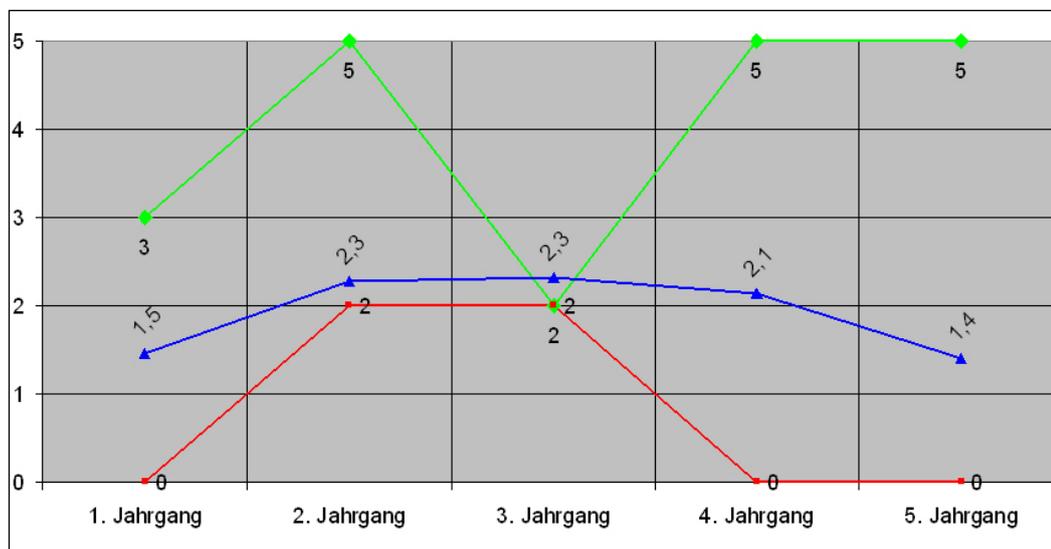
3 Personen machten keine Angaben.



**Abbildung 6.3.:** Besucher Schultyp (Oberstufe bzw. Sekundarstufe 2) und Schulzweig bzw. Schwerpunktsetzung. *Jeweils der linke Balken steht für die Summe aller Zweige eines Schultyps.*

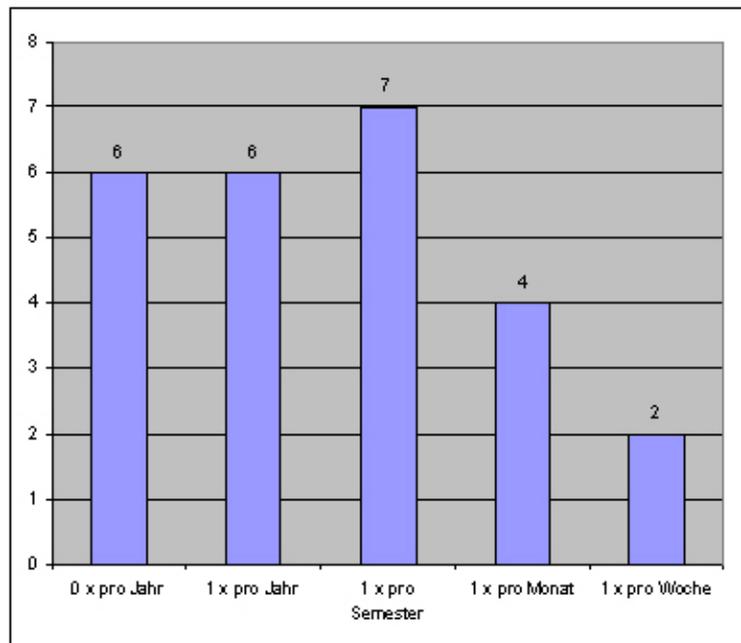
Alle Studierenden wurden nach der Wochenstundenanzahl des Physikunterrichts pro Jahrgang gefragt. Der erste Jahrgang entspricht dem ersten Jahr in der Oberstufenform der absolvierten Schule (Sekundarstufe 2). Die blaue Kurve in Abb. 6.4 entspricht dem Jahrgangsmittelwert. Die Studierenden hatten also im Schnitt rund 2 Stunden pro Woche Physikunterricht, wobei sich dieser eher auf die Jahrgänge 2 bis 4 konzentriert. Der 5. Jahrgang wurde nur über die 5-jährigen Schulformen gemittelt.

Die grüne Kurve ist die höchste rückgemeldete Unterrichtsstundenanzahl, die rote Kurve die geringste.



**Abbildung 6.4.:** Wochenstundenanzahl des Physikunterrichts pro Jahrgang: *blau: Mittelwert, grün: höchste Anzahl, rot: niedrigste Anzahl.*

Auf die Frage, wie häufig Schülerexperimente (praktische Arbeiten) die Studierenden im eigenen Physikunterricht gemacht haben, antworten die Studierenden wie in Abb. 6.5 ersichtlich. Den Häufigkeiten der Kategorien ist zu entnehmen, dass nur 6 Personen wirklich regelmäßig Schülerversuche durchgeführt haben (zumindest 1 Mal pro Monat), also über eher mehr praktische Vorerfahrung verfügen als die Kollegen, von denen 6 Personen in der Schule offensichtlich nie selbst Experimente durchgeführt haben.



**Abbildung 6.5.:** Häufigkeit praktischer Arbeit im eigenen Physikunterricht (Schülerver-  
suche)

### 6.4.2. Fächerwahl und Motivation

Die Frage nach dem Zweitfach ergibt folgendes Bild (siehe Abb. 6.6):

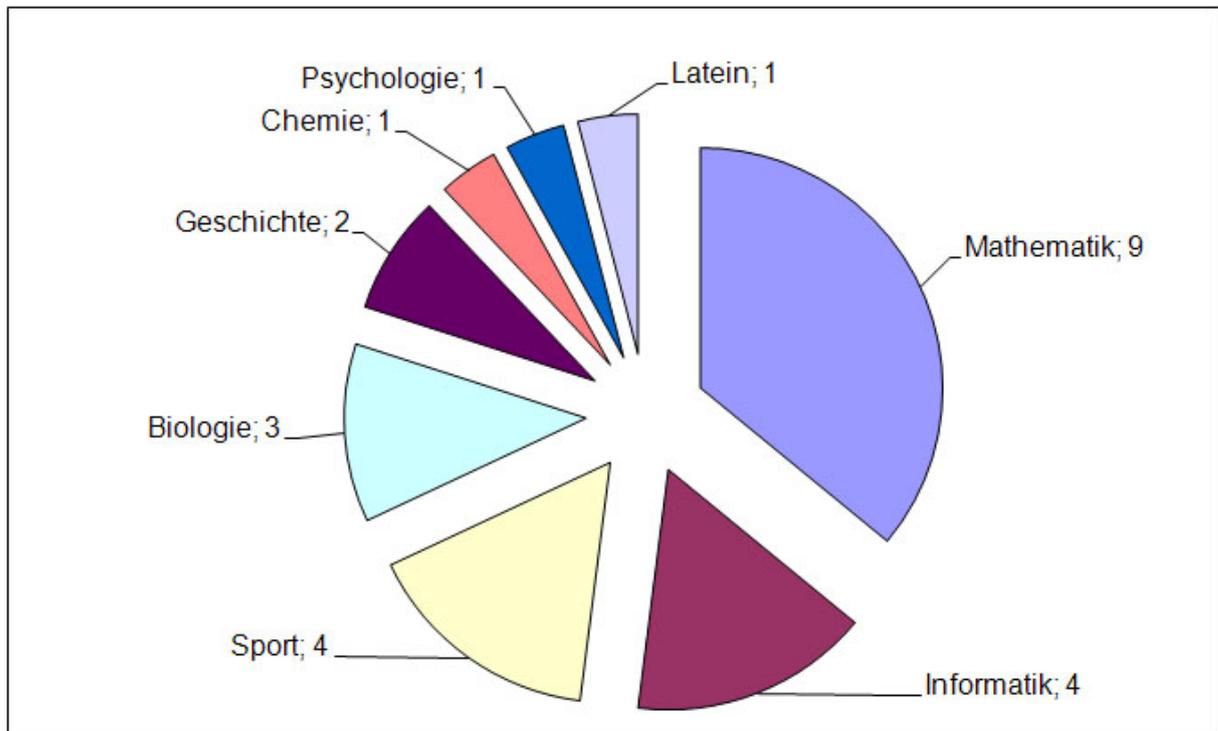


Abbildung 6.6.: 2. Lehramts-Fach neben Physik

Der Großteil, also etwa ein Drittel der Studierenden, kombiniert Physik mit Mathematik, was in den Vorjahren sogar noch übertroffen wurde (vgl. Nagel 2005, 174). Es zeigt sich jedoch, dass mit Chemie, Biologie und Informatik ein weiteres Drittel zur Kombination mit naturwissenschaftlichen Fächern neigt. Das dritte Drittel kombiniert mit geisteswissenschaftlichen Fächern wie Latein, Geschichte<sup>2</sup> oder Psychologie<sup>3</sup>.

Die Motivation zur Fächerwahl wurde in 4 induktiv definierte Kategorien codiert und quantifiziert dargestellt, die jeweils als Subkategorie die Rubrik *explizit nicht Physik betreffend* aufzeigt, welche die Anzahl der Aussagen rein das zweite Fach betreffend darstellt.

<sup>2</sup>Das konkrete Unterrichtsfach lautet z.B. *Geschichte, Sozialkunde und politische Bildung*

<sup>3</sup>Das konkrete Unterrichtsfach lautet *Psychologie, Philosophie und Pädagogik*

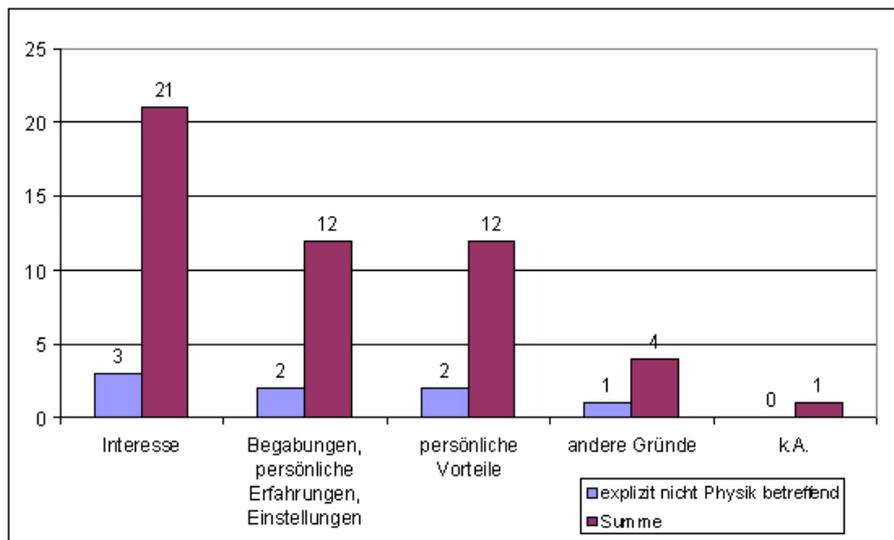


Abbildung 6.7.: Motivation zur Fächerwahl, Antworten quantifiziert und kategorisiert

Die meisten Aussagen betreffen schlicht das Interesse an Physik. Auffallend ist der hohe Anteil an erwarteten persönlichen Vorteilen (z.B. Physik mache es einfacher eine Anstellung als Lehrer zu bekommen) mit 12 Nennungen. 12 Nennungen betreffen auch die persönlichen Einstellungen, Begabungen und Erfahrungen.

### 6.4.3. Universitäre Vorbildung

Die Frage nach dem Semesterstand ergab, dass mit Ausnahme von 2 Quereinsteigern im 2. Semester und 2 Studierenden im 5. Semester, etwa die Hälfte der Studierenden im 3. Semester das Vorpraktikum absolviert (siehe Abb. 6.8). Diese 4-semestrige Studiervariante des ersten Studienabschnittes empfiehlt die Absolvierung des Vorpraktikums im 3. Semester nach Absolvierung der Grundlehrveranstaltungen im 1. und 2. Semester.

Etwa ein Drittel aller Studierenden scheint die 2-semestrige Studiervariante zu betreiben, die vorsieht, alle Lehrveranstaltungen des ersten Studienabschnittes in 2 Semestern unterzubringen. Diese Gruppe Studierender befindet sich gerade im 1. Semester und verfügt über kaum andere als die schulische Physik-Vorbildung.

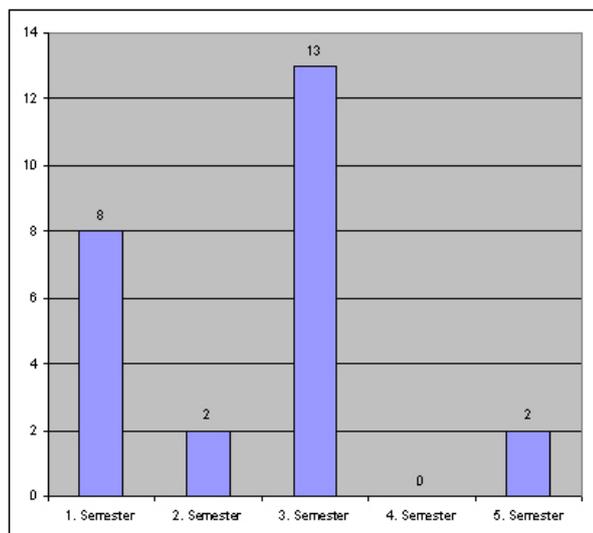


Abbildung 6.8.: momentaner Semesterstand im Physik-Lehramtsstudium

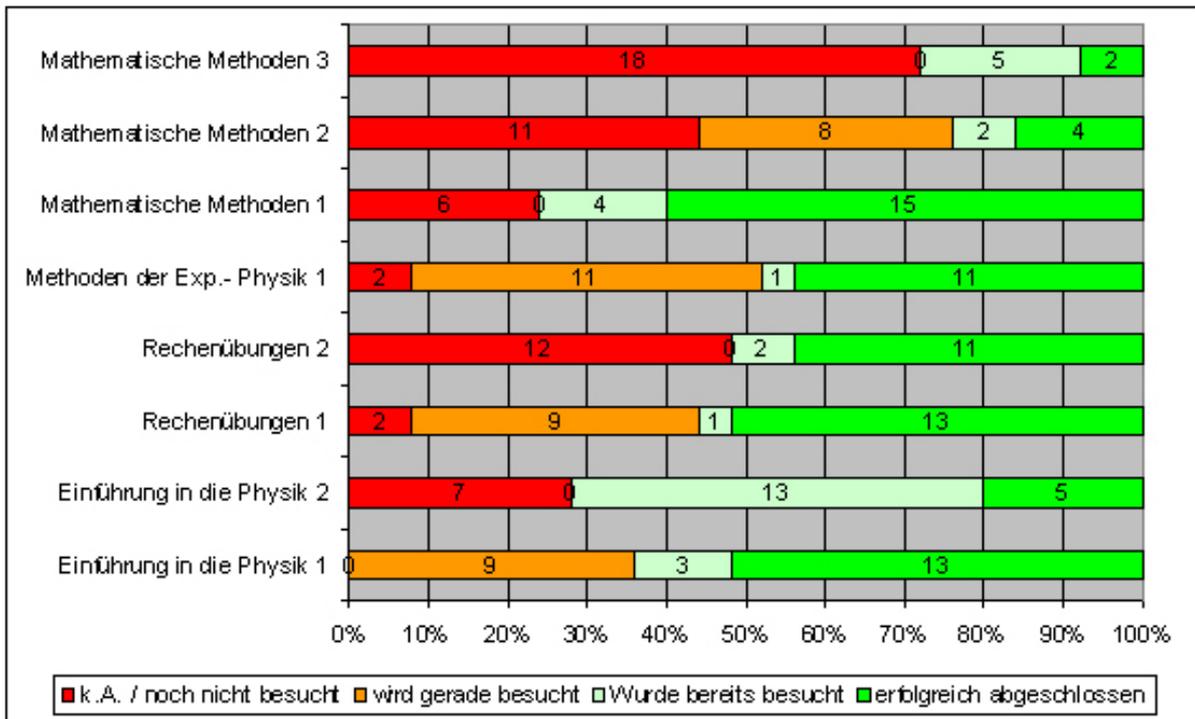
Die Abb. 6.9 gibt Aufschluss über den Status der Absolvierung der Grundlehrveranstaltungen der ersten 2 Semester (bei 4-semesteriger Studiervariante). Die Studierenden konnten zwischen 4 Kategorien wählen:

- *noch nicht besucht / k.A.*: Diese Lehrveranstaltung wurde noch nicht besucht oder es wurde keine Angabe dazu gemacht.
- *wird gerade besucht*: Diese Lehrveranstaltung wird im selben Semester wie das Vorpraktikum besucht.
- *wurde bereits besucht*: Diese Lehrveranstaltung wurde bereits besucht, ein positiver Abschluss ist jedoch noch ausständig.
- *erfolgreich abgeschlossen*: Diese Lehrveranstaltung wurde bereits besucht und erfolgreich abgeschlossen.

Der Überblick zeigt, dass erst 20 % der Studierenden die Vorlesung *Einführung in die Physik 2* positiv abgeschlossen haben, wenn sie das Vorpraktikum beginnen. Diese Vorlesung behandelt jedoch unter anderem die Grundlagen in Elektro- und Magnetostatik und -dynamik. Weiters beachtenswert ist die noch geringere Absolvierungsquote von weniger als 10 % für die Lehrveranstaltung *Mathematische Methoden der Physik 3*, welche etwa die für die statistischen Auswertemethoden sehr wichtige Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik beinhaltet und die in der Akustik relevante Fourierreihe und - Transformation.

#### 6.4.4. Zusammenfassung und Resümee

Die Ergebnisse des Fragebogens *Pre* haben gezeigt, dass alleine schon durch die unterschiedlichsten Schultypen und -Zweige eine hohe Heterogenität der Voraussetzungen für das Physikstudium gegeben ist. Die unterrichteten Wochenstunden weisen ebenfalls darauf hin. Die Erfahrung der Studierenden mit praktischer Arbeit in der Physik bzw. Experimentierfertigkeiten sind sehr gering. Die überwiegende Mehrheit hat sehr selten Schülerexperimente in der Schulzeit durchgeführt.



**Abbildung 6.9.:** Absolvierungs - Status von universitären Lehrveranstaltungen aus dem 1. Abschnitt des Lehramtsstudiums der Physik

Auffallend an der Motivation für die Fächerwahl ist, dass offenbar erwartete persönliche Vorteile durch ein Physik-Lehramtsstudium zumindest für einen Teil der Studierenden eine wichtige Rolle spielen. Diese Meinung nimmt jedoch nicht überhand und daher kann man annehmen, dass für die überwiegende Mehrheit das Interesse am Fach Physik groß ist und intrinsische Motivation gegenüber anderen Beweggründen Physik zu studieren, dominiert. Die Kombinationsfächer sind zu 2/3 mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer.

Die universitäre Vorbildung in Physik zeigt, dass speziell im Bereich der Elektrizitätslehre und der Mathematik wenig Vorwissen vorhanden sein dürfte. Denn sogar diejenigen, welche Mathematik als Zweitfach studieren, und die Physik-internen Mathematiklehreveranstaltungen nicht besuchen müssen, können im 3. Semester in der Regel noch nicht auf spezielles mathematisches Anwendungswissen (z.B. Differentialgleichungen, Fourierreihe, Wahrscheinlichkeit und Statistik) zurückgreifen.

Insgesamt ergibt das ein sehr inhomogenes Bild von Vorbildung und möglichem Vorwissen.

## 6.5. Ergebnisse der narrativen Interviews

Nach der Reduktion waren zu 4 Themenbereichen im Schnitt je 6 - 10 passende Textstellen dokumentiert und im Zuge des Codiervorgangs wurden 3 Kategorien und 6 Subkategorien ausgearbeitet, die letztlich im Schnitt mit je 4 Textstellen pro Interview analysiert wurden.

1. Kategorie: Charakteristiken der eLearning-Umgebung
  - a) Subkategorie: eSkripten
  - b) Subkategorie: Homepage, Zusatzinformationen
  - c) Subkategorie: Computergestützte Messwerterfassung und Datenverarbeitung
  - d) Subkategorie: Probleme mit der eLearning-Umgebung
2. Kategorie: eLearner - Typologie
  - a) Subkategorie: Nutzungstypen
  - b) Subkategorie: Lerntypen
3. Persönliche Betreuung und Autoritätsverhältnisse

### 6.5.1. Falldarstellungen

#### Studentin 1

Studentin 1 ist Studierende des Lehramts Physik im 3. Semester, etwa 20 Jahre alt, hat zum Zeitpunkt des Interviews (Dezember 2006) bereits 5 von 8 Kurstagen absolviert. Die Interviewte wurde als Freiwillige aus dem Mittwochskurs eher zufällig gewählt, wobei der gesamte persönliche Kontakt der Studentin mit dem Interviewer vor dem Interview geringer als 2 Stunden war. Der Interviewort wurde im Einvernehmen mit der Interviewten ausgewählt. Der große Optikraum hat eine ungefähre Größe von  $10\text{ m}^2$ , befindet sich in den Räumlichkeiten des Anfängerpraktikums, ist fensterlos und geschlossen, sodass eine ungestörte Interviewatmosphäre gegeben ist. Eine Bereitschaft, offen über das Praktikum und ihre Erfahrungen und Gefühle zu sprechen, war deutlich spürbar. Sie war offen und umgänglich, ihre gesprochene Sprache ist deutlich moduliert. Die Studentin ist sehr eloquent und spricht mit eher hohem Tempo. Der Studentin war vor dem Interview bekannt, dass der Interviewer mit der Entwicklung und Evaluation der Lernumgebung betraut ist. Die Leiterin des Praktikums, Fr. Ass. Prof. Dr. Irmgard Gorgas, ist ebenfalls am Mittwochskurs Betreuerin gewesen, hat jedoch eher weniger Kontakt mit den Lehramtsstudierenden gepflegt. Der Studierenden war jedoch bekannt, dass Fr. Dr. Gorgas am Ende des Praktikums die Protokollhefte korrigiert und die Abschlussgespräche führt, also für die Benotung der Lehrveranstaltung Hauptverantwortliche ist.

## Student 2

Student 2 ist Studierender des Lehramts Physik im 1. Semester, etwa 20 Jahre alt und hat zum Zeitpunkt des Interviews (Jänner 2007) bereits alle 8 Kurstage absolviert. Der Interviewte wurde als Freiwilliger aus dem Freitagskurs eher zufällig gewählt, wobei der persönliche Kontakt des Studenten mit dem Interviewer vor dem Interview sehr hoch war, da der Interviewer selbst den Freitagskurs betreut hat. Auch ihm war bekannt, dass Fr. Dr. Gorgas am Ende des Praktikums die Protokollhefte korrigiert und die Abschlussgespräche führt, also für die Benotung der Lehrveranstaltung Hauptverantwortliche ist. Der Interviewort wurde im Einvernehmen mit dem Studierenden gewählt. Die Sitznische im Biologiezentrum ist ein eher ruhiger Ort, gelegentlich frequentiert von vorbeigehenden Personen, die jedoch die Atmosphäre nicht beeinflussten. Der Studierende hat vor dem Beginn des Physik-Lehramtsstudiums bereits Biologie studiert, ist also ein erfahrener Student und hat einige Einführungslehrveranstaltungen angerechnet bekommen. Der Studierende wirkt offen und locker im Gespräch, obgleich er ein vergleichsweise niedriges Sprechtempo aufweist. Nachdem der Interviewer keine Benotungsautorität gegenüber dem Studenten hat und alle Kurse bereits beendet sind, liegt der Verdacht fern, dass es Barrieren für eine ehrliche Meinungsäußerung gibt.

### 6.5.2. Kategorie 1: Charakteristiken der eLearning - Umgebung

Diese Kategorie ist in 4 deduktiv definierte Subkategorien untergliedert:

#### Subkategorie 1a: eSkripten

##### Studentin 1

Die Studentin 1 antwortet auf die allgemeine Eingangsfrage des Interviewers:

**S:** [...] Weil, es steht halt drin auf der eLearning Seite, ja, das und das und das is zu tun, aber wie ma das dann wirklich umsetzt, steht nicht drinnen und das is aber die Schwierigkeit eigentlich. ///// Ja, (lacht), soviel dazu, oder, soll ich noch mehr sagen? [...] ahm, // es is teilweise ziemlich // viel, also es steht zwar viel drinnen und es is lange, aber wie gesagt es steht eigentlich nicht wirklich das drinnen wo ich mir denk OK, damit kann ich jetzt wirklich arbeiten, also da kann ich (was) damit anfangen und brauch niemanden mehr fragen, wie das jetzt genau funktioniert. [...]

(Interview 1, Z. 15 - 22)

Die Studentin 1 drückt in diesem Anfangsstatement kompakt ihren Hauptkritikpunkt an der eLearning-Umgebung aus, der sich in mehreren Aussagen immer wieder wiederholt. Sie findet in den Skripten nicht die detaillierten Anleitungen zum Experimentieren, die sie sich gerne wünschen würde: Erklärungen und Ausführungen zur Durchführung der Experi-

mente, die keine Fragen mehr offen lassen - rezeptartige Anleitungen, die den Studierenden viele Denk- und Arbeitsschritte bei der Durchführung ersparen würden.

### Student 2

Student 2 antwortet auf die allgemeine Eingangsfrage des Interviewers:

**S:** [...]es es es es war eigentlich sehr gut beschrieben auch, es hat teilweise schon Punkte geben wo man sich ned wirklich ausgekannt hat // in, bei den Aufgaben jetzt // und ja, aber des des woar eigentlich ned so ned so des Problem.  
(Interview 2, Z. 11 - 14)

Im Eingangsstatement beschreibt Student 2 in seiner ersten Aussage zu den Skripten diese als „sehr gut beschreibend“. Damit bezieht er sich höchstwahrscheinlich auf die Beschreibung der Experimente und Aufgabenstellungen bzw. die dazugehörige Theorie, erwähnt jedoch im gleichen Satz, dass es auch Stellen gibt, die in der Vorbereitung nicht für allgemeine Klarheit sorgen. Damit sind am ehesten jene, auch von der Studentin 1 beschriebenen, nicht rezeptartig formulierten Aufgabenstellungen gemeint, wobei Student 2 diesem Problem deutlich weniger Bedeutung zuschreibt.

Student 2 erzählt im Anfangsteil des Interviews über die Nutzung der eLearning-Umgebung, bewertet und argumentiert gleichzeitig die Vor- und Nachteile verschiedenster Komponenten der Lernumgebung, unter anderem hier über die Vorzüge der Skripten.

**S:** [...]wobei die Erklärungen eh in den jeweiligen Kursen erfolgt sind. Entweder durch euch oder durch ähm oder durch durch dieses Skriptum eben, wo wo ziemlich diese Punkte ausgestrichen (räuspert) rausgestrichen woarn // und ja wo man sich eben schnell oder oder, ja äh effizient einlesen hat können.  
(Interview 2, Z. 80 - 83)

Die Skripten werden vom Studierenden als schnelle und effiziente Hilfe zum Einlesen in die Thematik beschrieben.

Student 2 erklärt seine Vorgehensweise bei der Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten und trifft im Bezug auf die Einheit *TM* - *Trägheitsmoment* eine Wertung betreffend das dazugehörige Skriptum:

**S:** [...]Ja, äh dann // hab ich mir das noch einmal durchgelesen und kurz vorm Kurs also kurz vorm Kurs noch mal durchgelesen am Vortag und eben noch geschaut wo wo ich vielleicht irgendwelche Begriffe noch im In- im über Google find ob ich vielleicht übern Demtröder was lesen kann zum also zum Beispiel zum Trägheitsmoment so was, so irgendwelche grundsätzlichen Begriffe, weil ja doch das Skriptum schon schon sehr äh formellastig war, also das war schon sehr viele Herleitungen und Formeln drinnen und zur Erklärung vielleicht noch, dass man das ja, zusätzlich noch eigentlich dazukriegt.  
(Interview 2, Z. 104 - 110)

Student 2 beschreibt das Skriptum *Trägheitsmoment* als sehr formellastig, was ihn scheinbar in der inhaltlichen Vorbereitung vom Abstraktionsniveau überfordert hat. Er beschreibt weiters, wie er sich geholfen hat und es klingt latent der Vorwurf mit, dass in dem speziellen Fall die wesentlichen Formeln und Gleichungen, die zur Durchführung des Experiments gebraucht werden im „Formelwald“ untergehen. In einer weiteren, hier nicht zitierten Textstelle (Interview 2, Z. 207 - 214) erläutert der Studierende jedoch die subjektive Ansicht der Formellastigkeit mancher Skripten, da sie in einem anderen Fall für sein persönliches Verständnis sehr hilfreich waren. Er unterstreicht die Nützlichkeit der grau unterlegten Formeln, welche die Orientierung im Skript erleichtern und die wichtigen Formeln markieren.

Student 2 antwortet zuerst auf die Frage des Interviewers, was ihm zu den Skripten einfällt, indem er die Nutzungsart der Skripten für sein persönliches Lernprofil beschreibt und abschließend folgende Bemerkung macht:

**S:** [...] Ähm, was mir bei die Skript, bei den bei den Skripten im Internet aufgefallen ist, es sind halt noch einige Rechtschreibfehler drinnen [...]  
(Interview 2, Z. 155 - 156)

Die Entdeckung einiger Tipp- und Rechtschreibfehler in den Skripten ist ein wichtiger Hinweis für die Weiterentwicklung der Lernumgebung. Der Student hat im Anschluss an sein Abschlussgespräch einen Satz verbesserter Skripten an den Interviewer übergeben.

Die vorher erwähnte Antwort des Studierenden setzt sich folgendermaßen fort:

**S:** [...]Also, beim Aufbau, das gefällt mir ganz gut, wenn's immer nach einem bestimmten Schema ist. Also es beim Leitfaden ist ja auch da der Ablauf quasi von unserem Protokoll, das wir verfassen müssen, erläutert worden und nach den Punkten, das hab ich halt recht gut gefunden, dass man sich an die Punkte halten kann, muss, also äh ja, soll und dass halt das Skriptum oder die einzelnen Skripten nach dem gleichen Schema ablaufen. // Das war recht positiv. [...]  
(Interview 2, Z. 165 - 170)

Der Student 2 bewertet die Gliederung der Skripten nach demselben Schema, wie auch die Protokolle von den Studierenden verlangt werden als positiv.

Derselbe Redefluss des Studierenden beinhaltet folgende weitere Meinungserläuterung zu den Skripten:

**S:** [...]Zu den Skripten selbst ist halt // der Vorteil ist halt man kann sich's in schwarz/weiß, äh, man muss es nicht in schwarz/weiß kopieren wie das halt oft beim Kopieren ist, wenn man das von der Uni bekommt, sondern man kann sich's // in Farbe ausdrucken // und findet dann nachher zum Beispiel bei Graphen sofort, welche Linie was ist. Da hast ja du gerade den Vorteil, du kannst es schon // weiß ich nicht, die Beschriftungen so wählen, dass man jetzt so mit der Farbe ein bisschen spielen kann, das ist halt der Vorteil noch. // Man

kann überhaupt da Bilder von verschiedenen Versuchsaufbauten reingeben // und ja, das ist eigentlich // das ist mir auch mir auch recht positiv aufgefallen. (Interview 2, Z. 178 - 186)

Student 2 unterstreicht den lerndidaktischen Vorteil der online bereitgestellten Skripten, dass sie in Farbe ausgedruckt werden können und dass dadurch Fotos von originalen Versuchsaufbauten beigefügt werden können. Vor allem die Bilder werden in einer weiteren Textstelle als wichtige Merkhilfe beschrieben.

### Subkategorie 1b: Homepage, Zusatzinformationen

#### Studentin 1

Die Studentin 1 antwortet auf die Einstiegsfrage des Interviewenden unter anderem mit folgender Passage über die Homepage und ihre allgemeine Assoziation zu Applets und Videos:

**S:** [...] // Ja, OK, Äh, //// zur Übersicht, also die Übersicht von der Seite ist eigentlich recht gut auch das mit den Physlets<sup>4</sup> und den Videos find ich leiwand, [...]  
(Interview 1, Z. 17 - 18)

Sie bewertet die Übersicht als recht gut und verdeutlicht ihre positive Assoziation zu Videos und Applets. Andere Zusatzinformationen werden von der Studierenden im gesamten Eingangsstatement aus freien Stücken nicht erwähnt.

Studentin 1 auf die Frage des Interviewers, wofür die Zusatzangebote in der eLearning-Umgebung gut waren (der erste Teil der Antwort ist in Kategorie „Nutzungsarten der eLearning-Umgebung“ abgehandelt):

**S:** [...] Aber heute beim Luftkissentisch hab ich mas angeschaut, also die Videos und eigentlich find ichs total interessant und und es is a bisserl a Auflockerung im Gegensatz zu dem Text her, wo ständig nur geschriebenes Wort ist und bei den Videos is es halt dann mehr oder weniger bissl praktische Anwendung obwohlst selber noch nix machst. Aber du siehst dann wies ausschaun sollte, wies funktioniert. Und das ist eigentlich recht gut. Und die Physlets // äh, was war heut für ein Physlet? //// ähm //// ah ja genau, da war das wo ein Satellit mit einem Planeten kollidiert und man schaut dann Impulse und so und es sind zwei so kleine Fragen da wo jetzt der Impuls richtig ist und wo nicht. Da kann man jetzt ein bisschen knobeln oder man weiß es schon. (lacht)

<sup>4</sup>Das Wort „Physlet“ wird von den Studierenden öfter verwendet und steht als Abkürzung für Physics-Applet nach Christian & Belloni (2004).

Ahm, also es is recht interessant und auch nützlich, weil ich mir jetzt vorher schon vorstellen kann, wie das ausschauen sollte oder wie die Zeichnung von dem Luftkissentisch dann aussieht.

(Interview 1, Z. 118 - 128)

Die Studierende beschreibt die Vorzüge von Applets und Videos als Auflockerung zum Text und als Vorstellungshilfe für die reale Experimentiersituation. Das Zusatzangebot zur Praxiseinheit *Luftkissentisch* wird als interessant und nützlich, in einer weiteren (hier nicht zitierten Textstelle) auch explizit als sehr hilfreich ausgewiesen.

Studentin 1 erläutert in dieser Textstelle die Rolle der Zusatzinformationen auf der eLearning-Seite zur Protokollerstellung nach der Präsenzeinheit.

**S:** Ähm, also auf jeden Fall eine große und wichtige. Wenn ich nachher das Protokoll schreibe, kann ich mir noch mal in Erinnerung rufen, wie das jetzt ausgeschaut hat und wies funktioniert hat. Und mit den Physlets kann man sich noch ein bissl herumspielen und schau: „Ah ja genau, so war das.“ Und // es macht auch Spaß. Es is halt irgendwie nicht nur geschriebenes Wort wo drinsteht: „Ja, so funktioniert das“, sondern einfach wo du siehst, wie es funktioniert, wo's jemand schon richtig gemacht hat. Also, ich finds wichtig und sehr interessant // die Physlets - Sachen, die im Internet stehen.

(Interview 1, Z. 572 - 579)

Für die Studentin 1 spielt das Zusatzangebot eine große und wichtige Rolle zur Auffrischung des Wissens bei der Erstellung des Protokolls. Abermals unterstreicht sie dessen Bedeutung als anregend und auflockernd während des Arbeitsprozesses und bewertet das Angebot als interessant.

## Student 2

Student 2 antwortet zu Beginn des Interviews im Zuge der Einstiegsfrage:

**S:** Ja, ich also i // auch die // ähm, auch die auch die Links im Internet auf der Homepage hob i recht guat gefunden wo man zum Beispiel die Mikrometerschraube ausprobieren konnte oder die Schublehre. Ja war recht gut, des kann man halt wenn man nur Zetteln ausgeteilt kriegt ned ned vorzeigen also ned probieren zuhause. [...]

(Interview 2, Z. 19 - 22)

Student 2 erwähnt gleich zu Beginn positiv den Vorteil interaktiver Applets gegenüber Informationen in Papierform. Im konkreten Fall sind Applets gemeint, die reale Messinstrumente simulieren, an welchen das Ablesen der Messwerte, also die Messaufgabe selbst virtuell durchgeführt werden kann.

Student 2 erläutert zu Beginn des Interviews, was ihm alles zur eLearning-Umgebung einfällt und kritisiert dabei die digitale Bereitstellung von Gerätehandbüchern:

**S:** [...]ähm was vielleicht ned nicht notwendig war, war wenn die ganzen Handbücher von den Geräten weil // kann man sich ned durchlesen da es einfach so so umfangreich ist und i war froh wenn i den Kurs zur Kursvorbereitung dass ich da einmal guat zweimal durchgemacht hab, // öfter geht es sich ned aus teilweise, das ist nicht möglich, dass man da des Handbuch aufmacht und also ja [...]

(Interview 2, Z. 76 - 80)

Der Student hält fest, dass er nichts mit der Bereitstellung von Gerätehandbüchern in der eLearning-Umgebung anfangen konnte, da diese vom Umfang her nicht verarbeitbar waren, nicht einmal für ihn, der sich sonst sehr gewissenhaft vorbereitet hat.

Student 2 antwortet auf die Frage, an welche Applets er sich erinnern kann und ergänzt seine Antworten mit Erläuterungen zur Nützlichkeit der einzelnen Elemente:

**S:** Ja, also die jetzt am Schluss hab ich das gut gefunden, das mit der Farbenverschiebung vom von Strom und Spannung, dass man das so mit den Pfeilchen gesehen hat, wo ich jetzt gewusst hab ähm das läuft auf a Viertelperiodendauer hinten nach oder nach vor, und dass man das mit Zeitlupe darstellen kann, dass man das fixieren kann, äh dass man da Frequenzen ändern kann, ja überhaupt die Zahlen und die Spielerei mit den Zahlen war recht gut. // Ähm an was kann ich mich noch erinnern? // Beim Luftkissentisch, ähm das Beispiel mit den Planeten war recht interessant, weil's einfach das ja wirklich so zeigt hat wie's wir dann beim Luftkissentisch eigentlich gesehen haben, also wenn die mit dem Filzring aneinanderhaften, dann // das hat genauso ausgeschaut also hat // war war vergleichbar, sagen wir's so. Natürlich auch die ähm die Videos dazu. Speziell jetzt beim Luftkissentisch. Da hat man schon ziemlich gewusst, ähm wie das abläuft, man hat sich eigentlich nicht den Kopf zerbrechen müssen, wie man das wie man das richtig angeht, sondern man hat halt das schon gesehen im Film, im kurzen Filmausschnitt, man hat schon gewusst für den ersten Versuch musst du das über den über das Laufrad hängen, mit dem Gewicht dran und so, also es vielleicht ja, recht gute Beschreibung gewesen. // Dann, was hat's noch gegeben ja, das mit der Mikrometerschraube mit der Schublehre // dann // ja beim Luftkissentisch war das glaub ich noch dabei, dass mit dem Einparken vom Auto, ich glaub das war beim Luftkissentisch.

////

(Interview 2, Z. 121 - 136)

In der Erläuterung streicht Student 2 mehrfach die Bedeutung von Applets zum besseren Verständnis physikalischer Modelle (z.B. Zeigerdiagramm beim Wechselstrom) heraus, die beim Erfassen hoch abstrakter Darstellungen hilfreich waren. Weiters bewertet der Student jene Applets positiv, die ihm beim Verständnis grundlegender physikalischer Konzepte geholfen haben (am Beispiel Luftkissentisch) und erweitert seine Abhandlung über Applets

an dieser Stelle um die Bedeutung der Videos für das Erfassen der realen Experimentiersituation in der Vorbereitung.

Im gleichen Narrationsfluss, aus welchem auch schon der vorangegangene Abschnitt entnommen wurde, geht Student 2 auf die „Bilderreihe“ ein, eine eigens für diese Praktikumsinheit erstellte Fotoreihe zur systematischen Erarbeitung von Serien- und Parallelschaltung, sowie spannungs- und stromrichtiger Widerstandsmessung.

**S:** [...]so Bilderreihen, zum Beispiel beim M2, beim elektrischen, so Bilderreihen, wo halt immer ein zum Beispiel das Voltmeter dazugeschlossen wird oder das Amperemeter wird mit Fragen. Das hab ich auch recht guat gefunden und also dass man bei die Fragen überlegen muss, also die beantworten muss. Äh, und da sind mir auch Rechtschreibfehler aufgefallen. Also Tippfehler (lacht). Ja. Das hab ich eigentlich auch gut gefunden, dass da mit den Bildern ein paar eine Bildergeschichte so gemacht wird und immer ein Teil dazugeschlossen wird oder gefragt ob das spannungs- oder stromrichtig ist. Und das man das halt dann auch überlegen muss. ////  
(Interview 2, Z. 172 - 178)

Student 1 bewertet die Denkaufgaben zur Bilderreihe als positiv, was den Eindruck vermittelt, dass ihm jene Art von Aufgaben, die zum Umsetzen von theoretischem Wissen auf Praxissituationen konzipiert wurde, genau zu diesem Zweck geholfen haben.

### **Subkategorie 1c: Computergestützte Messwerterfassung und Datenverarbeitung**

#### **Studentin 1**

Studentin 1 antwortet auf die folgende Frage des Interviewers:

**I:** Mhm. Wie stehst du zu den computergestützten Experimenten, die bei uns auch so quasi unter der Hand zum eLearning dazugezählt werden? **S:** (seufzt) Computergestützte Experimente. Pfuh, wenn man mit einem Programm arbeiten muss zum Beispiel, von dem man keine Ahnung hat, find ichs irgendwie zack. Weil ich mich dann vier Stunden damit herumärgere, dass ich nicht weiß wie das blöde Programm funktioniert, drei Mal den Gerd fragen muss: „Öh, und wie geb' ich jetzt die Koordinaten ein, wo muss ich jetzt hinklicken damit ich das ändern kann?“  
(Interview 1, Z. 716 - 723)

Dieses Statement verdeutlicht im latenten Informationsgehalt die Einstellung der Studierenden zur Thematik. Die Aufgabe des Kurstages M3 war in offener und selbstgesteuerter Weise durch Ausprobieren zweier Computer-Mess-Systeme deren Funktionsweise kennen zu lernen. Hierzu gab es keine konkrete Anleitung, lediglich kurze Beschreibungen der Programmfunktionen. Die Studentin zeigt für diese Vorgehensweise keinerlei Sympathie.

In Anlehnung an das vorangegangene Statement schildert Studentin 1 weiters:

**S:** Ahm // ich glaube //// also // prinzipiell hat Cassy niemandem wirklich Spaß gemacht, soweit ich weiß. ULAB war einfach cool. Cassy war immer so ein so eine Herumtuerei, irgendwelche Diagramme erstellen, die gut ausschauen, damit ma dann was ins Protokoll reinpicken kann. Das war nicht aufregend genug, als dass man dem jetzt hätte eine eigene Praktikumseinheit widmen müssen, find ich. Die anderen //// ja, es haben alle dasselbe gesagt. ULAB is cool, Cassy is fad. (lacht) Aber man kann mit Cassy sicher auch mehr machen, nur in einer Praktikumseinheit //// waß net, war halt nicht so aufregend. //// (Interview 1, Z. 764 - 770)

Die Studentin lehnt die Sympathien für die unterschiedlichen Programme an die verschiedenen Bedienungsprofile an. Die Programme werden nicht nach ihrer Funktionalität, sondern nach dem Grad der Abwechslung und scheinbar nach der Einfachheit der Bedienung gemessen.

Studentin 1 auf die Frage des Interviewers, wie man die Einheit besser gestalten könnte:

**S:** Woah // hmm // wie könnt man's besser machen? //// Keine Ahnung. Es is einfach // ich glaub // das das das ma dass es nix bringt, wenn man in einer Praktikumseinheit aufteilt Cassy und ULAB, sondern ich denk mir es is es wär vielleicht besser, wens so eine kleine Nebenvorlesung, so Übung halt geben würde, wo man lernt, mit solchen Geräten umzugehen, die einfach fix dafür da ist um elektronische Geräte durchzunehmen und einem einfach erklärt wird, was das alles kann, wozu das gut is, was einem was erleichtert, solche Sachen halt. Getrennt vom Vorpraktikum. Das wär halt dann eine neue Vorlesung, das kann ma nicht einfach so einführen (lacht) und das wär dann wahrscheinlich auch wieder nicht Pflicht // ja, waß net //// **I:** Und wens nicht Pflicht wär? **S:** Ich würds nicht machen. //// Vielleicht vielleicht vielleicht würd ichs machen wens fix wär, dass ich das einmal brauchen würde in meinem Leben. Dass ich einmal in der Schule wirklich damit arbeiten muss, dann würd ichs sicher machen, weil dann möchte ich auch später einmal umgehen können mit diesem Ding. Aber // ich weiß nicht, ob ich Cassy in meinem Leben noch mal brauchen werd. //// (Interview 1, Z. 795 - 811)

Studentin 1 wünscht sich durch eine Vorlesung mehr Instruktionscharakter beim Erlernen des Umganges mit computergestützter Messwerterfassung und Datenverarbeitung, räumt aber gleichzeitig ein, dass sie selbst die von ihr vorgeschlagenen Zusatzvorlesung nicht besuchen würde, was manifest ein Zeugnis ihres Desinteresses für die Thematik ist. Sie zweifelt daran, dass sie diese Fertigkeiten für ihr späteres Berufsleben als Physiklehrerin brauchen könnte.

## Student 2

Student 2 erwähnt gleich zu Beginn des Interviews ohne konkret danach gefragt worden

zu sein, was ihn am Praktikumstag zur Einführung computergestützter Messwerterfassung und Datenverarbeitung gestört hat:

**S:** [...] ja, ich war mir ned sicher wo ich beginnen soll oder mit was wir anfangen sollen, weil's also im Normalfall halt schon recht gut beschrieben is, also Punkt eins, Punkt zwei und so weiter und in dem Fall war's halt eher freigegeben, uns freigegeben was wir machen, welche Versuche wir durchführen // und // ich hab des im Protokoll aber angeführt, des war auf dem Kurstag eben so, dass wir (überlegt) mein Ziel war's eben, das Computerprogramm zu - verkehrt, das im Buch zu erlernen, aber im Prinzip is mehr Zeit durch oder sehr viel Zeit durch das durch die Experimente selbst draufgegangen, wo ma eigentlich nur versucht haben zum Beispiel den den Magneten durch die (lacht) also des Metall, den Magneten zu schieben weil des Rohr ned gepasst hat, also da is halt sehr viel Zeit dann draufgegangen und da hätt i mir erhofft vielleicht ein bisschen mehr Experimente zu machen, [...]

(Interview 2, Z. 39 - 49)

Auch Student 2 kann mit der Situation des offenen und selbstgesteuerten Lernens offenbar wenig anfangen. Er beschreibt die Schwierigkeiten des unangeleiteten Experimentierens, wo für die Umsetzung eines Experiments durch unerfahrene Experimentatoren mehr Zeit gebraucht wird, die seiner Meinung nach besser in das Erlernen des Umgehens mit den verwendeten Systemen investiert wäre. Auch diese Aussage spricht für einen Wunsch nach mehr Instruktion für besagten Praktikumstag.

Student 2 antwortet auf die Frage, was ihm zu computergestützter Messwerterfassung und Datenverarbeitung einfällt:

**S:** Was mir da so einfällt? // Ähm, also des Cassy hat mir besser gefallen wie das Ulab, einfach, weil wir da so ein bisschen Routine äh gehabt haben, weil man das mit den äh einigen Praktika auch anwenden müssen hat, dass wir wissen lassen. //// Und // ja es ist halt // ungewohnt, also wenn man wenn man wenn man nie eigentlich Computer unterstützt Messwerte erfasst, also jetzt überspitzt dargestellt (lacht). Ja, es ist halt einfach ungewohnt gewesen. So hat's mir schon eigentlich recht gut gefallen, weil man natürlich auch Teile rausnehmen kann, die man im Unterricht präsentieren kann. Also man kann gleich die Messergebnisse weiterverarbeiten. Was eigentlich sonst nicht so leicht geht, sonst muss man die aufgeschriebenen Messwerte zum Beispiel die Messwerte übers Origin reintippen und kann's dann halt erst präsentieren. Das ist halt schon der Vorteil. // Ich hab's auch recht gut gefunden, dass auch // so a Vergleich dann am Ende gefragt war, ob, also am Ende des Protokolls gefragt war, [...]

(Interview 2, Z. 459 - 470)

Student 2 gefällt das System Cassy besser, wahrscheinlich weil er damit mehr gearbeitet hat und mehr Routine vorhanden war, was darauf schließen lässt, dass Studierende es befriedigender empfinden, mit Anwendungen zu arbeiten, die sie besser bedienen können.

Student 1 erkennt jedoch die Vorteile von computergestützter Messwerterfassung in der Möglichkeit komplexe Zusammenhänge und Messungen simultan darstellen zu können und sich Arbeit in der Datenverarbeitung zu sparen. Wieder stellt sich bei Student 2 heraus, dass er Aufgaben, welche seine Eigeninitiative herausfordern positiv bewertet.

Student 2 erzählt im selben Redefluss, aus dem auch schon die obige Textstelle entnommen wurde, über das Datenverarbeitungsprogramm Origin:

**S:** [...]also was ich sagen wollte mit dem Origin, das Verarbeitungsprogramm, das war eigentlich recht unkompliziert, weil das wirklich ganz leicht funktioniert // und // und speziell eben für unseren Zweck da war. Das hat eigentlich recht gut funktioniert. Und // weil ma auch gezeigt bekommt wie des wie ma des effizient nutzt. Dann passt des a. Also ich habs eigentlich für fast jede Auswertung benutzt wann immer wir was plotten ham müssen, weil es ja einfach unkompliziert war im Gegenteil zu Excel // ja // es ist sehr einfach zu zu zu // bedienen. [...]  
(Interview 2, Z. 490 - 496)

Student 2 stellt die Eignung des Programms Origin außer Zweifel und betont die intensive Nutzung für die Auswertungen während der Praktika.

Student 2 antwortet auf die Frage des Interviewers, ob in den Praktika mehr mit computergestützter Messwerterfassung und Datenverarbeitung gearbeitet werden sollte:

**S:** [...] Und und ich glaub in Schulen - ich kenn ja ned die Ausstattung von Schulen - ob die auch schon das Cassy haben oder das Ulab, ich nehm nicht an, dass das schon vorhanden ist in Schulen, die Programme, die beiden. // Also ich glaub schon, dass nur unter Anführungszeichen jetzt die altmodischen // Methoden in Schulen vertreten sind und und und zur Zeit noch vielleicht noch nicht noch nicht so das Computer unterstützte Messwerterfassung sich durchgesetzt hat. Ich kann das nicht einschätzen, ich bin da zu objektiv (lacht). Es ist halt mein Gefühl, dass das noch nicht so weit ist, dass das an den Schulen // dass das an den Schulen auch genutzt wird. [...]  
(Interview 2, Z. 546 - 553)

Auch Student 2 hegt große Zweifel, ob er die Fertigkeiten auf besagtem Gebiet in seiner beruflichen Zukunft benötigen wird.

### **Subkategorie 1d: Probleme mit der eLearning-Umgebung**

#### **Studentin 1**

Studentin 1 antwortet auf die Frage des Interviewers, ob sie weiß, wie ihre Kolleginnen und Kollegen die eLearning-Umgebung genutzt haben:

**S:** Also meine Kollegin die D. kann es nicht öffnen zuhause, das liegt dann

wahrscheinlich an ihrem Computer. //

**I:** Oh.

**S:** Obwohl sie sagt, sie hat Java // also, ich glaub ma braucht ja nur Java dazu, oder?

**I:** Ah, das kommt auf die // äh, Ja eigentlich schon.

**S:** Ja, gut bei ihr funktioniert halt nicht, ich weiß nicht warum.

**I:** Nur die Physlets funktionieren bei ihr nicht?

**S:** Ahm, ich weiß nicht ob sie sich schon mehrere versucht hat anzuschauen.

Beim ersten oder zweiten Mal hat sie halt gesagt, es funktioniert nicht, also sie hats jetzt nicht öffnen können. Also das waren die Physlets.

(Interview 1, Z. 134 - 149)

Aus diesem Zwiegespräch geht deutlich hervor, dass es zumindest eine Person im Mittwochkurs gibt, die technische Probleme mit Komponenten der eLearning-Umgebung - im konkreten Fall mit Applets - hat. Wahrscheinlich war keine oder eine veraltete Java-Konsole auf dem Computer der Studierenden installiert. Dies hätte mit dem bereitgestellten Link zu JAVA-SUN-SYSTEMS behoben werden können, was nicht der Fall war. Die Studentin sagt im weiteren (hier nicht zitierten) Gesprächsverlauf aus, dass besagte Kollegin keine Hilfe zur Lösung des technischen Problems in Anspruch genommen hat.

## Student 2

Student 2 verdeutlicht zu Beginn des Interviews in dieser Textpassage Vor- und Nachteile der eLearning-Umgebung.

**S:** Naja des // ja, also ich hab ich hab des eh schon erläutert, des is ja ich hab eigentlich recht positiv empfunden, dass des // dass man sich's einfach vom Internet runterladen kann // ähm // natürlich müssen alle Leute die da teilnehmen oder sollten alle Leute das Internet nutzen können, sie sollen auch damit umgehen wird und des wird normalerweise eh auf der Uni bereitgestellt bereitgestellt. // ähm sicherlich, es ist es ist einiges zum Ausdrucken, des hab ich schon gemerkt also es waren jedes Mal // weiß ich ned 17 Seiten oder 15 Seiten und ich hab's halt auf zwei Seiten druckt also es war es es // ich glaub es war mehr mehr auszudrucken beim Protokoll dann, weil i das am PC gemacht hab.

(Interview 2, Z. 60 - 67)

Der Aussage über die Verfügbarkeit einer Internetanbindung ist ein latenter Zweifel zu entnehmen, ob alle Studierenden über einen geeigneten Zugang verfügen, um die Lernumgebung auch effizient zu nutzen. Im zweiten Teil der Aussage stellt Student 2 klar, dass in seinem Fall (Lernen mit ausgedruckten Skripten) zu einem erheblichen Aufwand an Druckmaterial auf Studierendenseite kommt, was durchaus als nachteilig empfunden werden kann.

Student 2 erläutert auf die Frage des Interviewenden hin alle Applets, die ihm einfallen:

**S:** [...] Auch das Oszilloskop war am Ende noch dabei, wobei ich das nicht //

nicht angeschaut hab das Oszilloskop, weil // ja, weil's irgendwie mit Registrierung gelaufen ist und das wollt' i ned // also // da hat er // das war ja über eine Firma glaub ich, das Applet // ja. Aber die anderen sind eigentlich haben eigentlich recht alle funktioniert, das das zum Öffnen.

(Interview 2, Z. 138 - 141)

Student 2 spricht eine Barriere aus, die eventuell allgemein von Bedeutung sein könnte: Erfordert es eine Anmeldung auf einer Homepage (oft nur Benutzername und Passwort - ohne Verpflichtungen) um ein Applet oder einen bereitgestellten Link zu nutzen, bestehen Hemmungen seitens der Studierenden, dies zu tun, was die Nutzungsbreite des entsprechenden Tools empfindlich verringern kann.

## Resümee von Kategorie 1

Die Vorteile der online gestellten Skripten werden von den Studierenden als die Experimente sehr gut beschreibend, sowie als schnelle und effiziente Möglichkeit, sich einzulesen, beschrieben. Positiv bewertet wird auch die einheitliche Textgliederung, die an die Vorgaben der Protokollstrukturierung angelehnt ist, sowie das Design der Texte, welches als Orientierungshilfe empfunden wird. Farbige Visualisierungen (Bilder und Fotos), die in die Texte eingearbeitet sind, werden als Merkhilfe und lerndidaktischer Vorteil erkannt.

Kritik üben die Studierenden an der Ausformulierung von Aufgabenstellungen und Durchführungsangaben, denen es stellenweise an Eindeutigkeit mangelt. Konkret angesprochen werden auch die teilweise undetaillierten Angaben zur Durchführung der Experimente, die jedenfalls noch Fragen offen lassen, was zu einer Einschränkung der Arbeitszeiteffizienz führt. Stellenweise wird die Formellastigkeit der Texte kritisiert und die Notwendigkeit aufwändiger Herleitungen für die Vorbereitung in Frage gestellt. Letztlich ortet ein Student auch den Korrekturbedarf hinsichtlich Tippfehler.

Die Übersicht der Homepage wird als positiv bewertet. Applets werden einerseits als willkommene, interessante und sehr hilfreiche Auflockerung des Lernprozesses beschrieben, die einen Spaßfaktor in die Vorbereitung einbringen. Andererseits dienen sie als Informations-Auffrischer zur Protokollerstellung. Im Speziellen wird die Interaktivität der Tools als Vorteil bewertet, insbesondere bei Applets, die auf die Realsituation applizierbare (Mess)-Prozesse simulieren. Videos, die Realsituationen wiedergeben, werden ebenfalls als geeignete Vorbereitungshilfe empfunden. Applets, die nicht dem eben erwähnten Zweck dienen, werden als Hilfe für besseres Verständnis der grundlegenden physikalischen Konzepte verstanden und genutzt. Die Denkaufgaben der Bilderreihe (für den Kurstag M2) werden als gute Hilfe für die Umsetzung von theoretischem auf praktisches Anwendungswissen beschrieben.

Kritik wird am digitalen Angebot von Gerätebedienungsanleitungen geäußert, da diese wegen ihres Umfangs nicht nutzbar sind. Trotz ihrer positiven Grundassoziation zu den bereitgestellten Zusatzinformationen verdeutlichen die Aussagen von Studentin 1 jedoch, dass sie diesen eine geringe Bedeutung für ihren persönlichen Praktikumserfolg einräumt - ganz im Gegenteil zur Situation von Student 2.

In der Analyse hinsichtlich von Problemen mit der eLearning-Umgebung finden sich zwei, für die Nutzungsintensität und -Breite sehr hinderliche Anzeichen: technische Probleme beim Nutzen der Applets auf dem Heim-PC führen scheinbar zu früher Resignation trotz vorhandener Links zu Freeware-Programmen, die einen reibungslosen Ablauf ermöglichen, sowie einer Barriere der Nutzerinnen und Nutzer beim Öffnen externer Anwendungen (auf externer Homepage - kostenfreie Registrierung oder Download von speziellen Anwendungen). Weiters wurde der Zweifel laut, ob alle Studierenden über eine geeignete schnelle Internetanbindung verfügen, um die Lernumgebung optimal zu nutzen, und es wurde auch der hohe Druck-Aufwand zu Lasten der Studierenden angesprochen (für jene, die von ausgedruckten Skripten lernen).

Im Rahmen der computergestützten Messwernerfassung und Datenverarbeitung wurde von Student 2 explizit das Programm ORIGIN hinsichtlich seiner Usability und Eignung für die Praktikumszwecke gelobt, während Studentin 2 sich mangels Eigeninitiative (Lesen des Praktikumsleitfadens) dazu nicht positiv äußerte. Beide Interviewten hegen geringe Sympathien für die Organisation des Praktikumsstages *M3 - Einführung in die computergestützte Messwernerfassung und Datenverarbeitung* und wünschen sich - mit unterschiedlicher Argumentation - mehr Instruktionscharakter für diese Einheit. Die Assoziationen zu den verwendeten Systemen Cassy und Ulab differieren ebenfalls aus unterschiedlichen Beweggründen. Beide Studierenden haben jedoch deutliche Zweifel an der Nutzbarkeit dieser Fertigkeiten im späteren Berufsleben als Lehrkräfte.

### 6.5.3. Kategorie 2: eLearner-Typologie

#### Subkategorie 2a: Nutzungstypen

##### Studentin 1

Studentin 1 antwortet auf die Bitte des Interviewers, über die Zusatzangebote der eLearning-Umgebung zu erzählen und gibt Auskunft über die Verwendung derselben in ihrem Lernprozess:

**S:** Mhm. // Also, ich muss zugeben, ich hab mir nicht jedes Mal die Videos angeschaut oder die Zusatztexte, weil der eine Text reicht mir, da muss ich nicht noch die zusätzlichen Texte lesen. Aber die Physlets sind einerseits ganz witzig, es macht Spaß damit herumzuspielen, am Anfang bei der Schublehre und Mikrometerschraube fand ichs auch sehr nützlich, weil ich mir doch zuhause noch mal angeschaut hab wie das funktioniert. Mmh, bei den Schwingungen bin ich gar nicht dazugekommen mir das anzuschauen, da haben wir beim vorigen Mal noch kurz auf der Internetseite geschaut wie man das machen kann, wurscht. Aber heute beim Luftkissentisch hab ich mas angeschaut, [...]  
(Interview 1, Z. 111 - 118)

Die Textstelle beinhaltet viele manifeste Aussagen über die Nutzung des Zusatzangebotes. Sie beschreiben gemeinsam mit den latent vorhandenen Anzeichen („herumspielen“, „wurscht“) für eine gewisse Einstellung zur behandelten Materie in ihrer Gesamtheit recht gut den Zugang der Studierenden zum eLearning-Angebot. Studentin 1 betrachtet das Zusatzangebot als freiwillige Zusatzbeschäftigung, die nur gelegentlich zur Vorbereitung zuhause- und manchmal auch während des Praktikums genutzt wird. Wenn es genutzt wird, dann scheinbar ohne System und rein als Auflockerung, respektive Spaßfaktor. Diese Einstellung bestätigt sich in mehreren anderen, hier nicht zitierten Textstellen.

Studentin 1 hat gerade erzählt, dass ihre Kollegin bei der Nutzung der Zusatzangebote - konkret der Applets - Probleme hatte und antwortet auf die Frage des Interviewers, wie sich die Kollegin dann geholfen hätte, dass dafür sie selbst und Betreuer Gerd da waren. Sie führt weiters aus, welchen Stellenwert die Applets ihrer Meinung nach für den Lernprozess haben und berichtet von der Vorgehensweise ihrer Kollegen im Praktikumskurs:

**S:** Also, die Physlets sind ja nicht so, dass man sie unbedingt sehen muss, damit man dann den Rest versteht. Weil, auch wenn ich die Physlets gesehen habe, heißt das noch lange nicht, dass ich jetzt nachher nicht fragen muss, wie das funktioniert. Also, // und die anderen // ja es gibt genug Leute, die sich halt einfach die Zettel erst eine halbe Stunde vorher anschauen, also die schauen sich die Physlets auch nicht an, oder vielleicht hier wenn man vorm Computer sitzt kann man ja ins Internet und kann sich's noch mal anschauen. Aber ich weiß eigentlich nicht genau wie's die anderen machen. Nur, die meisten lesen sich's halt kurz vorher durch. // [...]

(Interview 1, Z. 153 - 160)

Die Textstelle bietet manifesten Informationsgehalt zu den Meinungen der Studentin 1: Ihrer Meinung nach helfen die angebotenen Applets nicht, alle offenen Fragen zu klären. Wenn jemand die Applets von Zuhause nicht öffnen kann, so reiche es, wenn er dies im Praktikum vor einem Auswertungs-PC täte. Ausweichend und nach Ausreden suchend erscheint der Einwurf über zahlreiche Kollegen, die sich erst kurz vor dem Praktikum anhand ausgedruckter Skripten vorbereiten würden. Das könnte bedeuten, dass diese Kollegen das Zusatzangebot ebenfalls nur spärlich zur Vorbereitung nutzen und primär das Skript in ausgedruckter Form dafür heranziehen, wenn man sich auf die subjektive Bedeutung beschränkt. Jedenfalls deutet diese Aussage objektiv betrachtet auch auf eine Übertreibung hin.

Studentin 1 auf die Frage des Interviewers nach Applets, die weniger genau die Durchführungsaufgaben im Praktikum betreffen, sondern nur inhaltszugehörige Aufgabenstellungen sind:

**S:** Hab ich noch nicht so viele gemacht. // Ich hab mir auch nicht bei jeder Praktikumseinheit die Physlets angeschaut, obwohl ich meistens schon schau, obs Physlets gibt, aber es gibt ja auch nicht bei jeder welche, glaub ich, und // ja, eh heute beim Luftkissentisch war ein Physlet dabei, dieser Satellit der // mit einem Planeten kollidiert // das gehört ja auch nicht // oja es gehört

schon dazu // waß net, es hat halt beschrieben, dass das Geschwindigkeits - Zeit - Diagramm man konnte sich halt anschauen wie jetzt die Geschwindigkeit im Verhältnis vor dem Stoß nach dem Stoß und so weiter ausschaut, gehört eigentlich schon dazu und sonst hab ich eigentlich noch nicht viele Physlets gesehen, die nicht wirklich dazugehört haben.

(Interview 1, Z. 686 - 694)

Studentin 1 tut sich sichtlich schwer, die vom Interviewer vorgegebene Definition auf die vorhandenen Applets anzuwenden, da vermutlich ihre Kenntnisse über die Inhalte der Applets oberflächlich sind. Das bestätigt sich auch aus der nachfolgenden Aussage, da bei diesem Applet zusätzlich zur Visualisierung und Abstraktion (Graphendarstellung) eines Stoßprozesses auch noch eine zu lösende Aufgabenstellung vorhanden war.

Studentin 1 auf die Frage des Interviewenden, was sie zu den Zusatztexten sagen könne:

**S:** Da hab ich noch nie einen angeschaut, also es gibt manchmal so einen Zusatztext // oja gestern hab ich ihn mir angeklickt, da war dann die Vektorrechnung beschrieben, nau ? OK, Vektorrechnung kann ich und da war dann beschrieben (*mit verstellter Stimme, langsamer:*) „wie ein Vektor aufgebaut ist und wie man einen Vektor mit einem Skalar multipliziert, OK“ (lacht) Da hab ich mir halt gedacht, das hätt ich mir auch sparen können. Wenn ich mir 27 Seiten eLearning Text durchlese will ich mir nicht auch noch einen Zusatztext durchlesen. Es is gut dass er drinnen steht, aber es is halt jedem frei überlassen, ob er sich den dann durchliest oder nicht. Und wenn ich dann später draufkomm: „OK, ich weiß nicht mehr wie man einen Vektor mit einem Skalar multipliziert, dann kann ich immer noch nachschauen aber es is nicht das, was ich mir vorher großartig durchlese.“ ////

**I:** Also könnte er hilfreich sein, nachher vielleicht?

**S:** Schon, schon. Wie gsagt, wenn man dann irgendwie denkt, oh scheiße, jetzt weiß ich nicht mehr wies weiter geht, wie die Rechnung noch mal funktioniert, dann kann's durchaus hilfreich sein, aber immer erst nach der Unterrichtseinheit. //

(Interview 1, Z. 699 - 714)

Die Studentin 1 beschreibt in süffisanter Art, dass sie mit dem Inhalt des Zusatztextes, der ihr als einziger einfällt, unterfordert war. Sie kennt scheinbar keinen anderen und erklärt das mit der Tatsache, dass 27-seitige Skripten nicht zum Lesen weiterer Texte animieren und abermals mit der Freiwilligkeit der Nutzung des Zusatzangebotes. Studentin 1 räumt aber die potentielle Nützlichkeit solcher Zusatzinfos als Nachschlagewerke für Aktivitäten nach der Präsenzphase ein, wobei hier scheinbar das Protokoll-Verfassen gemeint war.

Die Studentin 1 beschreibt in der folgenden Textstelle, wie sie sich beim Arbeiten mit computergestützter Auswertungssoftware geärgert hat, dass sie sich nicht auskenne und dauernd ihren Betreuer um Hilfe fragen musste. Dabei kommt sie dahinter, dass eine entsprechende Anleitung vielleicht im Leitfaden zu finden gewesen wäre:

**S:** [...]wenn man mit einem Programm arbeiten muss zum Beispiel, von dem man keine Ahnung hat, find ichs irgendwie zack. Weil ich mich dann vier Stunden damit herumärgere, dass ich nicht weiß wie das blöde Programm funktioniert, drei Mal den G. fragen muss: „Öh, und wie geb' ich jetzt die Koordinaten ein, wo muss ich jetzt hinklicken damit ich das ändern kann.“ // also // ich bin ma nicht sicher ob ihr im Leitfaden // steht da drinnen beschrieben, wie das Origin funktioniert? // Im Leitfaden?

**I:** War das jetzt eine Frage an mich?

**S:** Ja. Ich weiß es nämlich nicht, ich hab mir den Leitfaden noch nie ganz durchgelesen.

(Interview 1, Z. 723 - 728)

In dieser Aussage ist manifest dokumentiert, dass Studentin 1 den Leitfaden - ein zentrales Dokument für die Lehrveranstaltung - nie ganz gelesen hat. Es ist weiterhin ersichtlich, dass sie dieses Dokument weder in digitaler- noch in gedruckter Form während der Praktikumseinheiten genutzt hat. Dies deutet wieder auf eine oberflächliche Nutzung der eLearning-Umgebung insgesamt hin. Außerdem wird deutlich, dass sich Studentin 1 sehr oft Betreuer G. als ersten Ansprechpartner für Probleme heranzieht. Gemeinsam mit zahlreichen anderen, hier nicht abgedruckten Zitaten, deutet diese Tendenz darauf hin, dass Studentin 1 praktisch-akustisches Lernen mit persönlicher Betreuung vorzieht.

Die Studentin 1 erläutert ihre Quellen für die Erstellung des Protokolls im Anschluss an den Praktikumskurs:

**S:** Es sind meine Aufzeichnungen und die Einführungen von eLearning und Wikipedia oder so, weiß nicht, wie gesagt ich hab erst ein Protokoll geschrieben, ich kann jetzt nicht genau sagen, wo ich jetzt Probleme hab und wo ich jetzt noch Zusatzsachen nachschauen muss. Aber ich weiß, meine Orte wo ich fragen kann, Internet, Bücher, also // oder ich hab genug Freunde, lauter Leute die Physik studieren, also // oder ich ruf meinen alten Professor an, also, ich find schon einen Weg um mir da Sachen zu erfragen // wenns notwendig is // eLearning ist für diese Sachen eh gut geeignet.

(Interview 1, Z. 530 - 536)

Mit „Aufzeichnungen“ sind die Mitschriften der Einführungsvorlesungen gemeint. Diesen folgen sogleich die Skripten der eLearning - Umgebung und Wikipedia als Informationsquellen für die Protokollerstellung. Weitere Quellen werden exemplarisch und hypothetisch benannt. Hieraus geht hervor, dass die eLearning - Umgebung (Skripten - Kapitel „theoretische Grundlagen“) dafür genutzt wird, um Protokolle zu erstellen. Nach Aussage von Studentin 1 sind sie dafür gut geeignet. Sie fasst jedoch den eLearning -Begriff noch weiter und nennt ihn gleichzeitig mit Wikipedia, welches ausdrücklich nicht als Quelle empfohlen wurde.

Studentin 1 auf die zusammenfassende Frage, ob ihr das eLearning-Angebot beim Protokollschreiben nütze:

**S:** Das schon. Weil da einfach in in auf der eLearning Seite steht halt auf der Vorpraktikumsseite für jede Einheit wirklich genau das Wissen, was man jetzt braucht um das Protokoll zu schreiben, ja? Also das is noch mal eine Auffrischung eine Auffrischung von den Einführungsvorlesungen für diese Einheiten, das is ein bisschen kompliziert jetzt ausgedrückt (lacht),  
(Interview 1, Z. 493 - 496)

Die Studentin bestätigt die Wirksamkeit der Skripten der eLearning- Umgebung als „Auffrischung“ von bereits Gelerntem aus den Einführungsvorlesungen und die Eignung der Skripten für die Protokollerstellung.

**Student 2** Student 2 auf die Frage des Interviewers, wie er sich jede Woche mit Hilfe der eLearning-Umgebung vorbereitet hat:

**S:** Ok, also // ähm das war so wie die Homepage von der Frau Professor Gorgas, ich bin über die Homepage immer rein äh eingestiegen (lacht) ähm hab mich dann hab dann auf das blaue Symbol geklickt, wo eben der // wo eben der wo ihr eben den Kurs rein gegeben habt auf die Plattform und bin dann zum Beispiel in M2 eingestiegen // ähm den // also das ist meistens schon eine Woche vor oder ein paar Tage vorher gemacht // ähm bin eingestiegen, hab mir das // hab das im Internet überflogen wie viel des so ungefähr ist, hab's dann // ausgedruckt und also das Skript dann ausgedruckt, ähm // hab des Skript dann eben gelesen, wann's gegangen ist so in der Schnellbahn oder so wenn's eben wenn's dann ausgedruckt eben sehr geschickt war, ähm hab dann - nachdem ich's gelesen hab - versucht, die // ähm die Applets durchzuspielen. [...] Und // ja jetzt ist als kleiner nächster Vorteil ist für die Endprüfung, dass wir ihn wieder, dass eben die die Details immer, ähm immer an der gleichen Stelle sind und man eben jetzt wenn man sich wirklich // ähm wenn man sich noch schnell auf der Uni kurz reinschauen will, weiß man genau wo man nachschauen muss, um um des zu finden, des des des Skriptum. [...]  
(Interview 2, Z. 91 - 100 und 110 - 114)

Die manifesten Inhalte dieser Textpassage geben Informationen darüber, wie der Student 2 die Lernumgebung genutzt hat, um sich vorzubereiten. Im gleichen Statement gibt er eine weitere Nutzungsart bekannt: Nach dem Einstig und der Übersicht über das Ausmaß der Inhalte hat der Student das jeweilig nächste Skript mehrere Tage vor dem Praktikumskurs ausgedruckt und gelesen. Nach dem Lesen wurden die Applets (hier wahrscheinlich auch die anderen Zusatzinformationen gemeint) durchgespielt. Darüber hinaus nutzt Student 2 die eLearning-Umgebung noch zur Vorbereitung auf das Abschlussgespräch mit Fr. Dr. Gorgas. Der konstante Platz und die stetige Abrufbarkeit der eLearning-Umgebung werden als Vorteil dargestellt. Der latente Inhalt im Wortgebrauch zur Verwendung der Applets „durchgespielt“ könnte allerdings darauf hindeuten, dass diese Art der Zusatzinformationen eher einen Infotainment-Charakter für Student 1 besitzt, der nicht primär dem Informationsgewinn, sondern der Auflockerung dient.

Auf die Frage des Interviewers, wie sich der Meinung von Student 2 nach, seine Kollegin-

nen und Kollegen mit der eLearning-Umgebung vorbereitet haben, spricht der Gefragte zuerst die Problematik eines (schnellen) Internet-Zuganges an (die hier nicht behandelt wird) und stellt sodann einen Vergleich an, der wichtige Hinweise auf die Bandbreite der Nutzungsintensität der Lernumgebung liefert:

**S:** [...] Was mir aber aufgefallen ist, // dass dass bestimmte Personen nicht so gut vorbereitet waren wie zum Beispiel ich war, [...]  
(Interview 2, Z. 244 - 245)

Auf Grund dieser manifesten Aussage ist davon auszugehen, dass der Student 2 sich selbst als jemanden einschätzt, der die Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten ernst genommen hat und dass es Teilnehmerinnen und Teilnehmer gibt, die von seinem Standpunkt aus gesehen nicht so intensiv vorbereitet waren wie er selbst, was durch die Bewertung seines Protokollheftes, des Prüfungsprotokolls und letztlich auch seiner Note (1) auf das Praktikum bestätigt werden kann.

Im weiteren Erzählverlauf geht Student 2 auf die Methode ein, wie seine Kollegen im Praktikum die eLearning-Umgebung verwendet haben:

**S:** Zwei Leute. Von zwei Leuten weiß ich's sicher, dass // dass sie das am PC gemacht haben. Der der C. hat sich erst im Kurs manchmal oder halt auf der Uni das ausgedruckt und hat sogar das sonst im übers Internet das nachher das geleitet, weil er eben nicht die Möglichkeit hat zuhause zu drucken // und der A., mein Partner, der hat die hat eben das ned ausgedruckt und nur am Laptop eben // auch auch auf der Uni mit gehabt. // Und // von den anderen 5 ah, und der der der der Kollege, der S., der hat's auch am PC mitgehabt, also zwei Leute haben quasi einen Laptop mitgehabt // und der Rest, die haben das eigentlich alle ausgedruckt. Die die die Skripten. [...]  
(Interview 2, Z. 287 - 294)

Anhand dieses Zitates entpuppt sich Student 2 als erstaunlich genauer Beobachter, der seine Arbeitsweise mit jener seiner Kollegen vergleicht. Dabei trifft er eine wichtige Aussage: 3 Personen, also die Minderheit einer Kursgruppe von insgesamt 8 Personen, bereitet sich rein vom Computer aus auf die Praktikumseinheit vor. Von diesen benutzen nur 2 im Praktikum ihr persönliches Notebook, um sich ständig Zugang zur eLearning-Umgebung zu verschaffen.

Student 2 antwortet auf die Frage des Interviewers, was er am Angebot der eLearning-Umgebung ändern würde, spontan:

**S:** Also ich hab das recht gut gefunden mit den den // Fragen zu zum Beispiel der Bildergeschichte, mit den Fragen dazu. Da hab ich mich wirklich // noch aktiver damit auseinandersetzen müssen. Ich hab zum Beispiel irgendwelche // irgendwelche Applets oder Bilder, die von alleine ablaufen. Der Unterschied ist eben der, dass man wirklich dann die Fragen lesen muss und wirklich noch einmal nachdenken muss: Was war da im Theorieteil? Und warum ist das jetzt

so und wie passt das mit dem mit dem jetzt zusammen? Und das hab ich recht gut gefunden. Also das Beispiel hab ich schon genannt, das mit Spannung und Strom. Und das find ich gut zu verstehen, [...]  
(Interview 2, Z. 403 - 410)

Auffällig ist, dass Student 2 eigentlich nicht auf die Frage des Interviewers eingeht, sondern eine Meinungsäußerung mit einhergehender Erläuterung inklusive komparativer Gegenüberstellung zur persönlichen Nutzung einzelner Elemente der Lernumgebung abgibt. Der Student bevorzugt etwa die Zusatzinformation *Denkaufgabe* (vgl. Abb. 5.6), wie sie zum schrittweisen Nachvollziehen des Aufbaus einfacher Schaltungen verwendet wird. Er unterstreicht die tiefere Auseinandersetzung mit dem Thema, die durch dieses Webtool ermöglicht wird, im Gegensatz zu Applets mit Simulationscharakter (also jene mit geringem Anteil interaktiver Elemente und Aufgabenstellungen). Der Student 2 nutzt also freiwillig Nachdenkaufgaben, um fehlendes oder nicht abgesichertes Vorwissen auszugleichen bzw. zu festigen.

Student 2 auf die Frage des Interviewers, ob er die Skripten auch einmal am PC gelesen hat:

**S:** Ähm, nur nur dann, wenn es, wenn ich kurz was nachschauen wollte oder wenn ich wirklich am PC was gemacht hab. Und nebenbei ich hab halt wennst mein Protokoll anschaust, ich hab einiges ausm Skriptum rauskopiert und ähm da hab ich's schon immer gelesen, im Word offen gehabt, hab halt immer so geswitcht zwischen Word und zwischen ähm zwischen den pdf-Files und da hab ich's schon quasi indirekt gelesen. [...] (Interview 2, Z. 147 - 151)

Aus dem manifesten Inhalt dieser Aussage geht hervor, dass der Studierende die eLearning-Umgebung vom Computer aus unter anderem dafür benutzt hat, um sich digitale Daten zur Erstellung des Protokolls zu holen.

### Subkategorie 2b: Lerntypen

**Studentin 1** Studentin 1 antwortet auf die Frage, wie es ihr dabei ergangen ist, im Vorpraktikum Neues zu lernen. Dabei wird der Studierenden vom Interviewer noch zusätzlich in den Mund gelegt, dass sie mehr Vorwissen als Erstsemestrige hat und bereits Einführungsvorlesungen besucht hat. Die Studierende geht nur im ersten Satz auf die Vorgaben durch den Interviewer ein und beginnt daraufhin eine längere Erzählung über ihre Einstellung zum Vorpraktikum, der Art, wie sie lernt und verbindet das mit Erlebnissen aus Praktikumssituationen.

**S:** [...] Ich muss vorher nicht wissen // was der Steiner'sche Satz ist, oder was er mir sagt, sondern ich setz in meine Formeln ein und hab Spaß am Messen oder am Ergebnisse bekommen und wenn's richtig ist, freu ich mich und das Hintergrundwissen eigne ich mir eher erst beim Protokollschreiben an, weil's

dann viel genauer wird, weil's dann ganz genau fragen und wissen wollen, wieso ist das so und wie funktioniert das und dann ist die Antwort: „Der Steiner'sche Satz weil der is so und so und der sagt das und das“. Und erst dann weiß ich eigentlich eher was die ganzen Hintergrundsachen sind. In der Praktikumseinheit mach ich meine ganzen Versuche, meine Messreihen, bin happy damit, dass es funktioniert hat, dass es richtig war und dass ich fertig geworden bin damit. Und danach beschäftige ich mich damit, wie das alles zu Stande gekommen ist, was da die Gründe dafür sind und warum das überhaupt funktioniert und so weiter und jetzt hab ich vergessen was die eigentliche Antwort auf die Frage war. (*lacht*)

(Interview 1, Z. 327 - 338)

Die Studentin erläutert in den manifesten Teilen dieser Textpassage ziemlich kondensiert ihre Art, das Praktikum zu bestreiten: Zuerst ist es ihr wichtig, die experimentellen Ergebnisse zu erbringen, ohne die dazugehörige Theorie verstehen zu wollen, um dann ein Protokoll zu erstellen, für welches sie die physikalischen Erklärungen zu den Ergebnissen hinzufügt.

Studentin 1 erklärt in dieser Aussage, die auf ein Nachfragen zu ihrem Vorbereitungsstil erwidert wurde, ihre Beweggründe zur bereits erläuterten Lernstrategie:

**S:** Es is es is s s weder noch, so kann man das nicht sagen. Es is einfach, dass ich mir denke, es reicht, wenn ichs mir heute durchlese. Ich brauch keine drei Stunden Vorbereitung dafür, weil, wenn ichs mir drei Stunden durchlese, versteh' ichs auch nicht besser, als äh wenn ichs mir eine halbe Stunde vorher durchlese. //// Na, es is weder ein Merkproblem, noch ein Zeitproblem, weil ich hätt' sicher Zeit am Vortag das zu machen, ich wills aber einfach nicht machen, weil ich eh heute vier Stunden damit zubringe und es reicht wenn ich mir das heute noch eine Stunde vorher durchles.

(Interview 1, Z. 177 - 183)

Es erweckt den Anschein, als hätte die Studierende mit der skriptenbasierten Lernumgebung nicht den für sie optimalen bzw. effizientesten Lernstil zur Verfügung. Sie argumentiert ihre geringe Zeitinvestition in die Praktikumsvorbereitung offen mit persönlicher Abneigung gegenüber zeitintensiver Auseinandersetzung mit Physik.

Studentin 1 antwortet auf die Frage des Interviewers, welche Rolle die eLearning-Umgebung für das bessere Verständnis physikalischer Konzepte spielt, dass sie vor dem Praktikum praktisch keine Rolle spielen würde und begründet das folgendermaßen:

**S:** [...] Weil sich ja jeder nur durchliest: „Was muss ich machen.“ Weils vorher einfach keinen interessiert wies funktioniert, es is halt ganz einfach so. Ich bin im 3. Semester, wir haben 4 Stunden Praktikum vor uns und es interessiert vorher einfach keinen, weil alle wollen das Praktikum hinter sich bringen, ahm, in der Zeit und richtige Ergebnisse bekommen, und dann müssen alle s'Protokoll schreiben. Dann is wichtig, was das für physikalische Hintergründe hat und da

is die eLearning Seite wieder wichtig [...]  
(Interview 1, Z. 615 - 619)

Wieder verdeutlicht und argumentiert Studentin 1 ihre Lernstrategie und spricht manifest aus, was der eigentliche Beweggrund ihrer Strategie sein könnte: Das Praktikum hinter sich zu bringen und richtige Ergebnisse in 4 Stunden zu erbringen. Das deutet darauf hin, dass dieser Beweggrund gegenüber der Absicht, praktische Physik zu erlernen, dominiert. Die aufwandsökonomische Strategie ist vielleicht auch auf die Grundmotivation zur Wahl des Zweifaches zurückzuführen. Darüber hinaus bedient sich Studentin 1 wie auch sonst im Interview recht häufig verallgemeinernden Aussagen indem sie automatisch ihre Handlungen auf „alle“ (anderen) projiziert. In weiteren, hier nicht gedruckten Textstellen, verwendet sie derartige Verallgemeinerungen wie Ausreden oder Rechtfertigungen für ihre persönlichen Meinungen und Handlungen. Es könnte jedoch auch darauf hindeuten, dass sie mit ihrer Lerneinstellung tatsächlich nicht alleine im Praktikum ist.

**Student 2** Der Interviewende fragt Student 2 nach seinem Vorwissen und wie er im Lichte dessen den Brückenschlag zwischen Theorie und Praxis im Praktikum empfunden hat. Student 2 stellt voran, dass ihm auf Grund des Biologiestudiums einige Lehrveranstaltungen der Studieneingangsphase angerechnet wurden, räumt aber ein, dass seine letzte Physik-Lehrveranstaltung (Physik für Biologen) schon sehr lange her ist.

**S:** [...] Und von daher hab ich immer so ein bisschen Angst gehabt, dass ich zu wenig weiß // und // ähm eigentlich hat mich das auch schon recht gewundert, ich bin schon recht gut mitgekommen // ohne viel theoretisch zu wissen halt. // Durch die // durch das viele Skriptenlesen ist das halt recht unproblematisch hat das recht unproblematisch funktioniert. So jetzt vom Wissen her. Und auch beim Protokollschreiben liest man halt dann im Demtröder etwas nach, aber // irgendwo im Internet da eben was dazuzulernen. Ähm // mir hat's eigentlich sehr Spaß gemacht, weil es eben in der Praxis immer dadurch lustiger ist wie in der Theorie für mich persönlich. Äh und einfach wenn man handwerken kann. Also wenn man was tun muss und und überhaupt das das Messen und so macht mir total Spaß. Und von daher hat mir das eigentlich recht gut gefallen. Und vom Wissen her hab ich sicher einiges dazugelernt.  
(Interview 2, Z. 330 - 340)

Student 2 ist zweifellos in einer Sondersituation, da er die Qualität der von ihm vor längerer Zeit besuchten Lehrveranstaltungen zur Physik im Vergleich zu den allgemeinen Einführungsvorlesungen nicht beurteilen kann. Das verleitet ihn zu besonderer Vorsicht, wie er auch selbst berichtet und letztlich dazu, dass er die eLearning-Umgebung so nutzt, wie sie konzipiert wurde (vgl. Kapitel *Nutzungsarten der eLearning-Umgebung*). Es geht deutlich hervor, dass Student 2 ein praktischer Lerntyp ist. Der Student spricht auch in manifester Form aus, dass er festgestellt hat, ohne frisch-evidentes Theoriewissen aus den Einführungsvorlesungen, nach gründlicher Vorbereitung mit den Skripten, den Zusatzinformationen der eLearning-Umgebung und dem Standardlehrbuch *Demtröder*, die Praktikumseinheiten problemlos absolviert zu haben. Das lässt sich als deutlicher Hinweis interpretieren, dass die eLearning-Umgebung dazu geeignet ist, potentiell fehlendes Vorwissen auszugleichen.

Student 2 erklärt in seinem Einstiegsstatement unter anderem, wann er Protokolle geschrieben hat:

**S:** [...] Ja, also // es // und und natürlich auch dann beim Protokoll schreiben, also ich hab eigentlich jedes Mal das Protokoll glei am Samstag am nächsten Tag geschrieben wie's noch frisch war ähm das is eigentlich hat eigentlich recht gut funktioniert. [...]  
(Interview 2, Z. 29 - 31)

Einen weiteren manifesten Hinweis auf die vollständig-zyklische Lernmethode im Praktikum gibt Student 2 in dieser Aussage. Jede Praktikumseinheit wurde abgeschlossen durch das Verfassen des dazugehörigen Protokolls am Folgetag.

Student 2 erklärt die Zusammenarbeit mit seinem Partner:

**S:** So wie ich das gemacht hab ja. Weil weil // weil ich hab zu ihm auch schon gesagt // ich nehme an, dass wir auch ziemlich unterschiedliche Endergebnisse haben werden, weil wir einfach nur die Messungen gemeinsam gemacht haben und uns halt ned so wie andere jetzt vielleicht nebeneinander gesetzt haben um das halt so zu berechnen. Es war eher so ein Einzel //// also es war es war im Kurs haben wir eh alles gemeinsam gemacht, aber alles was sich da im Kurs ned ausgegangen ist, was wir zuhause rechnen haben müssen // haben wir halt fast nicht verglichen.  
(Interview 2, Z. 29 - 31)

Der manifeste Gehalt dieser Aussage zeigt, dass der Anspruch an Partnerarbeit im Praktikum ein recht unterschiedlicher sein kann. Wenn sich die grundlegende Einstellung oder der Lerntypus zwischen 2 Partnern unterscheidet (Indizien dafür finden sich in den Aussagen von Student 2 und werden in Kapitel 3.5. angesprochen) kann sich die Partnerarbeit auf ein Minimum beschränken. Vor- und Nachbereitung finden in diesem Fall getrennt statt, nicht einmal Endergebnisse werden gegenseitig verglichen, was vermutlich daran liegt, dass der Partner von Student 2 seine Protokolle nicht wöchentlich verfasst hat. Im Übrigen stimmt die Einschätzung der Leistung seines Partners in Relation zu seiner Leistung mit den Prüfungsprotokollen, Protokollheften und den Endnoten deutlich überein.

## **Komparatives, interpretatives Resümee von Kategorie 2**

### **Nutzungstypen**

Die unterschiedlichen Zugänge der Studierenden zur Nutzung der eLearning-Umgebung und damit auch ihre Bandbreite sind durch die beiden Interviews deutlich dokumentiert: Während Studentin 1 eher eine oberflächliche Nutzung betreibt, indem sie die zur Verfügung gestellten Materialien zur kurzfristigen Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten nutzt, investiert Student 2 viel Zeit in die gründliche Vorbereitung mit System. Beide Studierenden betrachten das Angebot der eLearning-Umgebung als freiwillig und räumen

somit jedem Nutzer das Recht und die Möglichkeit auf selbstgesteuertes Lernen ein. Obwohl sich die Art der Nutzung deutlich unterscheidet, fassen beide Studierenden das Zusatzangebot - im Speziellen Visualisierungen durch Applets - als Auflockerung des Lernprozesses mit deutlichem Infotainment-Charakter auf. Beide Studierenden nutzen die Lernumgebung als *Nachschlagewerk* bei Nachbereitungstätigkeiten und als *Auffrischung von bereits gelerntem Wissen* in der Vorbereitung. Student 2 nutzt die eLearning-Umgebung darüber hinaus auch als Datenquelle für digital verfasste Protokolle, als Lernmittel zur Vorbereitung auf das Abschlussgespräch, sowie zur systematischen Vertiefung und Erweiterung von ungefestigtem Vorwissen bzw. zum Ausgleich von nicht vorhandenem Vorwissen. Die Aussagen der Interviewten über ihre Kollegen lassen Rückschlüsse darauf zu, dass eine intensive und systematische Nutzung der eLearning-Umgebung zur Vorbereitung auf die Praktikums-einheiten eher nicht mehrheitlich praktiziert wird. Darüber hinaus scheinen nur etwa ein Viertel aller Studierenden die Vorbereitung bzw. die Verwendung der Lernumgebung vom Computer aus zu praktizieren.

### Lerntypen

Anhand der textbasierten Interpretationen lassen sich 2 unterschiedliche Lerntypen erkennen: Studentin 1 ist der *aufwandsökonomische Lerntyp* und Student 2 der *lernzielorientierte Lerntyp*: Der aufwandsökonomische Lerntyp richtet seine Vorbereitung auf die Praktikumseinheit nach der Durchführung der Experimente mit dem Ziel diese mit richtigen Ergebnissen möglichst rasch abzuschließen. Ziel ist es ein, gutes Protokoll zu verfassen, da das der Ausgangspunkt der Beurteilung ist. Ein unvollständig-zyklischer Lernprozess wird durchgeführt, der dadurch charakterisiert ist, dass das notwendige Theorieverständnis mit der Protokollerstellung assoziiert wird, die zeitlich versetzt zu den wöchentlichen Praktikumseinheiten en block gegen Ende des Semesters stattfindet. Dieser Lerntypus hat auf die eLearning-Umgebung die Auswirkung einer selektiven und anfänglich oberflächlichen Nutzung, widerspricht jedoch nicht dem Prinzip des selbstgesteuerten Lernens. Die Rolle der eLearning-Umgebung als Hilfe für den Ausgleich potentiell nicht vorhandenen Vorwissens fällt aber somit weg.

Der lernzielorientierte Lerntyp richtet seine Vorbereitung darauf aus, maximalen Lernerfolg während der Praktikumseinheit zu erzielen. Die vollständig-zyklische Lernmethode mit der Protokollerstellung im Anschluss an die Praktikumseinheit noch vor der nächsten Vorbereitungsphase wirkt sicherlich erfolgsunterstützend. Die eLearning-Umgebung erfährt im Zuge der Vorbereitung eine intensive und vollständige Nutzung und wird dazu benutzt, potentiell fehlendes Vorwissen auszugleichen und das Verständnis physikalischer Konzepte zu verbessern.

Sicherlich existieren diese Lerntypen in vielfachen Abwandlungen, jedoch geht deutlich hervor, dass die Nutzung der eLearning-Umgebung einen größeren Einfluss auf den Erfolg im Praktikum bei Typ 2, dem lernzielorientierten, einnimmt.

### 6.5.4. Kategorie 3: Persönliche Betreuung und Autoritätsverhältnisse

#### Studentin 1

Studentin 1 erklärt, dass es notwendig wäre, das gesamte Skript und alle Zusatzinformationen vor dem Praktikum durchzuarbeiten, damit man überhaupt versteht, wie die Experimente funktionieren, für den Fall, dass es keine Betreuung gäbe und untermauert ihre Erklärung folgendermaßen:

**S:** [...] Wenn wir den G. nicht hätten, wir wären aufgeschmissen, ja? // Aber jeder! Weil jeder zehn Mal in der Stunde zum G. rennt und fragt: „Du, wie funktioniert das noch mal, oder wie mach ich das jetzt genau?“ damit es auch wirklich richtig ist weil jeder das Gefühl hat, wenn ich das jetzt nicht richtig mache dann hab ich den Scherm auf und am nächsten Tag ist das Praktikum vorbei und dann // kann ich scheißen gehen mit dem Protokoll (*lacht*)  
(Interview 1, Z. 194 - 198)

Studentin 1 beschreibt deutlich die große Rolle, die Betreuer G. für den Erfolg ihrer Praktikumskurse spielt. Würde es ihn nicht geben, müsste sie sich viel mehr vorbereiten um überhaupt zu wissen, wie die Versuche funktionieren. Da er jedoch zur Verfügung steht, wird er regelmäßig und oft als Auskunftsperson und Helfer in Anspruch genommen, um das Defizit an Vorwissen bzw. Vorbereitung auszugleichen. Weiters deutlich erkennbar ist die Fixierung der Studierenden auf das Protokoll, welches sie als wichtigsten Erfolgsindex für das Praktikum betrachtet.

Die Studentin 1 ergänzt, aufgefordert durch den Interviewer, ihr vorangegangenes Statement.

**S:** [...] wenn jetzt keiner da wär der uns betreuen würde, dann wär das total kontraproduktiv, dann würds uns allen nur auf die Nerven gehen, dann hätten wir im Vorfeld schon so viel Arbeit, dass wir uns hier nicht mehr konzentrieren oder uns darauf freuen können jetzt irgend was Gescheites zu lernen und a paar interessante Versuche zu machen. Wenn wir nur auf uns allein gestellt wären, dann wär das einfach nur Druck, weil du muss dann Protokoll schreiben, und das muss perfekt sein, weil sonst fliegst durch und dann kannst das noch einmal machen, und, ja, insofern ist es wichtig, dass jemand da ist.  
(Interview 1, Z. 214 - 220)

Wieder erkennt man deutlich, dass die Studierende den Erfolg des Praktikums quasi allein an der Erstellung der Protokolle festmacht und das Erlernen von Fähigkeiten und Fertigkeiten der experimentellen Physik für sie keine Rolle spielt. Sie erklärt jedoch auch, dass ein betreuungsloses Praktikum wegen des vorangehenden Arbeitsaufwandes keinen Spaß machen würde, weil der Leistungsdruck für sie dann zu groß wäre.

Studentin 1 auf die Frage, ob sie zu ihren Protokollen von den Betreuern Rückmeldungen erhält:

**S:** Ja, ich hab jetzt eins geschrieben unds dem G. gezeigt. Der hat gesagt es passt so wies is. Dann hab ich es der Praktikumsleiterin gezeigt // die hat gleich wieder Probleme gefunden. OK, die Regressionsgerade war falsch, aber das hab ich selbst auch gewusst, aber sie hat mich trotzdem nicht ausreden lassen (xxx) aber is wurscht. [...]

(Interview 1, Z. 250 - 254)

Studentin 1 beschreibt hier einen Konflikt, der durch unterschiedliche Aussagen hinsichtlich der Bewertungskriterien durch Betreuer G. und die Praktikumsleiterin entsteht. Der scheint dadurch subjektiv verstärkt, dass Studentin 1 die Gesprächsführung der Praktikumsleiterin ablehnt. Darauf deuten die latenten Emotionen hin, die durch spezielle Formulierungen, wie „hat gleich wieder Probleme gefunden“ oder der objektiv umzudeutenden Beschwichtigungsfloskel „aber is wurscht“ zum Ausdruck gebracht werden.

Studentin 1 antwortet auf die Frage des Interviewers, wie sie glaubt, dass ihre Kolleginnen und Kollegen für das Praktikum lernen, indem sie zuerst ihre Einstellung und Vorgehensweise erneut erklärt und schließt eine Argumentation über die Gründe dafür an in der sie die Wertigkeit des Protokolls mit der Autorität der Praktikumsleiterin in Verbindung bringt:

**S:** [...] Es kann nicht du kannst nicht irgendein Wischiwaschi ins Protokoll reinschreiben, so denk ich mir das weil die Praktikumsleiterin schaut mir nicht so aus, als würd' sie da besonders nachsichtig sein, wenn das Protokoll nicht so gut ist. Sie kommt mir halt so vor und deswegen ist das und drum muss es einfach gut sein, und deswegen muss man dann auch einfach wissen wie die ganzen Sachen funktionieren. Also is das Protokoll insofern wichtig // dass man sich damit auch wirklich auseinandersetzt, was man gemacht hat, aber andererseits ist es einfach der größte Stress bei der ganzen Sache und wirklich ein Unsicherheitsfaktor.

(Interview 1, Z. 376 - 382)

Die Studierende hat sich offensichtlich ein Bild von der Praktikumsleiterin gemacht, das auf flüchtigen Betreuungskontakten basiert, die auf Grund des großen Unterschiedes in der Betreuungserfahrung erklärbarerweise konträr zur Betreuung durch G. (er ist zum ersten Mal Betreuer) verlaufen können. Dieses Bild und die Kenntnis, dass die Praktikumsleiterin alle Protokolle verbessert und alle Abschlussgespräche führt, sowie für die Notengebung verantwortlich ist, erzeugt einen großen Autoritätsunterschied und kann letztendlich für die Fixierung von Studentin 1 auf den Protokollerfolg verantwortlich sein. Sie bezeichnet das Protokoll sogar als größten Stress und Unsicherheitsfaktor und scheint alle ihre Energien darauf zu konzentrieren.

Studentin 1 wird vom Interviewer gefragt, wie sie das Betreuungsverhältnis gerne hätte:

**S:** Ich finds zum Beispiel gut mit unseren Betreuern vom Lehramt G. und // C. Ja. Ich hab keine Angst den G. was zu fragen, weil er erklärt immer nett, er erklärt gut, ich hab jetzt nicht die Angst, dass er dann nachher bei der Prüfung sagt, eigentlich hast du ja so viel gefragt, dass ich ja überhaupt gar nicht durchkommen könnt, ja? Ich weiß nicht, das is einfach, das is ein viel // kamma sagen freundschaftlicheres Verhältnis, vielleicht weil die noch viel jünger sind als die Gorgas, oder weil sie jetzt nicht so die Autoritätsperson sind wie die Praktikumsleiterin, ja. [...]  
(Interview 1, Z. 415 - 421)

Freundschaftliche Betreuungsverhältnisse beschreibt Studentin 1 als angenehmer und offenbar auch effektiver, da sie sich traut, Fragen zu stellen, was immerhin zur Festigung von kognitivem und prozessorientiertem Wissen nützlicher ist, als keine Fragen zu stellen. Faktoren für die lockereren Betreuungsverhältnisse sind die Autorität der Personen, das Alter und die Umgangsform (G. und C. sind mit den Studierenden per Du). Es hat den Anschein, dass für Studentin 1 Autorität und Angst direkt proportionale Beziehungsvariablen sind und dass sich dieses Verhältnis letztlich negativ auf den Lerntypus und somit auch auf die Nutzung der Lernumgebung auswirkt.

## Student 2

Student 2 antwortet auf die Abschlussfrage des Interviewers, ob er noch etwas sagen möchte, was ihm am Herzen liegt:

**S:** Es ist halt gut, dass es neben einem Betreuer auch eine Tutorin gibt, weil weil weil einfach das // das irgendwie die Abwicklung von Experimenten halt wirklich ansteht, wenn irgendwer nicht weiter weiß, dass man da halt fragen kann. Wobei es auch oft dann schon eine Warterei war, wenn jetzt da acht Leute was von zwei Leuten wollen. Ist ganz klar, dass da // dass da da da ned jeder gleich drankommt. //// Aber natürlich ist es für den dann oft unangenehm, wenn jetzt irgendwer da // quasi den zu holen. Weißt, was ich mein?

**I:** Nein, erklär mir das.

**S:** Es ist irgendwie unangenehm, wenn man schon, wenn man sich denkt, dass dass gibt's ja nicht, das ist eigentlich so leicht und man muss dann zum fünften Mal hingehen und // und dich oder die Kollegin holen und fragen, ob das vielleicht eh nur ein Mausklick ist oder irgendein Kabel falsch angesteckt ist. Aber man sieht's einfach nicht, wenn man // wenn man nicht weiß, wo man wirklich schauen muss. Weil du dann schon mehr ein Auge dafür hast, wo dann die meisten Fehler sind und wo man dann meistens falsch ansteckt und wo // ja.

**I:** Das ist unangenehm? **S:** Ja, schon. // Mir ist das schon unangenehm. Wir haben uns das nachher schon aufgeteilt, dass einmal der eine geht und einmal der andere // aber ja, das ist halt // mir ist es halt so vorgekommen.

**I:** Wie kann man das ändern?

**S:** Mit einer Glocke (lacht). Nein, ich ich ich // ich weiß nicht. //// Weil ich mein in dem dem Aufenthaltsraum war's mir eigentlich immer unangenehm da rein zu gehen und vielleicht irgendein Gespräch war oder die Kollegin zu unterbrechen und das // ist einfach unangenehm. // Weißt, was ich meine? **I:** Aber nicht, weil du jetzt Angst gehabt hättest, du kriegst eine schlechtere Note oder so?

**S:** Nein, nein! Das glaub ich auch nicht, dass das // dass das wer machen würde, [...]

(Interview 2, Z. 563 - 695)

Das ist der einzige Textabschnitt, in welchem sich Student 2 zu Betreuern und Autoritätsverhältnissen äußert. Das könnte daran liegen, dass der Interviewer gleichzeitig auch Betreuer war, jedoch sind während des gesamten Interviews keine Anzeichen auf eine angespannte Beziehung oder ein latentes Hemmnis gegenüber dem Interviewer zu erkennen. Schließt man also eine derartige Hemmung aus, so macht es den Eindruck, als ob Autorität und Betreuung für den Praktikumsablauf verglichen mit den anderen, vom Studierenden angesprochenen Themen nur eine geringe Bedeutung hat und zwar eine positive. Er lobt die hohe Betreuungsquote von 4:1 und macht Andeutungen, dass der Betreuungsbedarf manchmal hoch war. Auch Student 2 ist ein Nachfragen bei den Betreuern unangenehm, nicht aus Angst vor einer schlechteren Bewertung, vielleicht jedoch aus Scham oder einer latent vorhandenen Autoritätsbeziehung zu Tutorin und Betreuer, die durch Höflichkeit unbewusst ausgedrückt wird.

## Komparatives, interpretatives Resümee von Kategorie 4

Für das Absolvieren des Praktikums nehmen persönliche Betreuung und Autoritätsverhältnisse bei den beiden interviewten Studierenden unterschiedliche Bedeutung ein. Studentin 1, die „Aufwandsökonomin“ misst der persönlichen Betreuung einen hohen Stellenwert zu, da ihr Erfolg im Praktikum letztlich auf Grund ihrer Lernstrategie stark davon abhängt. Sie kompensiert potentiell fehlendes Vorwissen nicht mit der eLearning-Umgebung sondern mit persönlichen Betreuergesprächen. Hierbei ist ein lockeres amikales Betreuungsverhältnis sehr förderlich - ein autoritäres hingegen hinderlich. Sie hat darüber hinaus ein angstgetragenes Autoritätsverhältnis zur Praktikumsleiterin, welches dazu beiträgt, dass sie einen Großteil ihrer Energien auf die Erstellung guter Protokolle lenkt um am Ende eine gute Basis für das Abschlussgespräch zu haben.

Für Student 2, den „Lernzielorientierten“, hat die Betreuung einen positiven Einfluss auf die Durchführung der Experimente. Er lobt die hohe Betreuungsquote, misst jedoch der Betreuung wesentlich weniger Bedeutung für seinen Erfolg im Praktikum bei, als dies Studentin 1 tut. Er ist durch die Art seiner Vorbereitung auch viel weniger abhängig von persönlichen Erklärungen.

Es zeigt sich in den Interviews auch deutlich die Diskrepanz zwischen den von den Studierenden wahrgenommenen und den von den Betreuenden intendierten Zielen (vgl. Welzel et. al., 1998). Die emotionsbehafteten Unterschiede in den verschiedenen Verhältnissen der Studierenden zu den Betreuern bzw. zur Praktikumsleiterin kann man auch mit dem Mo-

tivationsaspekt zu deuten versuchen: So ist der Anteil extrinsisch motivierter Handlungen im Umgang mit der Praktikumsleiterin - die ja auch Abschlussprüferin sein wird - relativ groß und wird von der Studentin als unangenehm geschildert. Auf der anderen Seite stehen die 2 Betreuer, allen voran G., der in der Phase des Experimentierens, welche als positiv erlebt wird und durch intrinsisch motivierte Handlungen gekennzeichnet ist, anwesend und hilfeleistend ist (vgl. Deci & Ryan, 1985).

## 6.6. Ergebnisse der Aktionsforschungslogbücher

### 6.6.1. Rücklaufquote, Abdeckung, Qualität

Der Tabelle 6.1 kann man entnehmen, wann welcher Betreuer ein Logbuchblatt ausgefüllt retourniert hat. In Abb. 6.1 ist die Abdeckung der Studierendengruppen mittels Logbucheintragungen aufgelistet. Anhand der Anzahl der Studierenden und ihrer Betreuenden ist die kurstagsspezifische Betreuungsquote ersichtlich. Im Durchschnitt ergibt das eine Betreuungsquote von 4,2 Studierenden auf einen Betreuenden. Die Abdeckung ergibt sich aus dem Prozentsatz der ausgefüllten Logbuchblätter in Relation zu den maximal möglichen ausgefüllten Logbuchblättern.

Der Dienstagskurs hat eine Abdeckung von 100 %, was aber nur für 2 Studierende gilt. Hingegen sind vom Mittwochskurs nur ca. 30 % aller Studierenden über den Beobachtungszeitraum von den Betreuern im Logbuch erfasst sind. Da das jedoch einem groben Drittel der Studierenden entspricht, wurden effektiv im Schnitt 4 Studierende für die auf dem Logbuch verzeichneten Rückmeldungen beobachtet. In Summe ergibt sich eine Abdeckung von knapp über 50 %. Das bedeutet, dass sich die Rückmeldungen aus den Logbucheinträgen im Schnitt auf die Beobachtung von mehr als der Hälfte aller Studierenden während des gesamten Semesters bezieht. Diese Abdeckung ist angesichts der Freiwilligkeit der Betreuer, diese Aktionsforschungsmethode zu unterstützen, durchaus zufriedenstellend. Auch für die Anzahl der Fallbeobachtungen ist eine Abdeckung von mehr als der Hälfte aller möglichen Fälle sehr repräsentativ.

	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	/Freitag	Summe
Studenten	2	13	2	8	25
Betreuer	1	2	1	2	6
Quote	2	6,5	2	4	4,2
LB max	8	16	8	16	48
LB rück	8	5	6	11	30
<b>Abdeckung</b>	<b>100,0 %</b>	<b>31,3 %</b>	<b>75,0 %</b>	<b>68,8 %</b>	<b>52,3 %</b>

**Tabelle 6.1.:** Abdeckung der möglichen Beobachtungssituationen durch die Logbucheinträge der Betreuer

Die Rückmeldungen im Rahmen der Objektivitätsprüfung sind sehr positiv ausgefallen. Die Datenaufbereitungs- und Analyseschritte konnten gänzlich nachvollzogen werden. Die Rückmeldungen hinsichtlich der Interpretation wurden im Zuge einer Überarbeitung in die Auswertung eingebaut.

Hinsichtlich Kategorie 3 (Konnte unterschiedliches Vorwissen ausgeglichen werden? Wodurch?) wurde ein Vergleich der induktiven Subkategoriendefinition angestellt. Seminarleiter Dr. Helmut Kühnelt und Student Christian P. waren aufgefordert, aus den vorliegenden Rohdaten Subkategorien zu benennen. Der Vergleich zeigt, dass sich die abgeleiteten Kategorien kaum unterscheiden und zeigt somit die Objektivität der Analyse.

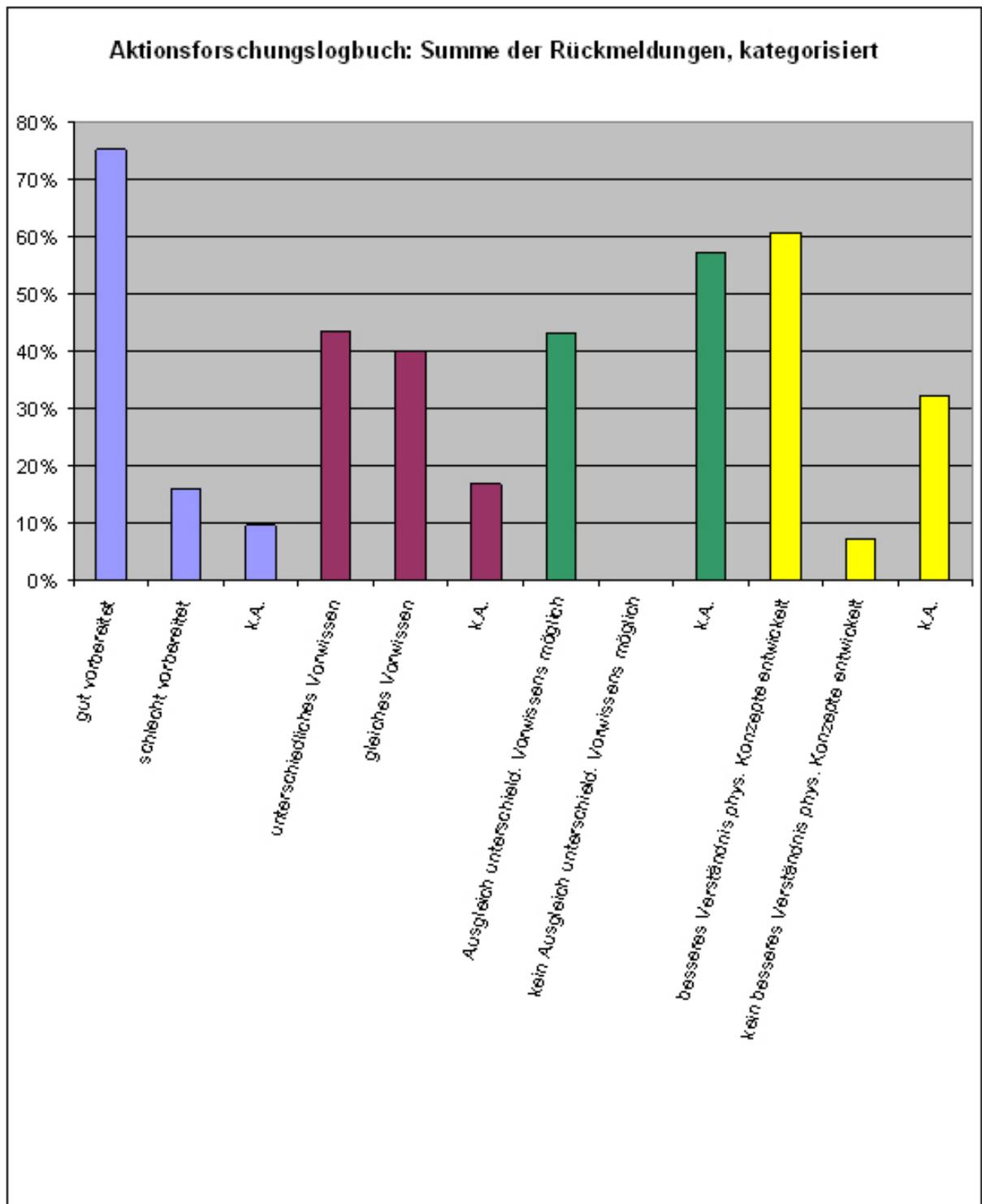
<b>Clemens Nagel</b>	<b>Dr. Helmut Kühnelt</b>	<b>Christian P.</b>
Persönliche Betreuung	Persönliche Betreuung	Persönliche Betreuung
Experimentelle Tätigkeit	Selbständiges Arbeiten, Gruppendiskussionen	Methoden (Experimentieren, Fragen, Diskutieren)
eLearning	eLearning	eLearning

**Tabelle 6.2.:** Vergleich der induktiven Kategoriendefinition

Nicht nur, dass alle 3 Personen je 3 Kategorien definieren, es sind 2 Kategorien sogar wortident.

### 6.6.2. Einteilung und Darstellung der Rückmeldungen

Wie bereits in Kapitel 5.2. beschrieben, wurden die Antworten je Fragengruppe in 3 Kategorien codiert, um sie quantifizieren zu können. Das Ergebnis ist in Abb. 6.10 dargestellt und zeigt die Anzahl der Rückmeldungen in relativer Relation zur Gesamtzahl der Rückmeldungen je Kategorie.



**Abbildung 6.10.:** Quantifizierte Darstellung der codierten Kategorien aus den Logbuch-Rückmeldungen

### 6.6.3. Diskussion und Interpretation von Kategorie 1 - *Inhaltliche Vorbereitung auf die Experimente*

Der quantifizierten Darstellung ist zu entnehmen, dass in der Mehrheit aller beobachteten Fälle die Studierenden als gut vorbereitet beurteilt werden. Nur etwa 15 %, nebst 10 % nicht einschätzbare Fälle berichten von ungenügend guter Vorbereitung durch die Studierenden. Dies könnte natürlich darauf hindeuten, dass die Studierenden tatsächlich gut vorbereitet waren. Genauso wäre es jedoch möglich, dass die berichtenden Lehrkräfte kein ausgeprägtes Sensorium für schlechte Leistungen besitzen.

Im Rahmen des zweiten Codierverfahrens ergaben sich 4 Subkategorien an Begründungen:

- **Selbstständigkeit der Studierenden**  
Die Selbstständigkeit der Studierenden ist mit 11 Nennungen gemeinsam mit der Eigeninitiative die häufigste Begründung der Betreuenden für die gute Vorbereitung der Studierenden. *Selbstständiges Arbeiten, Arbeiten ohne Nachfragen, Schaltungen alleine aufgebaut* sind die meistgenannten Begründungen.
- **Eigeninitiative der Studierenden**  
Die Eigeninitiative der Studierenden wird mit 11 Nennungen ebenfalls am meisten zur Begründung einer guten Vorbereitung herangezogen. Zur Eigeninitiative hinzugerechnet werden etwa *intelligente Fragen stellen, eigene Hypothesen aufstellen, oder fleißiges und aktives Arbeiten*.
- **Kenntnisse zur Versuchsdurchführung**  
Kenntnisse zur Versuchsdurchführung hat 5 Zuteilungen im Codierverfahren erhalten. Diese Erkenntnis ist von den Betreuern schlicht mit „Studierende wissen, was zu tun ist“, umrissen.
- **Kenntnisse theoretischer Inhalte**  
Auch die theoretisch-inhaltliche Vorbereitung ist durch 2 Zuteilungen dokumentiert worden und wird mit *konnten Fragen beantworten* oder *gutes Verständnis physikalischer Konzepte* beschrieben. Die Aussagen zu schlecht vorbereiteten Studierenden betreffen ebenfalls diese 4 Kategorien, wobei die Bewertung hier Gewicht auf *Theorie* und *Versuchsdurchführung* legt, indem eben das Gegenteil zutrifft.

Anzumerken ist noch, dass im bewertungsfreien Bereich der Rückmeldungen der Einwand besteht, dass die Studierenden mit *unkonkreten Aufgabenstellungen beim Kurs M2 nichts anfangen können*.

#### 6.6.4. Diskussion und Interpretation von Kategorie 2 - *Haben die Studierenden unterschiedliches Vorwissen?*

Der quantifizierte Darstellung ist zu entnehmen, dass in den beurteilbaren Fällen etwa der Hälfte der Studierenden gleiches und der anderen Hälfte ungleiches Vorwissen attestiert wird. Etwas mehr als 15 % aller beobachteten Fälle sind nicht einschätzbar. Dazu ist zu sagen, dass es wahrscheinlich sowohl zu einem Vergleich zwischen beiden Partnern einer Gruppe als auch zwischen den Gruppen selbst an einem Kurstag gekommen ist.

Im Rahmen des zweiten Codiervorgangs ergaben sich 2 Subkategorien an Begründungen:

- Unterschiede in der Kenntnis in Theorie und Versuchsdurchführung  
Typische Beschreibungen wie etwa *wenige Kenntnisse über Grundbegriffe* oder *kaum gefestigtes Wissen zu Wechselstrom*, aber auch *Einer kennt sich aus und erklärt es den Anderen* oder *Umgang mit Messgeräten nur einem bekannt* verdeutlichen die Unterschiede in den theoretischen Vorkenntnissen.
- Ausgleich durch persönliche Betreuung  
Unterschiedliche Vorkenntnisse werden oft durch intensive persönliche Betreuung ausgeglichen, wie auch schon in der Interpretation der narrativen Interviews deutlich wurde. Zitate wie *genaue Erklärungen notwendig* oder *(Unterschiedliches Vorwissen) im Gespräch (erkannt)* geben Hinweise darauf, dass heterogenes Vorwissen vorhanden ist.

Die Indizien für gleiches Vorwissen sind weniger detailliert beschrieben, treffen aber im Wesentlichen die hier beschriebenen Subkategorien mit dem Unterschied, dass in diesen Punkten keine Heterogenität zu erkennen war. *Beide haben alle Fragen beantwortet, oder alle hatten Probleme mit Elektrizität* zeigen jedoch, dass es sowohl im positiven, wie auch im negativen Sinn homogene Gruppen gibt.

#### 6.6.5. Diskussion und Interpretation von Kategorie 3 - *Konnte unterschiedliches Vorwissen ausgeglichen werden? Wodurch?*

Der quantifizierte Darstellung ist zu entnehmen, dass das Gros der Fälle nicht durch die Betreuer beurteilt werden konnte, was einerseits auf eine Überforderung der Lehrkräfte hindeuten kann, die im Speziellen für den Mittwochskurs auf Grund der hohen Studierendenzahl nachvollziehbar wäre. Andererseits könnte diese Frage auch ungeeignet für die Umsetzung der Aktionsforschungsmethode sein. Es ergeben sich jedoch aus den ausformulierten Rückmeldungen trotz alledem 3 Subkategorien an Indizien, wie unterschiedliches Vorwissen ausgeglichen werden konnte:

- **Ausgleich durch persönliche Betreuung**  
Wie auch schon in der vorangegangenen Frage als Subkategorie zum Erkennen unterschiedlichen oder gleichen Vorwissens definiert, zeigt sich hier ebenfalls, dass persönliche Betreuung als Mittel zum Ausgleich desselben die wichtigste Rolle einnimmt. Zahlreiche Zitate wie etwa *vieler Erklärungen* oder *intensive Betreuung* belegen diese Annahme.
- **Experimentelle Tätigkeit und praktisches Arbeiten**  
Zitate, wie *laut Studierender durch experimentelle Arbeit* und *Zusammenhänge am Ende verstanden* zeigen, dass der Lerneffekt der Praktikumsexperimente selbst einen großen Beitrag zum Lernerfolg und somit zum Ausgleich von heterogenem oder fehlendem Vorwissen leistet. Ebenso haben Arbeitsmethoden wie Gruppenbesprechungen und Diskussionen, die während des Praktikums angewandt werden, großen Einfluss auf den Ausgleich von fehlendem Vorwissen.
- **eLearning-Zusatzinformationen**  
In einem Zitat wird davon berichtet, dass Studierende selbst darauf hingewiesen haben, dass die Zusatzinformationen der eLearning-Umgebung (Bilderreihe von elektrischen Schaltungen) ein geeignetes Mittel zum Ausgleich fehlenden Vorwissens darstellen.

#### **6.6.6. Diskussion und Interpretation von Kategorie 4 - Können die Studierenden besseres Verständnis physikalischer Konzepte entwickeln? Wodurch?**

Die quantifizierte Darstellung zeigt auch in diesem Fall eine beachtliche Anzahl an Rückmeldungen, die keine Angaben enthalten, was nicht dafür spricht, dass die Fragestellung durch die Betreuer in geeigneter Weise beantwortet werden konnte. Andererseits existiert eine deutlich größere Zahl an Rückmeldungen, die die Fragestellung positiv beantworten. Aus diesen ausformulierten Rückmeldungen ergeben sich folgende Rückschlüsse: Die Studierenden konnten im Großen und Ganzen ein besseres Verständnis physikalischer Konzepte entwickeln. Die Betreuer erkennen das am sichtbaren Lernerfolg der Studierenden während des Betreuungsprozesses, wie Zitate belegen *Aha-Erlebnis (Anstieg beinhaltet gesuchte Variable)*, *selbständiges und richtiges Anwenden der Fehlerrechnung*. Negativen Anmerkungen ist zu entnehmen, dass etwa der Steiner'sche Satz von zumindest einer Gruppe sichtlich nicht erfasst wurde oder dass bei den Versuchen zur Elektrizität große Unsicherheiten und Hemmungen beim eigenständigen Arbeiten existieren. In einem Fall wurde die eLearning-Umgebung - offenbar nach einem direkten Gespräch des Betreuers zu dieser Frage mit den Studierenden - von diesen als Hilfsmittel zum besseren Verständnis physikalischer Konzepte sehr gelobt.

## 6.7. Ergebnisse der Gruppengespräche

Die vom interviewenden Studentenvertreter Daniel Imrich zusammengefassten, kategorisierten Rückmeldungen werden in Folge unverändert<sup>5</sup> wiedergegeben. Daniel Imrichs Ausführungen sind *kursiv* gedruckt und seine persönlichen Rückmeldungen sind in 1. Person (ich-Form) verfasst. Eine Interpretation der Ergebnisse durch den Autor erfolgt im Kapitel 6.7.7, Seite 104.

### 6.7.1. Themenbereich eSkripten

#### Mittwoch-Gruppe

**Imrich:** *Die Beispieltexte sind sehr lang, gehen aber aus der Sicht der Studierenden zu wenig auf die tatsächlichen Aufgabenstellungen ein. Es ist nach dem Lesen der Beispieltexte nicht unmittelbar ersichtlich, wie beim konkreten Experiment vorgegangen werden muss. Die Studierenden wünschen sich, dass in den Praktikumstexten genauer auf die Durchführung der Experimente eingegangen wird, im konkreten Fall bestand die Angst, Messgeräte (Multimeter und Oszilloskope) könnten durch falsche Beschaltung kaputt gehen.*

*Im theoretischen Bereich wäre es gut, wenn der Text um das eine oder andere Rechenbeispiel ergänzt würde (z.B. Durchführung der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung). Als positiv wurde empfunden, dass die vereinfachte Fehlerfortpflanzungsformel für multiplikative Größen angegeben war.*

*Die Beispieltexte enthalten auch einige Erklärungen, die aus Sicht der Praktikanten für die Durchführung des Praktikums nicht notwendig sind, zum Beispiel eine Beschreibung des internen Aufbaus von Digitalmultimetern.*

*Weiters stellt sich für die Studierenden die wichtige Frage „was soll ich (im Protokoll) schreiben, damit ich nicht das gleiche schreibe, das im Leitfaden<sup>6</sup> steht?“*

#### Freitag-Gruppe

**Imrich:** *Die Freitagsguppe äußerte Kritik an denselben Punkten wie die Mittwochsgruppe, aber in geringerem Maße. Das könnte einerseits damit zusammen hängen, dass die Freitagsguppe zum Zeitpunkt der Befragung einen Praktikumstag mehr als die Mittwochsgruppe absolviert hatte, andererseits könnte die Gruppe eine andere Einstellung zu den Beispieltexten haben, da diese vom Betreuer der Freitagsguppe, Clemens Nagel, verfasst wurden.*

*Die Studierenden haben außerdem einige Tippfehler gefunden und würden sich wünschen,*

<sup>5</sup>ausgenommen Anonymisierung

<sup>6</sup>Anm.: gemeint ist eSkript

*dass die Zahl der Fremdwörter reduziert wird oder die Texte durch ein Glossar ergänzt werden.*

### 6.7.2. Themenbereich *Protokolle*

**Imrich:** *Die Mittwochsgruppe hat den Eindruck, dass das Protokoll handschriftlich verfasst werden muss und empfindet dies als ausgesprochen negativ. Die Studierenden haben noch wenig Erfahrung im Schreiben von Protokollen und es wäre für sie einfacher, die Protokolle mit dem PC zu verfassen (da man so auch leichter Dinge ergänzen kann). Außerdem findet die Argumentation, man könne durch handschriftlich verfasste Protokolle das Abschreiben verhindern, wenig Zustimmung. Ich glaube, dass es sogar leichter wäre, Plagiate zu finden, wenn die Protokolle digital vorliegen. In beiden Gruppen wurde der Wunsch geäußert, dass zwei Studierende gemeinsam ein Protokoll verfassen sollten.*

*Es wäre sinnvoll, mit den Studierenden die Anforderungen an das Protokoll in Bezug auf Inhalt, Umfang und die Verwendung von Formeln und Gedankengängen aus den Praktikumsangaben und anderen Quellen genauer zu besprechen, etwa in Form einer Rückmeldung auf ein bereits abgegebenes Protokoll.*

### 6.7.3. Themenbereich *Applets und Lernplattform*

**Imrich:** *Die Applets wurden allgemein als sehr gut und hilfreich für das Verständnis der Inhalte empfunden. Auch der Aufbau der Lernplattform<sup>7</sup> wurde als gut bewertet, besonders im Vergleich mit WebCT<sup>8</sup>. Die Studierenden würden sich aber auch eine Möglichkeit wünschen, selbst zusätzliche Inhalte (Internetlinks etc.) posten zu können. (Shareware-)Programme, die eine separate Registrierung benötigen, wurden sehr schlecht angenommen.*

### 6.7.4. Themenbereich *Betreuung und Organisation*

#### **Mittwoch-Gruppe**

**Imrich:** *Die Betreuer des Praktikums und die Praktikumsleiterin sprechen sich zu wenig untereinander ab, wodurch die Studierenden auf dieselbe Frage mehrere verschiedene, einander ausschließende Antworten erhalten. Dies betrifft sowohl organisatorische als auch physikalische Fragestellungen. Die Studierenden mögen es nicht besonders, wenn Fragen an Dr. Gorgas in eine regelrechte Diskussion ausarten. Es stellte auch sich heraus, dass jene Gruppen, die sich für M3 vorbereiten sollten, davon nichts wussten.*

<sup>7</sup>Anm.: gemeint ist die Internetseite

<sup>8</sup>WebCT war zum Zeitpunkt der Untersuchung die an der Universität Wien flächendeckend eingesetzte Lernplattform.

## Freitag-Gruppe

**Imrich:** *Die Gruppe ist mit Betreuer Clemens Nagel sehr zufrieden. Wünsche an die Praktikumsleiterin stoßen leider mitunter auf „eine Wand“.*

### 6.7.5. Themenbereich *Beurteilung*

**Imrich:** *Es wurde den Studierenden nicht ausreichend mitgeteilt, in welcher Form die Fragen, die sie im Rahmen des Praktikums an die Betreuer stellen, in die Beurteilung eingehen. Außerdem wussten sie nicht genau, was sie beim Abschlussgespräch erwarten würde („muss ich die ganze zusätzliche Theorie aus den Praktikumsangaben wissen?“ etc.).*

### 6.7.6. Themenbereich *Softwareprobleme*

**Imrich:** *Einige Studierende konnten die Java-Applets oder die Beispieltex-te / Leit-faden auch nach mehreren Versuchen nicht öffnen. Es kann sein, dass es daran liegt, dass nicht jeder die neuesten Versionen von Java oder Adobe Acrobat hat. Angesichts der Tatsache, dass es einigermaßen schwierig ist, auf der Website von Sun die richtige Version der Java Virtual Machine („brauche ich jetzt Java SE, Java EE SDK, Java SE 6RC,...?“) zu finden, würde ich vorschlagen, einen direkten Link auf den passenden Download zu setzen. Es gab auch Probleme mit dem Java-Plugin für Firefox.*

### 6.7.7. Interpretation und Zusammenfassung

Die Meinungen und Einstellungen der beiden Gruppen (Mi. und Fr.) unterscheiden sich generell dahingehend, dass die Mittwoch-Gruppe sehr stark beeinflusst ist von organisatorischen Fragestellungen und persönlichen Problemen mit Autoritäten und Betreuungsverhältnissen. Speziell der Vorwurf, dass sich die Betreuer untereinander weniger absprechen, deckt sich auch mit der Interpretation aus dem narrativen Interview mit Studentin 1 (vom Mittwochskurs), was vermutlich daran liegen könnte, dass am Mittwochskurs ein Betreuer zum ersten Mal eingesetzt wurde. Die Kritik an der Praktikumsleitung hinsichtlich mangelnder Flexibilität kann als Trotzreaktion interpretiert werden, denn die Praktikumsleiterin beharrt lediglich auf Einhaltung von Organisationsrahmen und Anforderungsprofil, welche zur Aufrechterhaltung des universitären Lehrniveaus zweckdienlich und pädagogisch argumentierbar sind. Als Beispiel sei hier genannt, dass jeder Studierende ein eigenes Protokoll erstellen muss und dass dieses als Messprotokoll mitgeschrieben oder sofort nach dem Praktikum erstellt werden muss.

Auf jeden Fall sollte es eine bessere Abklärung der Beurteilungskriterien dieser prüfungsimmanenten Lehrveranstaltung vor Beginn geben, da hierzu die Vorbesprechung offensichtlich

nicht ausreichend war. Im gleichen Atemzug könnten koordinierte Rückmeldungen zu den Protokollen eine positive Auswirkung auf die Arbeitsweise bzw. den Lerntyp haben, da sich vielleicht der Arbeitsschwerpunkt der Studierenden weg von Protokollen und Abschlussprüfung - hin zum gezielten Erwerb der Lernziele jedes Kurstages bewegt.

Die eSkripten werden zum Teil als zu umfangreich in der Theorie und gleichzeitig zu wenig informativ in der Durchführungserklärung beschrieben. Dies deckt sich vor allem mit den Rückmeldungen aus den narrativen Interviews. Andererseits zeigt sich auch, dass es mit Sicherheit einige oberflächliche Nutzer der eLearning-Umgebung gibt, da die verlangten Rechenbeispiele zum Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz als Zusatztexte in der eLearning-Homepage des Anfängerpraktikums von Anfang an deutlich veröffentlicht waren. Im Leitfaden wird sogar extra darauf verwiesen. Tippfehler sind bei der Neuerstellung von Texten immer unvermeidbar und müssen regelmäßig korrigiert werden. Der Kritik an zu vielen Fremdwörtern wird insofern nur teilweise nachzukommen sein, so dass darunter Exaktheit im Ausdruck und die Leistungsansprüche universitärer Lehre nicht leiden.

Trotz der Hilfestellung durch Links zu den notwendigen Programmen (Java, Acrobat Reader, etc.) wurden diese anscheinend von manchen nicht weiter verfolgt und es kam zur Aufgabe. Hier sollte durch eine detailliertere technische Hilfestellung eine Verbesserung der Situation erreicht werden. Diese Aussage und auch die Ablehnung von registrationsanfordernden Shareware-Programmen werden durch die narrativen Interviews bestätigt. Die positive Meinung zu den Applets und der eLearning-Umgebung im Allgemeinen deckt sich mit den Ergebnissen der narrativen Interviews.

Insgesamt kann man anhand der Anzahl, der Relevanz und der Länge der Erwähnungen durch die Studierenden im Gruppengespräch annehmen, dass der Anteil der eLearning-Umgebung im Vergleich zu den anderen Variablen, wie Organisation, Betreuung und Autoritätsverhältnisse sowie generelle Lerntypen und Einstellungen / Motivationshaltungen zum Praktikum eher gering ist. Dabei haben die eSkripten noch bei weitem die größte Bedeutung.

## 6.8. Ergebnisse des Fragebogens *Post*

Der Fragebogen *Post* dient zur Festigung der Hypothesen aus den bisherigen Untersuchungsmethoden, indem er als Umfrageinstrument gezielt Anhaltspunkte derselben abfragt. Der Fragebogen kommt nach dem abgeschlossenen Praktikum zum Einsatz.

### 6.8.1. Rücklaufquote, Abdeckung, Qualität

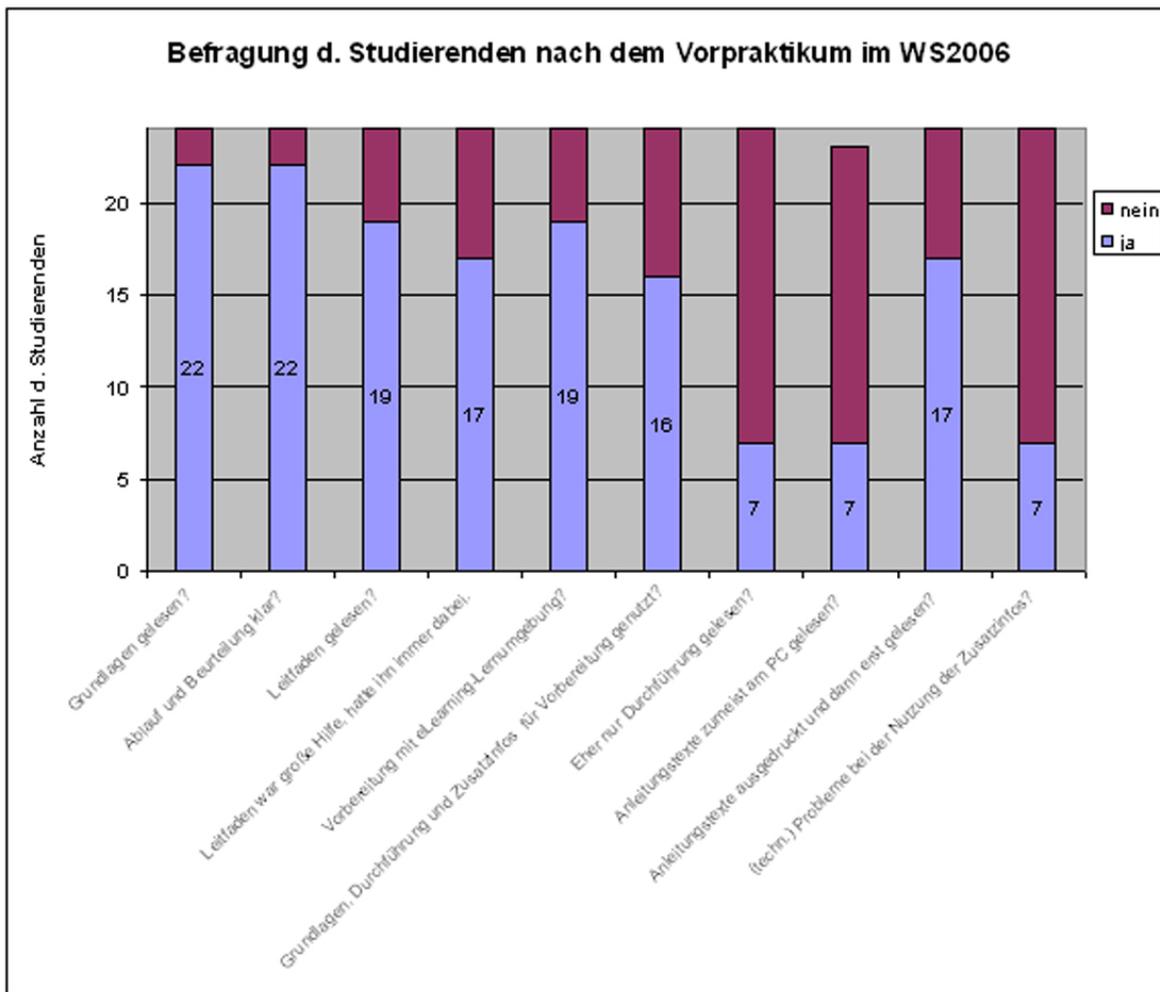
24 von 25 Studierenden haben den Fragebogen ausgefüllt und an der anonymen Befragung teilgenommen. Damit sind nahezu 100 % der Studierenden durch die Befragung abgedeckt.

Die Rückmeldungen im Rahmen der Objektivitätsprüfung fielen durchwegs positiv aus. Die Datenaufbereitungs- und Analyseschritte konnten gänzlich nachvollzogen werden. Die Rückmeldungen hinsichtlich der Interpretation wurden in Zuge einer Überarbeitung in die vorliegende Auswertung eingebaut.

Die stichprobenartige Intercoder-Reliabilitätsprüfung wurde für die offene Frage *So habe ich die eLearning-Umgebung genutzt* durchgeführt. Dr. Helmut Kühnelt und Christian P. waren angehalten, jedem Studierenden anhand der jeweiligen Rückmeldung eine der 4 Kategorien Minimalnutzer - Individualnutzer - Intensivnutzer - nicht kategorisierbar zuzuweisen, ohne die Definition des Autors zu kennen. Das Ergebnis zeigt eine durchschnittliche Übereinstimmung zwischen den drei Codierenden von 79 %, was angesichts der geringen Datenmenge ein überaus zufriedenstellendes Ergebnis ist.

### 6.8.2. Geschlossene Fragen

Abb. 6.11 zeigt die quantifizierte Darstellung der Antworten der Studierenden auf die Fragen im geschlossenen Fragenteil. Aus Abbildung 6.11 geht hervor, dass für nahezu alle Studierenden der Ablauf der Lehrveranstaltung und die Beurteilungsgrundlagen klar waren. Der gleich hohe Anteil an Studierenden, der das Dokument *Grundlagen* gelesen hat, lässt vermuten, dass dieses Element der eLearning-Umgebung für einen klaren Ablauf mit verantwortlich sein kann.



**Abbildung 6.11.:** Quantifizierte Darstellung der Antworten im Fragebogen *Post*

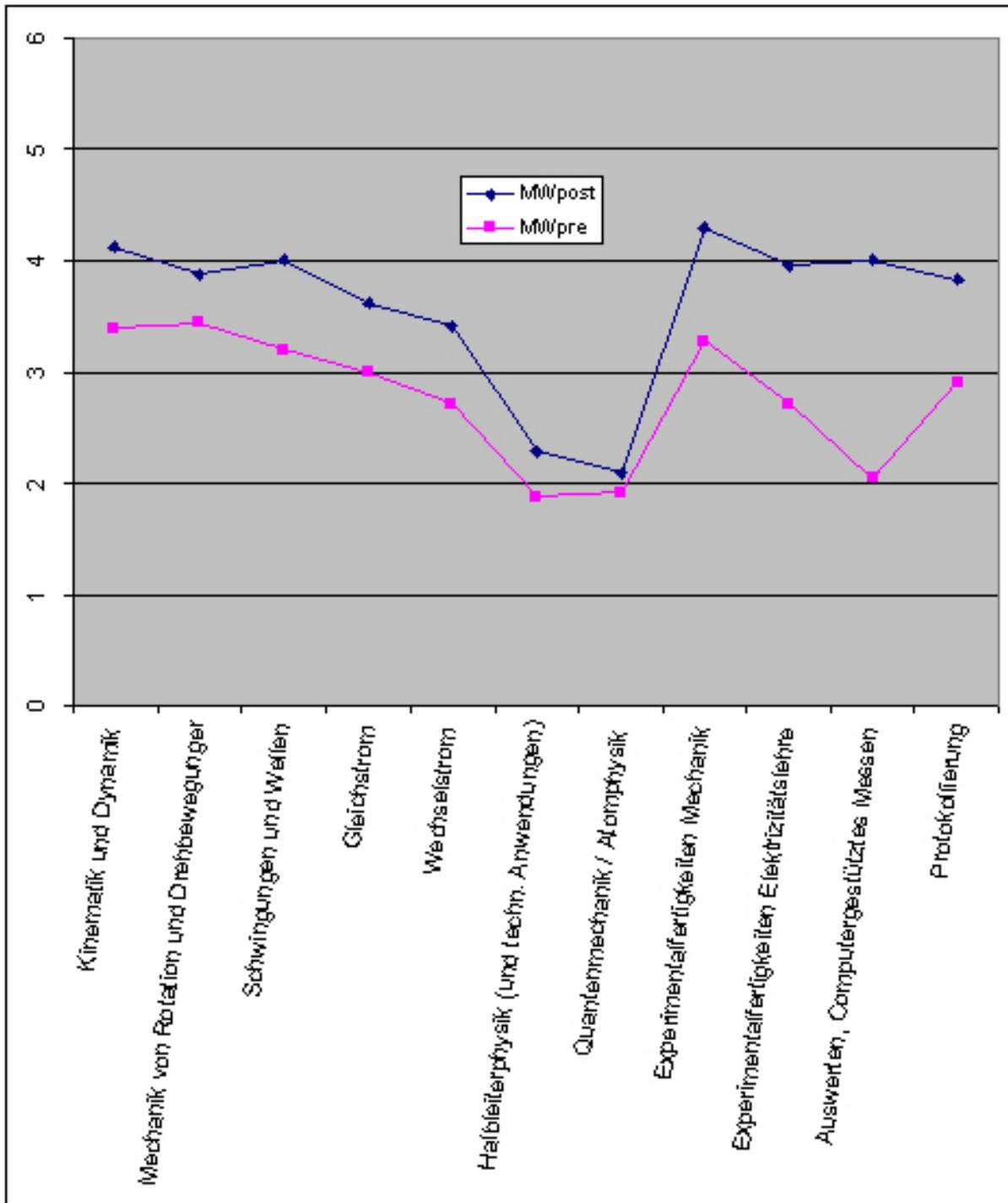
Aus der quantitativen Aufarbeitung geht weiters hervor, dass mehr als drei Viertel aller Studierenden den *Leitfaden für Studierende* - ein weiteres zentrales Dokument der eLearning-Umgebung vor dem Praktikum genau gelesen haben und fast ebenso viele haben ihn auch regelmäßig benutzt. Für mehr als drei Viertel der Studierenden ergab sich der persönliche Eindruck, sich mit der eLearning-Umgebung vorbereitet zu haben. Im weiteren Sinn haben sich jedoch annähernd 100 % aller teilnehmenden Studierenden mit der eLearning-Umgebung vorbereitet, da sie (zumindest einmal) die bereitgestellten Skripten herunter geladen haben, um sie anschließend zu lesen. Zwei Drittel der Studierenden geben an, sich mit Hilfe der eLearning-Umgebung unter Verwendung aller Komponenten der eLearning-Umgebung vorbereitet zu haben, während etwa ein Drittel bestätigt, in der Vorbereitung hauptsächlich die Durchführung der Experimente in den Skripten gelesen zu haben. Zwei Drittel der Studierenden bevorzugen das Lesen der Skripten in ausgedruckter Form, während 1/3 die Anleitungstexte zumeist am PC gelesen hat. Ein Drittel der Studierenden gibt zudem an, technische Probleme mit der eLearning-Umgebung gehabt zu haben.

### 6.8.3. Selbsteinschätzung der Studierenden

In Abb. 6.12 sind die Selbsteinschätzungen der Studierenden zu den unterschiedlichen inhaltlichen Bereichen und den verschiedenen Fertigkeiten dargestellt.

Ähnlich einer Musteranalyse kann die Veränderung erfasst werden: In den Gebieten Halbleiterphysik und Quantenmechanik / Atomphysik ist es relativ unwahrscheinlich, dass die Studierenden einen Wissenszuwachs während des untersuchten Semesters erfahren. Nachdem die Änderung in diesen Gebieten im Schnitt nicht besonders groß ist im Vergleich zu den anderen Gebieten, darf man annehmen, dass sich die Studierenden selbst über alle im Vorpraktikum behandelten Bereiche eine positive Wissenszunahme attestieren.

Besonders deutlich fällt dieser Eindruck bei den abgefragten Fertigkeiten aus. Nachdem gerade die Fähigkeiten und Fertigkeiten bei allen Studierenden mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließlich im Vorpraktikum erworben wurden, hat das Praktikum, seine Organisation und seine Lernumgebung einen Lernerfolg aus der Sicht der Studierenden erwirkt. Damit kann festgehalten werden, dass aus Studierendensicht somit auch die eLearning-Umgebung zu diesem Lernerfolg beigetragen hat bzw. ihn nicht verhindert hat.



**Abbildung 6.12.:** Musteranalyse der Selbsteinschätzung der Studierenden vor und nach dem Vorpraktikum

### 6.8.4. Offene Fragen

#### Alternative Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten

Auf die Frage *Ich habe mich anders als hier beschrieben auf die Praktikumseinheiten vorbereitet* gibt es nur 6 Rückmeldungen, von denen 4 ergänzende Rückmeldungen sind, in welchen etwa alle verwendeten Hilfsmittel zur Vorbereitung angeführt werden. 2 Rückmeldungen beschreiben ein konträres Bild zu den im geschlossenen Fragenteil verfügbaren Möglichkeiten: Diese Studierenden bereiten sich rein mit den Skripten, ohne Verwendung der Zusatzinformationen auf die Praktikumseinheit vor.

Die Ergänzungen geben Hinweise darauf, dass Wikipedia, Physik-Taschenbücher (z.B. Stöcker), aber auch Standardlehrbücher oder die Mitschriften der Einführungsvorlesungen als Informationsquelle für die Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten dienen.

#### Nutzung der eLearning-Umgebung

Die Studierenden beschreiben hier in Stichworten, wie sie persönlich die eLearning-Umgebung genutzt haben. Die Interpretation der narrativen Interviews haben bereits Indizien dafür geliefert, dass es unterschiedliche Nutzungsarten gibt und dass die stärksten Unterschiede in der Nutzungsintensität des Angebots liegen. Die induktiv definierten Kategorien zeigen diesbezüglich ebenfalls eine deutliche Unterscheidung. Anhand der Beschreibungen konnten drei Kategorien definiert werden: Minimalnutzer, Wenignutzer und Vielnutzer. Zwei von 24 Statements konnten nicht eindeutig diesen Kategorien zugeordnet werden.

- Minimalnutzer (2)  
In die Kategorie der Minimalnutzer fallen zwei Studierende. Sie geben an, die eLearning-Umgebung nur zum Download der Skripten benutzt zu haben. Zitate: *spärlich bis gar nicht; zum Ausdrucken der Texte, nie aber um Zusatzinformationen zu öffnen.*
- Individualnutzer (9)  
In der Kategorie sind all jene Studierendenstatements zusammengefasst, die darauf hindeuten, dass die eLearning-Umgebung zum Downloaden der Texte genutzt wird und die Zusatzinformationen auch gelegentlich benutzt werden. Beispielzitate sind etwa: *Anleitungstexte downgeloadet und ausgedruckt; manchmal Applets verwendet, um mich auf das Praktikum vorzubereiten; oder Vor dem Praktikum Unterlagen aus dem Netz ausgedruckt und Applets angesehen.* Hier könnte vor allem die Formulierung *Applets angesehen* darauf hindeuten, dass diese eventuell nur oberflächlich betrachtet werden. In dieser Gruppe finden sich auch 3 Zitate die darauf hindeuten, dass Studierende technische Schwierigkeiten beim Nutzen aller eLearning-Zusatzinformationen haben. Z.B.: *Hatte Probleme mit den Physlets. Konnte sie teilweise nicht öffnen.*

- Intensivnutzer (9)  
Die Statements, welche dieser Gruppe bzw. Kategorie zugeordnet wurden, lassen den Schluss zu, dass die Studierenden die eLearning-Umgebung und ihre Möglichkeiten weitestgehend ausgenutzt haben. Zitate wie *Anleitungstexte, Physlets, Videos,... fast alles* zeigen, dass hier deutlich mehr als nur der Text und oder die Applets von den Studierenden erwähnt werden, was darauf schließen lässt, dass sie diese Tools auch genutzt haben.
- Nicht kategorisierbar (2)  
Eines der nicht zuordenbaren Statements gibt aber einen deutlichen Hinweis darauf, dass die eLearning-Umgebung im Vorpraktikum nicht nur zur Vorbereitung genutzt wurde, sondern auch zur Nachbereitung - im Speziellen zur Protokollerstellung.

## Positive Bewertung der eLearning-Umgebung

Die Antworten auf diese Fragen wurden ebenfalls in Subkategorien codiert, die mit einer einfachen Frequenzanalyse kombiniert ist:

- Applets (9)  
Applets werden als *sehr hilfreich* beschrieben, oder auch als *Hilfsmittel zur Veranschaulichung der Theorie*.
- Verfügbarkeit / Web-Präsenz (7)  
Die Verfügbarkeit durch die permanente Präsenz der Lernumgebung auf der Praktikumshomepage wird als positives Merkmal von eLearning beschrieben.
- Skripten (5)  
Die Skripten werden von den Studierenden etwa mit den Attributen *sehr ausführlich*, oder *genaue Durchführungsbeschreibungen* ausgezeichnet.
- Videos (5)  
Die Videos werden vor allem deshalb gelobt, weil man sich mit ihrer Hilfe den Ablauf von Experimenten schon in der Vorbereitung besser vorstellen kann.
- Zusatzinformation allgemein (4)  
Hier wurden vier Mal die Zusatzinformationen ohne spezifische Differenzierung gelobt.
- Nichts (2)  
Zwei Studierende finden nichts Positives am eLearning. Einer der beiden gibt auch keine Angaben zur Nutzung der Lernumgebung, der Andere ist ein *Minimalnutzer* entsprechend der vorangegangenen Definition.

- Sonstiges (2)  
Je einmal wurde die Benutzerfreundlichkeit, sowie die Nützlichkeit für den späteren Beruf als Lehrkraft positiv hervorgehoben.

## Negative Bewertung der eLearning-Umgebung

Die Antworten auf diese Fragen wurden ebenfalls in Subkategorien codiert, die mit einer einfachen Frequenzanalyse kombiniert ist:

- Technische Probleme und Barrieren (8)  
Das Hauptproblem der eLearning-Umgebung scheint ein technisches zu sein. Oft kritisiert werden Schwierigkeiten beim Öffnen und Nutzen von Applets, aber auch die Notwendigkeit eines (schnellen) Internetzuganges, einmal auch die Notwendigkeit, einen Computer zu besitzen.
- Skripten (5)  
Der zweit häufigste Kritikpunkt betrifft die Skripten, wenn auch in sehr unterschiedlicher Form: Hauptsächlich wird der Umfang und die Informationsfülle kritisiert, dann wiederum auch unklar formulierte Aufgabenstellungen.
- Nichts (4)  
Vier Studierende fanden keine Kritikpunkte an der eLearning-Umgebung
- Sonstiges (3)  
Allgemeine Kritik an eLearning wird ebenfalls artikuliert: *eLearning ist unpersönlich* oder *es ersetzt einen ausgedruckten Text nicht* sind Feststellungen, die in diesem Fall von den Studierenden als negativ empfunden werden. Weiters wird kritisiert, dass die eLearning-Umgebung schwer zu finden ist.

Ein Kritikpunkt betrifft das eLearning nicht direkt, sondern mehr die Organisation, ein weiterer wirkt sich nicht negativ auf die Studierenden aus, sondern allenfalls auf die Ersteller der eLearning-Umgebung. Beide sind deshalb aus der Frequenzanalyse ausgenommen.

### 6.8.5. Zusammenfassung und Resümee

Die Analyse und Interpretation der Fragebögen *Post* für das Vorpraktikum im Wintersemester 2006 haben gezeigt, dass die zentralen Elemente der neuen eLearning-Umgebung, nämlich der Leitfaden und die Skripten von den Studierenden sehr gut angenommen und intensiv genutzt wurden. Die Selbsteinschätzung der Studierenden über ihre theoretischen Kenntnisse und ihre Fertigkeiten zeigt im Vergleich mit den entsprechenden Daten aus dem Fragebogen *Pre* deutlich, dass das Vorpraktikum einen subjektiven Lernerfolg (mit Schwerpunkt auf die Fertigkeiten) auf allen Ebenen bei den Studierenden mitbewirkt hat.

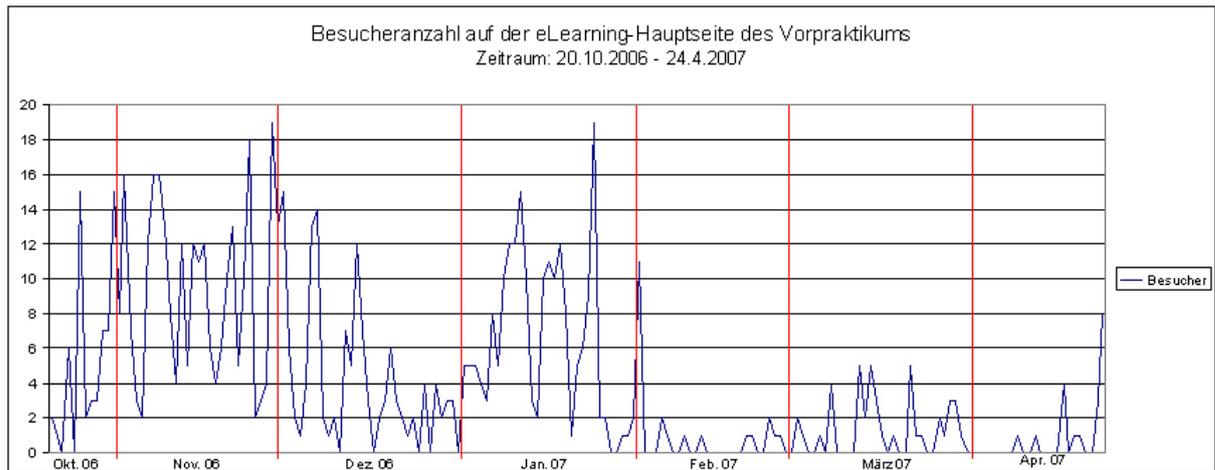
Die eLearning-Umgebung wurde von den Studierenden auf unterschiedlichste Art genutzt: Während ein ganz geringer Teil der Studierenden eLearning als Methode zur Gänze verweigert und die Lernumgebung nur zum Ausdrucken der Skripten verwendet hat, teilt sich das Gros der Studierenden in 2 etwa gleich große Gruppen auf. Auf der einen Seite die Individualnutzer, die in wechselnder Intensität und Ernsthaftigkeit ab und zu, zusätzlich zum Skript, auch Elemente der Zusatzinformationen nutzen. Auf der anderen Seite die Intensivnutzer, die das komplette Angebot der eLearning-Umgebung gewissenhaft nutzen. Zusätzlich zur eLearning-Umgebung werden zur Vorbereitung auch Fachliteratur, das Internet und Vorlesungsskripten herangezogen. Im Überblick betrachtet, erweckt dies den Eindruck, dass die eLearning-Umgebung sehr intensiv das selbstgesteuerte Lernen unterstützt.

Unabhängig von der Nutzungsintensität unterscheidet sich auch der Verwendungszweck der eLearning-Umgebung zur Vor- und Nachbereitung der Praktikumseinheiten: Etwa 30 % der Studierenden bereiten sich eher nur auf die Durchführung der Experimente vor und nutzen den restlichen Teil der Skripten sowie die Tools der eLearning-Umgebung zum Vertiefen oder Erlernen der theoretischen Grundlagen erst im Anschluss an die Praktikumseinheiten. Etwa 70 % hingegen bereiten sich auch auf die theoretischen Grundlagen vor den Praktikumseinheiten vor. Ebenfalls zirka 30 % der Studierenden lesen die Skripten gleich online, ohne sie auszudrucken. Die eLearning-Umgebung und ihre Elemente wurden von den Studierenden überwiegend positiv beurteilt: Die meisten positiven Bewertungen erhalten die Java-Applets dafür, dass sie sehr hilfreich für die Veranschaulichung von Theorie sind. Die Verfügbarkeit der Lernmaterialien im Internet, sowie die Ausführlichkeit der Skripten werden ebenso gelobt wie die Videos, die es ermöglichen, experimentelle Abläufe bereits in der Vorbereitung zu durchdenken.

Verbesserungswürdig sind aus Studierendensicht in den Skripten nebst allfälligen Tippfehlern vor allem die Formulierungen der Aufgabenstellungen, welche klarer artikuliert werden müssen und der große Umfang mancher Skripten. Technische Probleme und Barrieren bei der Nutzung der eLearning-Umgebung, über die sich ca. 30 % der Studierenden beschwerten, müssen unbedingt beseitigt werden.

## 6.9. Ergebnisse des Zugriffszählers der Internetseite

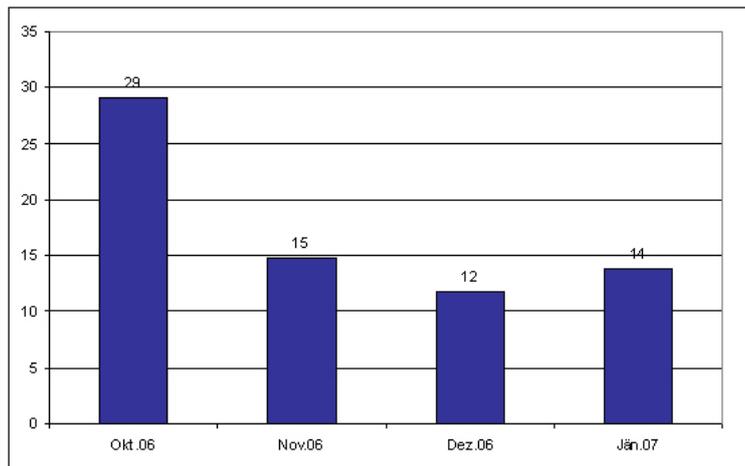
Für den Zeitraum der Freischaltung der Internetseite, auf welcher sich die gegenständliche eLearning-Umgebung befindet, wurde ein Zugriffszähler installiert, der die Summe der unterschiedlichen IP-Adressen, die pro Tag zugreifen, registriert. Abb. 6.13 stellt die absoluten Zugriffszahlen im Überblick dar. Deutlich kann man erkennen, dass es immer wieder Zugriffsspitzen gibt, die durchaus mit der Abfolge der Praktika zusammenhängen. Die Zugriffsflaute während der Weihnachtsferien ist ebenso erkennbar, wie das Ende des Praktikums und die Abschlussgespräche Anfang Februar.



**Abbildung 6.13.:** Zugriffe auf die eLearning-Umgebung des Vorpraktikums

Um eine durchschnittliche Zugriffsrates pro Praktikum zu erhalten, muss der Schnitt jedes Monats um die Zugriffe aus der Zeit nach Praktikumsende (Februar bis April) reduziert werden und durch die im jeweiligen Monat abgehaltene Anzahl an Praktika geteilt werden. Diese Statistik ist in Abb. 6.14 dargestellt, und man kann daraus erkennen, dass im Monat Oktober, in welchem die Vorbesprechung und Erklärung der eLearning-Umgebung stattgefunden hat, offensichtlich alle Studierenden zumindest einmal die Seite besucht haben müssen. In den Folgemonaten sinkt dieser Schnitt auf etwa 14 Zugriffe pro Praktikum. Berücksichtigt man die Gesamtstudierendenzahl von 25, bzw. die Gruppenanzahl von 12, so hat zumindest mehr als jeder Zweite regelmäßig die eLearning-Umgebung zur Vorbereitung genutzt. Eine Alternativhypothese wäre jene, dass manche Studierenden sich mit der inhaltlichen Vorbereitung abwechseln (was vom pädagogischen Aspekt her nicht gewünscht ist) und daher auch jeder Studierende jedes zweite Mal die eLearning-Umgebung zur Vorbereitung nutzt.

Wahrscheinlicher ist eine Kombination beider Hypothesen unter Berücksichtigung aller anderen Daten zur Nutzung der eLearning-Umgebung.



**Abbildung 6.14.:** Monatsmittel der Zugriffe auf die eLearning-Umgebung pro abgehaltenem Praktikum

## 6.10. Resümee und Diskussion der Ergebnisse aller qualitativen Methoden

Begleitend zur ersten Implementation der eLearning-Umgebung in den Regellehrbetrieb des Anfängerpraktikums wurde eine Fallstudie erstellt. Die Ziele dieser Studie waren einerseits eine Abschätzung über das Zutreffen der Vorannahmen des eLearning-Projekts für die Studierenden einer Studienrichtung eines Jahrganges zu erhalten. Diese Vorannahmen waren: Heterogenes und teils fehlendes Vorwissen der Studierenden, kaum vorhandene Erfahrungen mit computergestützter Messwerterfassung und Datenverarbeitung, sowie eLearning-Methoden, Probleme beim Erfassen von physikalischen Begriffen und Konzepten, und die eingeschränkten Möglichkeiten der individuellen und selbstgesteuerten Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten.

In der Studie wurde andererseits versucht, Einblicke in die Nutzung der eLearning-Umgebung durch die Studierenden zu gewinnen, den subjektiven Stellenwert der eLearning-Umgebung im Lernprozess zu beschreiben und Verbesserungsvorschläge abzuleiten.

Die qualitativen Forschungsmethoden waren eine Methodentriangulation aus 2 narrativen Interviews, Gruppengesprächen mit einem unbeteiligten Dritten und einem Aktionsforschungslogbuch der Betreuer. Begleitet wurde diese Triangulation durch Fragebögen vor und nach dem Praktikum (siehe Abb. 6.1).

Jede Methode wurde für sich selbst ausgewertet, analysiert und interpretiert. Die Ergebnisse wurden gegenübergestellt und im nachfolgenden Resümee zusammengefasst:

Fragebogen *Pre* zeigt ebenso wie die Aktionsforschungslogbücher, dass in puncto Bildungsvoraussetzungen und folglich auch bezüglich Vorwissen große Heterogenität bei den Studierenden vorliegt.

### **Positive Selbsteinschätzung der Studierenden**

Die Selbsteinschätzung der Studierenden über ihre theoretischen Kenntnisse und ihre Fertigkeiten zeigt deutlich, dass das Vorpraktikum den subjektiven Eindruck eines Lernerfolges (mit Schwerpunkt auf die Fertigkeiten) auf allen Ebenen bei den Studierenden mit erwirkt hat. Daher kann davon ausgegangen werden, dass im Schnitt die eLearning-Umgebung einen Lernerfolg fördert, bzw. ihn zumindest nicht verhindert.

### **Einblick in die Nutzungsarten der eLearning-Umgebung**

Ein Einblick in die Nutzungsarten der eLearning-Umgebung konnte gewonnen werden. Die Daten aus dem Fragebogen *Post* haben gezeigt, dass die zentralen Elemente der neuen eLearning-Umgebung, nämlich der Leitfaden und die Skripten von den Studierenden sehr gut angenommen und intensiv genutzt wurden. Die Skripten sind für alle Studierenden die Hauptinformationsquelle der Lernumgebung. Sie werden von etwa 70% der Studierenden in ausgedruckter Form gelesen und zur Vorbereitung sowie zur Durchführung verwendet. 30% der Studierenden verwenden die Lernumgebung freiwillig ausschließlich in digitaler Form (z.B. mit Notebook). Diese Hypothesen entstammen ursprünglich den Methoden der Triangulation und erscheinen durch die hier zitierten Zahlen aus dem Fragebogen schlüssig. Auch die Auswertung der Zugriffsstatistik spricht für diese Argumentation.

### **Zwei unterschiedliche Nutzungstypen**

Es existiert ein breites Spektrum unterschiedlicher Nutzungstypen und Verwendungsvorlieben, die zu einem effektiven selbstgesteuerten Lernen der Studierenden führen. Neben einem verschwindend kleinen Teil Studierender, welche die Vorbereitung per eLearning praktisch verweigern und nur das Skriptum in ausgedruckter Form benutzen, offenbaren sich 2 unterschiedliche (in etwa gleich große) Nutzungstypen:

#### **1. Individualnutzer**

Individualnutzer verwenden in wechselnder Intensität und Ernsthaftigkeit ab und zu zusätzlich zum Skript auch Elemente der Zusatzinformationen aus der eLearning-Umgebung.

#### **2. Intensivnutzer**

Intensivnutzer stellen jene Gruppe Studierender dar, die das komplette Angebot der eLearning-Umgebung gewissenhaft nutzen.

Natürlich können die unterschiedlichen Nutzungstypen nicht scharf von einander abgetrennt werden, zwischen ihnen wird es zahlreiche Abstufungen und Ausprägungen geben, die multifaktoriell beeinflusst sind.

Diese Hypothesen sind ebenfalls schlüssig dokumentiert und können durch die Ergebnisse der Triangulationsmethoden gestützt werden. Dafür spricht auch die Zugriffsstatistik auf der eLearning Website. Während im Monat Oktober, in dem die Vorbesprechung stattfand, alle Studierenden mindestens ein Mal zugegriffen haben, liegt die Zugriffsstatistik im Schnitt auf rund 14 Zugriffen pro Praktikumskurs in den Monaten November bis Jänner. Betrachtet man dies unter dem Aspekt, dass manche Studierenden auch in der Vorbereitung arbeitsteilig arbeiten und sich wöchentlich in der Vorbereitungsleistung abwechseln, so unterstützt das die Hypothese der beiden Nutzungstypen.

Applets und Videos sind die am meisten verwendeten Zusatzinformationen, mit wichtiger Bedeutung als Auflockerung mit Infotainmentcharakter im Lernprozess. Die Lernumgebung wird zur Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten herangezogen, wo sie als Auffrischung für evidenten Wissen, aber auch als Vertiefung grundlegender physikalischer Konzepte oder als Ausgleichsfaktor für potentiell heterogenes Vorwissen benutzt wird. Videos werden als wertvolle Hilfe für die Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten beschrieben, indem sie die Visualisierung komplexer experimenteller Vorgänge an Originalobjekten ermöglichen. In der Nachbereitung dient die eLearning-Umgebung im Hinblick auf die Protokollerstellung als Nachschlagewerk und als Quelle digitaler Daten.

### **Bessere Vorbereitung der Studierenden auf das Praktikum**

Eine bessere Vorbereitung der Studierenden auf das Praktikum im Vergleich zur Situation vor Einführung der eLearning-Umgebung scheint allein schon durch die Vielfalt und Freiheiten in der Nutzung möglich. Die Betreuer bewerten die Vorbereitung der Studierenden in diesem Semester mehrheitlich positiv. Es gibt Hinweise darauf, dass unterschiedliches Vorwissen mit Hilfe von Zusatzinformationen der eLearning-Umgebung effektiv ausgeglichen werden kann, jedoch ist der Faktor der persönlichen Betreuung in diesem Punkt der weitaus bedeutendere neben den Arbeitsmethoden der Studierenden in den Präsenzphasen. Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass die Zusatzinformationen der eLearning-Umgebung die Entwicklung eines besseren Verständnisses physikalischer Konzepte durch die Vorbereitung mit derselben unterstützt. Eine gute Vorbereitung hängt höchstwahrscheinlich jedoch stark vom Lerntypus der Studierenden ab. Ebenso wahrscheinlich stellt sich die Abhängigkeit des subjektiven Stellenwerts der eLearning-Umgebung vom Lerntypus dar. Hier konnten mit Hilfe der narrativen Interviews 2 konträre Lerntypen skizziert und charakterisiert werden, die in der Realität freilich in unterschiedlichen Facetten und Schattierungen existieren.

### **Zwei unterschiedliche Lerntypen**

Der *lernzielorientierte Lerntyp* und der *aufwandsökonomische Lerntyp*. Während beim Aufwandsökonom die eLearning-Umgebung eine untergeordnete Gewichtung gegenüber der persönlichen Betreuung hinsichtlich des Lernerfolges einnimmt, scheint es beim Lernzielorientierten genau umgekehrt zu sein. Der Aufwandsökonom ist fixiert auf das Erreichen richtiger Ergebnisse in möglichst kurzer Zeit um die zeitlich verschobene Protokollerstellung so gut wie möglich zu handhaben, um sich damit eine positive Beurteilungs-Basis für das Abschlussgespräch zu schaffen. Das Erlernen von Physik rückt in den Hintergrund. Was bei der an der Versuchsdurchführung orientierten Vorbereitung nicht erarbeitet wurde, soll durch persönliche Betreuung kompensiert werden. Der Lernzielorientierte nutzt die eLearning-Umgebung zur intensiven Auseinandersetzung mit Physik, zum Ausgleich von fehlendem Vorwissen und zum Auffrischen und Vertiefen von physikalischen Konzepten und Anwendungswissen. Die Hypothesen zum Lerntypus und zum Stellenwert der eLearning-Umgebung sind ebenfalls quer durch alle Methoden schlüssig argumentierbar.

### **Studierende äußern Verbesserungsvorschläge**

Verbesserungsvorschläge für die eLearning-Lernumgebung konnten den Beschreibungen der Studierenden und Lehrenden aus allen Forschungsmethoden entnommen werden. Einige Verbesserungsvorschläge sind rein technischer Natur und einfach realisierbar:

- Tippfehler in den eSkripten korrigieren
- Aufgabenstellungen teilweise eindeutiger und einfacher formulieren
- Detailliertere Beschreibungen mancher Versuchsdurchführungen (speziell am Anfang)
- Formellastigkeit mancher Skripten überdenken
- Bessere Hilfestellung bei Software-Problemen (Java, Flash,...)
- Beseitigung von Barrieren bei der Nutzung von Shareware-Programmen
- Computerarbeitsplätze zur Vorbereitung (mit schnellem Internet und Druckmöglichkeit) anbieten
- Mehr Instruktionen bei der Einführung in computergestützte Messwerterfassung und Datenverarbeitung

Darüber hinaus ergeben sich Vorschläge für die Praktikumsorganisation anhand der Analyse der Nutzungs- und Lerntypen: Es wäre für die optimale Nutzung der didaktischen Potentiale der eLearning-Umgebung sehr wichtig, die Rahmenbedingungen für den lernzielorientierten Lerntypen im Praktikum zu fördern.

- Hierzu kann etwa verankert werden, dass die Erstellung des Protokolls des vergangenen Kurses jede Woche durch den Betreuer kontrolliert wird und die Gelegenheit für Rückmeldungen gegeben wird.
- Eine Alternative dazu wäre die Korrektur und Bewertung aller Protokolle nach den ersten 2 Kurstagen - mit anschließenden Rückmeldungen.
- Auch die Einführung eines einfachen +/- Bewertungssystems für die Vorbereitung der Studierenden am Praktikumstag selbst, kann mehr Fokussierung auf die Vorbereitung bringen und die Leistungsorientierung auf Protokoll und Abschlussgespräch verringern.
- Die Sicherstellung eines eindeutigen Verständnisses der Beurteilungskriterien seitens der Studierenden ist anzustreben.

Anhaltspunkte für ein mögliches quantitatives Testsetup werden im Methodenteil der kriterienbasierten Evaluation diskutiert.

# 7. Kriterienbasierte Evaluation

## 7.1. Theoretischer Rahmen und Methodenbeschreibung

Aus der Analyse der qualitativen Methoden ergeben sich für ein mögliches quantitatives Evaluationskonzept folgende Anhaltspunkte:

- Ein Test-Setup im Pre/Post - Format sollte im Idealfall darauf abzielen, den Einfluss der eLearning-Umgebung als alleiniges Vorbereitungsinstrument zu testen. Daher sollten Vorbereitung und Praktikumsdurchführung gekoppelt werden, sowie die allererste Praktikumsinheit dafür verwendet werden.
- Persönliche Betreuung in der Vorbereitung dürfte nicht stattfinden, um jegliche externe Einflussnahme zu unterbinden.
- Persönliche Betreuung während der Praktikumsinheit dürfte nur sehr eingeschränkt und auf Anfrage stattfinden um diese einflussnehmende Variable bewusst niedrig zu halten.
- Es müsste eine Test- und eine Kontrollgruppe gleichzeitig arbeiten und miteinander verglichen werden.

Dieser Test schafft dann zwar eine Laborsituation, die sich stark von der Realität unterscheidet, macht jedoch den kognitiven und prozessorientierten Lernerfolg stark von der eLearning-Umgebung abhängig und schränkt andere Faktoren ein, deren Einfluss relativ stark sein dürfte, wie die deskriptive Analyse gezeigt hat.

Gegen ein derartiges Testsetup sprechen jedoch folgende Argumente im Sinne der übergeordneten Qualitätskriterienbereiche in Aktionsforschungsprojekten nach Altrichter & Posch (2007):

Zu allererst würden forschungsethische Kriterien verletzt werden, wenn man die Hälfte der Studierenden wissentlich in der veralteten Lernumgebung arbeiten lässt, die offensichtlich nachteilig gegenüber den pädagogischen Zielen des Projekts ist. Ebenso ließe sich durch die künstlich eingeschränkte Betreuung eine Vereinbarung mit den pädagogischen Zielen nicht erreichen, da gerade in der Anfangseinheit der Praktika die Studierenden die wichtigsten Grundlagen lernen sollen und intensive Interaktion mit den Betreuern für die Sicherstel-

lung des Lernerfolges unabdingbar sind.

Pragmatische Kriterien würden durch den geänderten Ablauf der zu untersuchenden Praktikumseinheit verletzt werden, wenn die Vorbereitungszeit der Praktikumseinheit nahtlos vorangestellt ist und in nicht frei zu wählender Umgebung stattfindet. Die Verträglichkeit mit der Praxis wäre dadurch nicht mehr gegeben, da eine Laborsituation geschaffen werden würde, die der Realsituation zeitlich, räumlich und hinsichtlich psychischer Belastungen der Studierenden nicht mehr entsprechen würde.

Aus diesen Gründen wird auf ein quantitatives Testverfahren im Pretest-Posttest-Setup unter Verwendung von Kontrollgruppen verzichtet. Stattdessen wird die Lernumgebung auf die Erfüllung von Zielkriterien überprüft.

### 7.1.1. Evaluationskriterien

Im Einvernehmen mit der Praktikumsleitung<sup>1</sup> wurden pragmatische Kriterien definiert, die darauf basieren, dass die Mehrheit der Studierenden daraus Nutzen ziehen kann. Dieser Nutzen soll sich dahingehend zeigen, dass die Lernumgebung zu besseren Leistungen der Studierenden über den Zeitraum der Praktikumslehrveranstaltungen (2 Semester) führt, dass die Web-Angebote der Lernumgebung mehrheitlich zur Vorbereitung genutzt werden, und diese auch von den Studierenden als hilfreich für den Ausgleich fehlenden Vorwissens erachtet werden und die Vorbereitung von den Studierenden als selbstorganisiertes Lernen empfunden wird:

**1. „Leistungssteigerung“: Die kognitiven und prozessorientierten Fertigkeiten der Studierenden sollen sich verbessern.**

Wenn die Studierenden im Zuge dieser Lehrveranstaltung(en) keinen nachweislichen Lernerfolg erzielen, so wäre (mit den Lehrveranstaltungen an sich) auch die Lernumgebung, also sowohl die Methode als auch die Wahl der Materialien, gescheitert. Denn eines der Hauptziele des eLearning-Projektes an der Fakultät für Physik, schreibt Embacher (2005), lautet *erhöhte Selbstverantwortlichkeit im Lernen und Leistungssteigerung durch selbstgesteuertes Lernen*. Es knüpft an der Problemstellung an, dass Studierende am Anfang ihres Studiums in *hohem Maß Probleme haben, fachspezifische Begriffe, Strukturen und Zusammenhänge zu erfassen und mit ihnen zu operieren*. Nachdem die daraus für das Anfängerpraktikum abgeleiteten Ziele und Vorgaben (vgl. Kapitel 3.2.) nur sehr schwer in objektiver Weise gemessen werden können, wird durch die Messung der allgemeinen Leistung bei einer Steigerung das Erreichen der abgeleiteten Ziele als Voraussetzung angenommen. Dazu muss ein objektiver Leistungstest zusammengestellt werden, der unabhängig von den konkreten Lerninhalten sowohl auf die kognitiven, als auch auf die prozessorientierten Fertigkeiten abzielt und allgemein gehaltene physikalische Grundkonzepte und Arbeitsweisen abfragt. In einem Pretest-Posttest-Setup muss eine Leistungssteigerung mit statistischer Signifikanz er-

---

<sup>1</sup>Zu diesem Zeitpunkt war bereits Ass.Prof. Dr. Wilhelm Markowitsch wissenschaftlicher Leiter des Anfängerpraktikums, da Ass.Prof. Dr. Irmgard Gorgas am 28.08.2007 verstarb.

reicht werden.

2. **„Passendes Angebot“: Das Angebot der eLearning-Umgebung soll von den Studierenden als hilfreich erachtet werden, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen.**

Ausgehend von den Vorannahmen, dass die Studierenden am Studienanfang (auch nach dem 2. Semester noch) große Heterogenität an Vorkenntnissen mitbringen und der Tatsache, dass diese im Rahmen der deskriptiven Analyse der Lernumgebung in der Beschreibung der Studierenden eines Lehramt-Physik-Jahrganges deutlich bestätigt wurde, erhebt sich dieser Anspruch an die Lernumgebung. Um das Kriterium zu erfüllen, müssen bei einer angemessen großen Stichprobe an Kurstagen in mehr als 50 % jener Fälle, in denen sich die Studierenden selbst fehlendes oder mangelndes Vorwissen in einem Teilgebiet zuschreiben, dem entsprechenden eLearning-Angebot die Eignung fehlendes oder mangelndes Vorwissen auszugleichen, zugesprochen werden.

3. **„Ausreichende Nutzung“: Die Studierenden sollen das Angebot der eLearning-Umgebung in angemessener Intensität nutzen.**

Aus den Ergebnissen der deskriptiven Analyse lässt sich ein reales Bild über den Umgang der Studierenden mit der Lernumgebung zeichnen. Daraus lässt sich erkennen, dass trotz des obligatorischen Blended Learning Designs der Lehrveranstaltungen ein großer Teil der Studierenden im Rahmen der Möglichkeiten auf die Nutzung von Webangeboten, die über den Anleitungstext hinausgehen, verzichtet. Es wird seitens der Praktikumsleitung eine Mindestnutzung des Angebotes angestrebt, unter welcher die Aufrechterhaltung und Pflege des umfangreichen Angebots überdacht werden müsste: Das Kriterium der Nutzung gilt als erfüllt, wenn mehr als 50 % der Studierenden an mehr als 50 % der untersuchten Kurstage angeben, mehr als nur den Anleitungstext, in egal welcher Intensität, zur Vorbereitung benutzt zu haben.

4. **„Selbstorganisiertes Lernen“: Die Studierenden sollen die Vorbereitung (eLearning-Phase) als Phase selbstorganisierten Lernens erleben.**

Wie bereits in Kapitel 5. ausgeführt, muss für das Praktikum und seine Organisationsform die Charakteristiken des selbstorganisierten Lernens an Stelle des selbstgesteuerten Lernens (wie im Projektantrag ausgeführt) herangezogen werden: Selbstorganisiertes Lernen liegt vor, wenn Lernende bei vorgegebenen Inhalten und Zielen ihr eigenes Lernen selbst steuern und Entscheidungen über die Art und Weise, Ort und Zeitpunkt ihrer Lernorganisation fällen (vgl. Bannach, 2002). Das Kriterium des selbstorganisierten Lernens gilt als erfüllt, wenn mehr als 50% aller Bewertungen durch die Studierenden über alle untersuchten Kurstage zeigen, dass die Charakteristiken von selbstorganisiertem Lernen in der Vorbereitung gegeben sind.

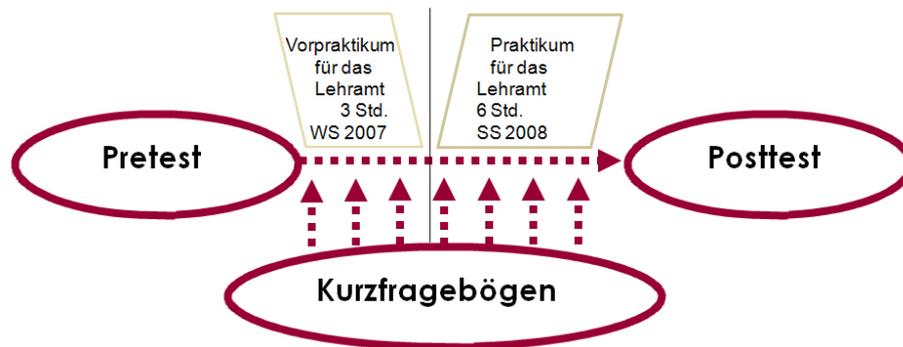


Abbildung 7.1.: Test- und Befragungsdesign für die kriterienbasierte Evaluation

### 7.1.2. Evaluationsdesign

Zur Überprüfung dieser Evaluationskriterien wird ein Test- und Befragungsdesign entworfen, mit welchem ein Jahrgang Studierender des Lehramts Physik durch die auf einanderfolgenden Lehrveranstaltungen *Vorpraktikum für das Lehramt* und *Praktikum für das Lehramt* begleitend untersucht wird (wie dies auch schon für die deskriptive Analyse gesehenen ist). Das *Vorpraktikum* findet im Wintersemester 2007 von Anfang November bis Ende Jänner statt und das *Praktikum* im Sommersemester 2008 von Anfang März bis Ende Juni. Es wird davon ausgegangen, dass ein großer Teil der Studierenden die beiden Praktika in der genannten Reihenfolge absolvieren. Abbrecher oder Quereinsteiger werden von der Studie ausgenommen.

Test- und Befragungsdesign sehen ein Pretest-Posttest-Setup vor, mit dessen Hilfe auf eine kognitive und prozessorientierte Leistungssteigerung über den Interventionszeitraum von 2 Semestern untersucht werden soll. Während des Vorpraktikums wird an 3 von 8 Kurstagen, während des Praktikums an 4 von 12 Kurstagen ein Kurzfragebogen eingesetzt, dessen Fragen darauf ausgerichtet sind, Antworten auf die Kriterien 2 - 4 zu geben (siehe Abb. 7.1).

### 7.1.3. Pretest-Posttest-Setup

#### Testdesign und Durchführung

Der Pretest sowie der Posttest sind ident und bestehen aus insgesamt 26 Testfragen, von denen 13 auf die Testung von naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen abzielen und 13 auf kognitive Leistung. Alle Fragen beschränken sich allerdings inhaltlich auf jene globalen Themengebiete, die auch in den beiden Praktika behandelt werden, vornehmlich Mechanik, Elektrizitätslehre, Optik. Pretest und Posttest können in der Beilage eingesehen werden.

Die Fragen zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen stammen aus der Studie *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben* (Kauertz, 2008) und wur-

den ursprünglich für das Ende der Sekundarstufe 2 entwickelt, wo sie sich jedoch als durchaus herausfordernd erwiesen haben. Sie umfassen unterschiedliche Fragetypen verschiedener Schwierigkeitsstufen und bestehen aus 8 offenen und 5 geschlossenen Fragen bzw. Aufgaben. Die Auswertung und Codierung der Fragen erfolgt nach den publizierten Musterlösungen mit einer Ausnahme: Item 10 wird auch als richtig bewertet, wenn nur 2/3 der möglichen (offenen) Antwortteile erfüllt sind, da im Frageverständnis nach Think-Aloud-Pretestung und Expertenmeinung dabei ein Problem aufgetaucht ist.

Die Fragen zur kognitiven Leistung stammen aus den veröffentlichten Testfragen der TIMSS 3 Studie **Fachwissen Physik - Sekundarstufe II (Maturantinnen und Maturanten)** (TIMSS, 1995). Gewählt wurden 5 offene und 8 geschlossene Fragen bzw. Aufgaben. Die Auswertung und Codierung der Fragen erfolgt nach den publizierten Musterlösungen.

Somit enthält der Test 13 offene und 13 geschlossene Fragen und soll in einem Zeitraum von 60 Minuten durchgeführt werden. Testtermine für den Pretest sind wegen der Gruppenaufteilung auf mehrere Kurstage 9.11.2007, 13.11.2007, 14.11.2007 und 15.11.2007 verteilt angesetzt. Der Posttest findet am 18.6.2008 und 27.6.2008 statt. Um mit dem Pretest und Posttest abhängige (verbundene) Stichproben zu erhalten, wird über den gesamten Untersuchungszeitraum, also auch bei den Kurzfragebögen, ein Namenscode verwendet um die Testbögen bzw. auch die Kurzfragebögen anonym den Probanden zuordnen zu können.

### **Testauswertung**

Die Codierung der Test-Items erfolgt nach richtiger Antwort (1), falscher oder unzureichender Antwort (0) und nicht beurteilbaren Fällen. Letztere werden fallweise ausgeschieden. Bei der Codierung wird auch das Antwortverhalten kritisch verfolgt, sodass gegebenenfalls problematische Items identifiziert werden und allenfalls ausgeschlossen werden können. Die Daten werden in SPSS eingepflegt und analysiert. Mittels Filterfunktion werden jene Fälle ausgeschlossen, die entweder den Pretest oder den Posttest nicht absolviert haben. Die verbleibenden Fälle bilden die Vergleichsgruppen *Pre* und *Post*. Für diese Gruppen wird eine Reliabilitätsprüfung durchgeführt, um etwaige reliabilitätsmindernde Items identifizieren und gegebenenfalls ausscheiden zu können. Aus den verbleibenden Items wird ein Summenscore gebildet. Die Summenscores *Pre* und *Post* werden mittels deskriptiver Statistik auf ihre Verteilung geprüft und anschließend mittels des parametrischen t-Tests für 2 verbundene Stichproben geprüft (vgl. Janssen & Laatz, 2007 und Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2006). Damit soll herausgefunden werden, ob die beiden verbundenen Stichproben aus ein und derselben Grundgesamtheit stammen oder ob sie sich signifikant unterscheiden. Diese Analyse genügt der Überprüfung der oben genannten Evaluationskriterien für den Fall, dass sie sich unterscheiden und der mittlere Summenscore des Posttests signifikant höher liegt als jener des Pretests.

Zusätzlich soll geprüft werden, ob jene Probanden, die angeben, ihr Vorwissen intensiv mit eLearning zu erweitern/vertiefen, einen höheren Punktezuwachs im Posttest und somit Leistungszuwachs aufweisen. Dazu wird eine Kennzahl aus den Daten der Kurzfragebögen berechnet und jeweils die Summenscores von Pre und Posttest der oberen und unteren Kennzahlhälften verglichen, sowie mittels t-Tests für verbundene Stichproben geprüft.

Darüber hinaus sollen die Daten des Leistungstests weiter analysiert und verglichen wer-

den:

Einerseits wird nach latenten Zusammenhängen bzw. Antwortmotiven mittels Faktoranalyse gesucht, und andererseits sollen die 26 Items in den 2 Untergruppen „kognitive Leistung“ und „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ aufgeteilt werden und getrennt auf signifikante Unterschiede analysiert werden. Alternativ dazu werden 2 Untergruppen analysiert, die den Praktika inhaltlich nahe stehende Items von jenen Items trennt, die mit den Praktika in keinem direkten inhaltlichen Zusammenhang stehen.

Letztlich soll auch auf Item-Ebene geprüft werden (deskriptive Statistik und t-Test für verbundene Stichproben), bei welchen Items es zu auffälligen und/oder signifikanten Änderungen des Antwortverhaltens (Pre - Post) gekommen ist. Diese Fälle werden explizit diskutiert.

### 7.1.4. Kurzfragebogen

#### Design und Durchführung des Kurzfragebogens

Mit dem Kurzfragebogen werden die drei Bereiche *Vorwissen*, *Nutzung der eLearning Elemente* und *selbstorganisiertes Lernen* erfragt. Er kann in der Beilage eingesehen werden.

- **Vorwissen:**  
Die Fragen gliedern sich auf die am Kurstag relevanten physikalischen Inhalte und Grundfertigkeiten auf (z.B.: „Ohm’sches Gesetz“ bzw. „Aufbau von Schaltkreisen“). Die Studierenden sollen auf einer vierstufigen Ordinalskala ihr Vorwissen auf diesem Gebiet einschätzen: *sehr gering* - *gering* - *ausreichend* - *sehr gut* und gleichzeitig bekanntgeben, ob sie ihr Vorwissen auf diesem Gebiet mit der eLearning Umgebung vertieft haben. Falls ja, sollen die Studierenden eine Einschätzung geben, wie hilfreich ihnen dabei das Angebot der eLearning-Umgebung war: *nicht hilfreich* - *wenig hilfreich* - *eher hilfreich* - *sehr hilfreich*. Die Option *Vorwissen nicht mit eLearning vertieft / erweitert* dient als Summenscore der Ermittlung der Kennzahl zur Feststellung, ob jene Probanden einen größeren Punktezuwachs im Posttest erreichen konnten, die vermehrt die eLearning-Umgebung zur Vorbereitung ausgenutzt haben.
- **Nutzung der eLearning Elemente in der Vorbereitung:**  
Die Fragen gliedern sich in 2 Blöcke. Zuerst wird die Nutzungsart des zentralen Elements der eLearning-Umgebung - des Anleitungstextes - abgefragt: *nicht benutzt* - *schnell überflogen* - *nur zum Studieren von Aufgabenstellung und Durchführung benutzt* - *vollständig und gewissenhaft studiert*. Diese Skalierung ist nicht ordinal, da die mittleren 2 Abstufungen nicht scharf von einander zu trennen sind. Es ermöglicht aber die Abfrage nach jenen Studierenden, die in der deskriptiven Analyse als „aufwandsökonomischer Lerntyp“ charakterisiert sind und reicht für die Klärung von Kriterium 3.  
Danach wird nach der Nutzungsart jedes einzelnen eLearning-Elements in der Vorbereitung, das im jeweiligen Kurs zusätzlich angeboten wird, gefragt: *Nicht benutzt* - *oberflächlich betrachtet* - *teilweise benutzt* - *alle Aufgaben exakt erfüllt*. Falls das

eLearning Element nur oder auch in der Präsenzphase benutzt wurde, steht eine weitere Antwortmöglichkeit zur Verfügung.

- **Selbstorganisiertes Lernen:**  
In diesem Fragenblock werden die 4 Grundmerkmale von selbstorganisiertem Lernen auf ihr Zutreffen abgefragt (*Inhalte und Ziele vorgegeben? Freie Wahl von: Zeit, Ort und Hilfsmittel der Vorbereitung?*). Bei einer negativen Antwort wird um eine Begründung gebeten, da gegebenenfalls Einschränkungen durch die eLearning-Umgebung identifiziert werden sollen.

Der Fragenblock wird während des Vorpraktikums an 3 von 8 Kurstagen (M2, LKT, SW) und während des Praktikums an 4 von 12 Kurstagen (PL3, PL5, PL10, PL12) eingesetzt. Die Studierenden füllen ihn am Ende des jeweiligen Kurstages aus. Die einzelnen Kurstage sind als repräsentativer Querschnitt über das Gesamtangebot der eLearning-Umgebung gewählt und decken mindestens 25% der Kurstage des jeweiligen Praktikums ab bzw. 35% aller Kurstage der beiden Lehramtspraktika in Summe.

### **Auswertung des Kurzfragebogens**

Die Antworten werden entsprechend ihrer Ordinalskalierung codiert und in SPSS eingepflegt. Mittels deskriptiver Statistik und anschließender Frequenzanalyse der relevanten Fälle werden die Evaluationskriterien geprüft. Allenfalls vorhandene offene Antworten werden kategorisiert und diskutiert.

## **7.2. Qualitätssicherung im kriterienbasierten Evaluationsverfahren**

Im großen Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens stehen die 3 Kriterienbereiche der Aktionsforschung nach Altrichter & Posch (2007) im Vordergrund (wie auch schon im Teil „deskriptive Analyse“ beschrieben):

- **Erkenntnistheoretische Kriterien**, die sich auf die Güte der Befunde beziehen
- **Pragmatische Kriterien**, die sich auf die Verträglichkeit mit der Praxis beziehen
- **Ethische Kriterien**, die sich auf die Vereinbarkeit mit den pädagogischen Zielen stützen und auf den Grundsätzen humaner Interaktion basieren

### **Pragmatische und ethische Kriterien beziehen sich in erster Linie auf die angewandten Methoden:**

Forschungsprozess und Untersuchungsinstrumente sind derart gestaltet, dass sie in verträglichem Zeitrahmen stattfinden können und den Regelbetrieb des Praktikums nicht behindern. Der Forschungsprozess im Rahmen der kriterienbasierten Evaluation gerät in keinen Konflikt mit den pädagogischen Zielen und entspricht zur Gänze den Grundsätzen

humaner Interaktion (siehe auch Kapitel „Theoretischer Rahmen und Methodenbeschreibung“), nicht zuletzt auch dadurch, dass die Studierenden freiwillig an den Befragungen teilnehmen.

**Im Sinne der erkenntnistheoretischen Kriterien gilt es Objektivität, Reliabilität und Validität der Daten sicherzustellen:**

**Die Objektivität** der Befragung ist durch die Methodik determiniert. Eine minimal-invasive, anonyme Befragung in schriftlicher Form ohne Interviewer mit geschlossenen Fragestellungen beim Kurzfragebogen, bzw. ein anonymer Leistungstest mit festgelegtem Codierungsschema (und ebenfalls ohne Interviewer) lassen kaum Objektivitätsschwierigkeiten entstehen. Einzig die Codierung kann bei den Testitems (in Pre- und Posttest), die offen zu beantworten sind, unter Umständen nicht objektiv ausgeführt werden. Dem wird gegengesteuert, indem die Codierung durch eine am Forschungsprozess unbeteiligte Person durchgeführt wird und diese Codierung stichprobenartig kontrolliert wird.

**Die Reliabilität** der Daten aus dem Leistungstest wird mittels Cronbach's  $\alpha$  als Maß der internen Konsistenz der Skala ermittelt (vgl. Janssen & Laatz, 2007).

Für den Kurzfragebogen kann die erkenntnistheoretische Definition der Reliabilität der Befragungsdaten nicht explizit angewendet werden, da es sich hierbei nicht um ein psychometrisches Instrument handelt. Jedoch können seine Aussagen, bzw. die Interpretation der Ergebnisse im weitesten Sinne als reliabel angesehen werden, wenn man die Reliabilität als „Wiederholbarkeit“ einer Messung betrachtet. Denn der Kurzfragebogen wird an mehreren (insgesamt 7) verschiedenen Kurstagen der gleichen Untersuchungsgruppe zur Beantwortung gegeben. Es handelt sich zwar um 7 verschiedene Bewertungsgrundlagen, jedoch ergeben diese in Summe ein repräsentatives Bild des Praktikumsgeschehens, nicht zuletzt auch dadurch, dass die „Wiederholungen“ des Kurzfragebogens über alle 7 untersuchten Kurstage die gesamte zur Verfügung stehende Stichprobe, also alle Praktikums teilnehmenden betrifft.

**Die Validität** der Daten aus dem Leistungstest wird einerseits als prädeterminiert angenommen, da es sich bei den ausgewählten Items um Fragen aus validierten Tests handelt und andererseits jedoch soll das hypothetische Konstrukt aus dem Testdesign dennoch geprüft werden. Methodologisch ist das eine Prüfung für die Angemessenheit der operationalen Definition eines Begriffes (nach Friedrichs, 1990). Das angenommene Konstrukt setzt sich im vorliegenden Fall aus jenen Fragen zusammen, die auf eine Messung der allgemeinen prozessorientierten Fertigkeiten (Begriff „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“) und aus den Fragen, die auf eine Messung der allgemeinen kognitiven Leistung (Begriff „kognitive Leistung“) abzielen. Dieses Konstrukt soll mittels Faktorenanalyse überprüft werden. Die Validität der Daten aus dem Kurzfragebogen wird auf zwei Arten gesichert: Einerseits wird ein Think-Aloud-Pretesting, wie von Prüfer & Rexroth (2005) beschrieben, mit drei Testpersonen durchgeführt, dessen Ergebnisse in die genaue Frageformulierung einbezogen werden. Andererseits wird die Validität der Items hinsichtlich der Nutzung der eLearning-Umgebung mit Hilfe eines Außenkriteriums überprüft. Nach Friedrichs (1990) wird so die Skala anhand eines externen Kriteriums validiert, von dem man weiß, dass es in sehr engem Zusammenhang mit dem Merkmal steht, welches die Skala messen soll. Es liegt auf der Hand, dass Studierende, die oft angeben, ihr Wissen zu bestimmten Themen-

gebieten nicht mit Hilfe von eLearning zu erweitern bzw. vertiefen zu haben, auch oft die einzelnen eLearning-Tools nicht benutzen werden. Daher wird ein Summenscore beider Bereiche gleichsam als Kennziffer gegeneinander aufgetragen und der lineare Zusammenhang mathematisch-statistisch untersucht.

## 7.3. Ergebnisse und Diskussion der kriterienbasierten Evaluation

### 7.3.1. Kriterium 1: Leistungssteigerung

#### Vergleich Pretest - Posttest

Im Zuge der Codierung von Pre- und Posttest konnte ein problematisches Item identifiziert werden: Frage 9 (Skizze eines Auges - Reduktion auf die für eine physikalische Beschreibung des Sehvorganges notwendigen Elemente). Nach Rücksprache mit dem Item-Ersteller Dr. Alexander Kauertz wurde dieses Item als ungeeignet für eine eindeutige Lösbarkeit aus der weiteren Testauswertung ausgeschlossen. Die Kritikpunkte dabei waren einerseits, dass praktisch alle optischen und bioelektrischen Teile des Auges als relevant angenommen werden müssen, wenn man einen Vollständigkeitsanspruch bei der physikalischen Erklärung anstrebt, was zu keiner nennenswerten Reduzierung der angegebenen Informationen führen würde. Andererseits ist auch die Musterlösung anzuzweifeln, da gerade beim Auge die Linse nicht den Hauptteil der Lichtbrechung verursacht - so wie explizit angenommen - sondern die (gekrümmte) Hornhaut.

#### *Reliabilität:*

Wie im Methodenteil beschrieben, wird dem Vergleichstest eine Reliabilitätsprüfung vorangestellt. Dabei wird als Kennwert Cronbachs Alpha für alle Items ermittelt sowie alternative Werte bei Exkludierung jedes einzelnen Items. Die Reliabilität des Pretests beträgt  $\alpha_{Pre} = 0,68$ , wobei hier Item 6 ausgenommen werden musste, da es keine Varianz aufweist. Die Reliabilität des Posttests beträgt  $\alpha_{Post} = 0,67$ . Das einzige Item, welches die Reliabilität von Pre- und Posttest gleichermaßen verringert, ist Item 22 (Wasserdruck, vgl. Testheft im Anhang). Daher wird Item 22 aus dem Vergleichstest exkludiert. Dadurch ergibt sich ein Cronbach-Alpha von  $\alpha = 0,70$  für Pre- und Posttest, was angesichts der niedrigen Fallzahl als durchaus akzeptabel angesehen werden kann.

Nach Ausschluss der Items 9 und 22 sowie Filterung der Fälle auf jene, die Pre- und Posttest absolviert haben, ergibt sich eine Fallzahl von 27 bei 24 Items.

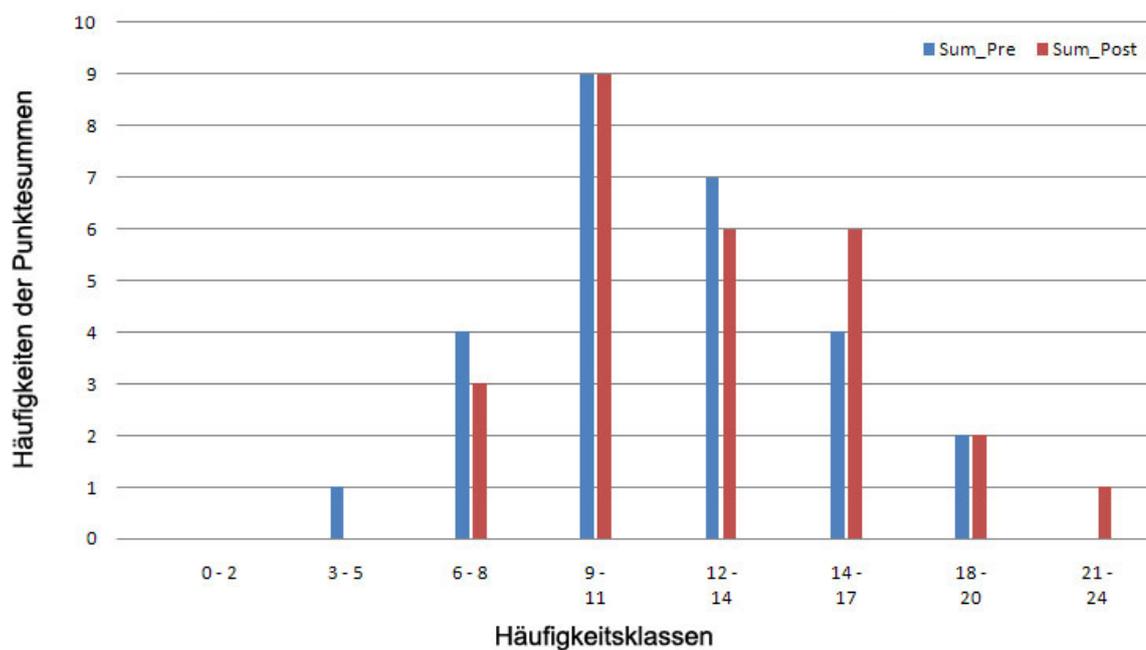
#### *Deskriptive Statistik der Summenscores von Pretest und Posttest*

Tabelle 7.1 gibt die Daten der Verteilungen wieder.

	Sum Pre	Sum Post
Mittelwert	11,7407	12,7407
Standardabweichung	3,6752	3,7272
Standardfehler	0,7073	0,7173
Median	11	12
Minimum	5	7
Maximum	19	21
Schiefe	0,329	0,470
Kurtosis	-0,433	-0,641
Kolmogorov-Smirnov (Signifikanz)	0,200	0,200
Shapiro-Wilk (Signifikanz)	0,611	0,305

**Tabelle 7.1.:** Deskriptive statistische Daten der Verteilungen der Summenscores von Pre- und Posttest

In der Abbildung 7.2 sind die Verteilungen der Summenscores als Histogramme dargestellt.



**Abbildung 7.2.:** Histogramme der Verteilungen der Summenscores von Pre- und Posttest

Die Daten lassen auf den ersten Blick erkennen, dass zwischen Pretest und Posttest eine kleine Steigerung von exakt 1 Punkt des mittleren Summenscores und somit der Gesamtleistung von knapp unter 50% auf knapp über 50% aller möglichen richtigen Antworten

vorliegt. Dafür spricht nicht nur der Mittelwert, sondern auch die Steigerung des Medians und das konsequente Ansteigen von Minimum und Maximum. Betrachtet man vor allem die Histogramme, so fällt auf, dass es zu einer deutlicheren Verschiebung der guten Testleistungen nach oben hin gekommen ist, jedoch zu einer Stagnierung - ja sogar leichten Häufung - der unterdurchschnittlichen Testleistungen, obgleich natürlich, wie schon erwähnt, auch das Minimum im Posttest gestiegen ist.

Zur Prüfung auf Normalverteilung wird der Shapiro-Wilk-Test herangezogen, der nach Janssen & Laatz (2007), für Stichprobengrößen von  $n < 50$  geeignet ist. Die Verteilungen von Pre- und Posttest sind im Vergleich zu einer Normalverteilungsfunktion (Gaussfunktion) mit den errechneten Streuparametern beide etwas flacher und rechtsschief (vgl. Kurtosis und Schiefe in Tab. 7.1). Die Signifikanzen des Shapiro-Wilk-Tests ergeben jedoch für sowohl Pre- als auch Posttest, dass von einer Normalverteilung ausgegangen werden kann, da erst ab einer Signifikanz von  $< 0,05$  mit davon ausgegangen werden kann, dass keine Normalverteilung vorliegt.

Angesichts der kleinen Fallzahl und der ausreichend guten Verteilung (vgl. Histogramme Abb. 7.2) sowie der Testergebnisse, können die beiden Verteilungen in akzeptabler Nähe als normalverteilt angesehen werden und es werden in Folge parametrische Tests für normalverteilte Stichproben angewendet.

#### *t-Test Pre - Post:*

Es wird ein parametrischer t-Test für verbundene Stichproben (2-Seitige Signifikanz) durchgeführt. Dabei wird die Hypothese  $H_0$  geprüft, ob beide Stichproben aus der selben Grundgesamtheit entstammen, also nicht verschieden sind. Die Hypothese  $H_0$  hat dabei die Signifikanz von 0,029, bei einer Prüfgröße von  $T = -2,306$  und 26 Freiheitsgraden. Das bedeutet also, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,1% die Hypothese  $H_0$  falsch ist und die Alternativhypothese  $H_1$  (die Stichproben unterscheiden sich signifikant) gewählt werden muss.

Nun ist zwar ersichtlich, dass eine signifikante Steigerung der Geamtleistung der 27 Probanden über den Testzeitraum von 2 Semestern (2 Praktika) vorliegt, jedoch ist diese ausgesprochen gering. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Studierenden in den Praktika schlechte Leistungen erbracht haben (vgl. Leistungsdokumentation), oder nichts gelernt hätten, stellt sich die berechtigte Frage, warum dieses Ergebnis zustande kommt und in welchen Leistungsbereichen (Wissen oder Fertigkeiten) es zu welchen Änderungen kommt. Es wird in weiterer Folge eine genaue Diskussion der Ergebnisse auch im Hinblick darauf geführt werden müssen, was mit den Items tatsächlich gemessen wird, und ob das der ursprünglichen Konzeption des Leistungstests entspricht.

Einerseits haben zwar Experten zu diesen sehr allgemeinen Fragen geraten, andererseits scheinen diese Fragen nicht einmal indirekt den Lernerfolg der Praktikumslehrveranstaltungen zu messen. Oder anders formuliert: Wenn das verwendete Testinstrument tatsächlich allgemeines kognitives Physikwissen und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen misst, dann fördert das Vorpraktikum und das Praktikum für Lehramt Physik an der Universität Wien in diesen Bereichen keinen Lernzuwachs. Was aber lernt man dann in den Praktika? Und warum kann es mit den vorliegenden Testinstrumenten nicht erfasst werden?

*Prüfung der eLearning-Nutzer auf höheren Leistungszuwachs*

Um mit Hilfe der Antwortmöglichkeit in den Kurzfrägebögen anzugeben, welche inhaltlichen Bereiche nicht mit Hilfe von eLearning vorbereitet wurden, wird ein Summenscore erstellt. Für diesen Summenscore wird ein t-Test für nicht gepaarte Stichproben durchgeführt, wobei als Trennvariable die Punktedifferenz aus der Punktesumme im Posttest minus der Punktesumme im Pretest dient. Verglichen wird also, ob jene Probanden, die einen Punktezuwachs im Posttest erreicht haben, ihr Vorwissen signifikant öfter mit Hilfe von eLearning vertiefen oder erweitern, als jene, die keinen Punktezuwachs erreicht haben.

Bei 27 Fällen haben 15 Probanden einen Punktezuwachs von  $\geq 1$  Punkt erreicht und 12 Probanden konnten sich nicht steigern oder haben sich verschlechtert. Jene, die sich verbessern konnten, haben im arithmetischen Mittel 5 von 38 möglichen inhaltlichen Teilgebieten nicht mit eLearning vertieft, wogegen die Gruppe derer, die sich nicht verbessern konnte, im Schnitt 12 von 38 möglichen Teilgebieten nicht mit Hilfe von eLearning vorbereitet hat. Auf den ersten Blick scheint eine klare Tendenz erkennbar, dass eLearning in der Vorbereitung Punktezuwachs erleichtert, jedoch bestätigt der t-Test diese Annahme nicht. Die große Streuung innerhalb der Stichproben führt zu dem Ergebnis, dass der Unterschied sowohl im Modell für gleiche, als auch für ungleiche Varianzen nicht signifikant ist. Diese Hypothese muss also verworfen werden.

Allerdings muss hinzugefügt werden, dass dieses Modell nicht berücksichtigt, ob die Probanden, die sich nicht steigern konnten, sich bereits auf einem hohen Punkteniveau befanden. Noch dazu wird nicht berücksichtigt, ob die Probanden ihr Vorwissen deshalb nicht mit Hilfe von eLearning vertiefen, weil sie es bereits als ausreichend (oder besser) einschätzen. Deshalb wird an dieser Stelle auch noch nicht die Hypothese der beiden in der deskriptiven Analyse beschriebenen Lerntypen zur Diskussion gestellt.

**Prüfung auf latente Zusammenhänge bzw. Antwortmotive in Pre- und Posttest**

Die Prüfung auf latente Zusammenhänge bzw. Antwortmotive wird mittels Faktoranalyse sowohl für die Items des Pretests als auch des Posttests durchgeführt. Als Methode wird die Hauptachsen-Faktoranalyse gewählt und durch die Vielzahl an Items wird das Kaiser-Kriterium für die Faktoren-Extraktion (vom Standardwert  $\geq 1$ ) auf  $\geq 2$  erhöht um die extrahierten Faktoren sinnvoll zu begrenzen. Bei der Eignungsprüfung des Datensatzes für die Faktorenanalyse werden die Signifikanz nach Barlett und das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium, sowie die Korrelationsmatrix herangezogen.

Die Eignungskriterien, mit Ausnahme der Signifikanz nach Barlett, weisen die untersuchten Datensätze von Pre- und Posttest als schlecht geeignet für die Faktorenanalyse aus. Es existieren kaum hohe Korrelationen und das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium ist für den Pretest „untragbar“ und für den Posttest „sehr schlecht“, was bereits vorab Zweifel an den Ergebnissen abzeichnet. Für den Pre- und Posttest ergeben sich je 4 Faktoren, die kaum hoch ladende Items aufweisen und zudem einander weder ähneln, noch nachvollziehbare Zusammenhänge bei den mäßig hoch ladenden Items aufweisen.

Als Konsequenz wird die Zahl der zu extrahierenden Faktoren auf 2 fixiert. Doch auch in diesem Fall können weder besonders hoch ladende Items, noch nachvollziehbare Zusammenhänge gefunden werden.

Der Versuch, innerhalb der 24 Items Motive oder Muster für gleiches Antwortverhalten mit statistischen Methoden zu entdecken, bleibt erfolglos.

Da von der Konzeption der Evaluation eigentlich zwei unterschiedliche Leistungsbereiche untersucht werden sollen (Fertigkeiten und Wissen), scheint es umso mehr verwunderlich, dass keinerlei Zusammenhänge entdeckt werden können. Vielmehr scheint es so zu sein, dass die konzipierte Unterscheidung zwischen der Abfrage von allgemeinem physikalischem (Konzept-)Wissen und physikalischen bzw. naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen mit den verwendeten Itemsätzen in der vorliegenden Befragungssituation nicht möglich ist. Dies wird jedoch Gegenstand der folgenden Analysen sein:

### Diskussion und Prüfung induzierter Item-Untergruppen bei Pre- und Posttest

#### *Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und kognitives Wissen*

In diesem Kapitel werden die beiden Untergruppen aus Items der jeweils unterschiedlichen beiden Herkunftstests gebildet. Jene Items, die von Kauertz (2008) entworfen wurden, werden in Folge als „NAW-Gruppe“ bezeichnet; jene, die aus dem TIMSS-Oberstufen-Test entnommen sind, als „TIMSS-Gruppe“.

Zu Beginn werden die Reliabilitäten der Gruppen (mit dem gleichen Verfahren, wie bereits bei Pre- und Posttest beschrieben) geprüft, diese sind in Tabelle 7.2 dargestellt.

	<b>Cronbachs <math>\alpha</math></b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math> (ohne Item Nr.)</b>
NAW Pre	0,338	0,430 (ohne Item 08)
NAW Post	0,275	0,449 (ohne Item 02)
TIMSS Pre	0,613	0,668 (ohne Item 22)
TIMSS Post	0,658	0,711 (ohne Item 22)

**Tabelle 7.2.:** Reliabilitäten der Item-Gruppen „NAW“ und „TIMSS“

Die Reliabilitäten der einzelnen Gruppen sind durchwegs schlechter als jene von Pre- und Posttest gesamt. Das spricht dafür, dass die gruppierten Items nicht besser auf ein gemeinsames Merkmal abzielen, sondern gemeinsam -in ihrer Gesamtheit- in der Lage sind, ein zugrunde liegendes Merkmal zu messen. Die Reliabilität der NAW- Gruppe ist erstaunlich niedrig, sowohl im Pre- als auch im Posttest. Da bei der TIMSS-Gruppe der Verzicht auf Item 22 in Pre und Posttest die Reliabilität deutlich hebt, wird bei der Berechnung der T-Tests (für verbundene Stichproben) darauf verzichtet.

	<b>Mittelwert Pre</b>	<b>Mittelwert Post</b>	<b>Signifikanz T-Test (2-seitig)</b>
NAW-Items	6,667	7,333	0,065
TIMSS-Items	5,074	5,407	0,380

**Tabelle 7.3.:** Mittelwerte und Signifikanz bei T-Test

Man sieht zwar sowohl für die Item-Gruppe TIMSS als auch für die Item-Gruppe NAW im Mittel einen leichten Anstieg zwischen Pre- und Posttest, jedoch sind diese nicht signifikant

(siehe Tab. 7.3).

Somit zeigt sich wie bereits im Zuge der Faktoranalyse vermutet, dass der Test nicht wie ursprünglich konzipiert, zwei unterschiedliche Merkmale getrennt voneinander messen kann (nämlich naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und allgemeines physikalisches Wissen). Vielmehr bestätigt sich die Vermutung abermals, dass die Fragen nicht trennscharf auf die eine bzw. andere Leistungsfragestellung abzielen, sondern einen gemeinsamen Faktor messen. Ebenso bemerkenswert scheint an dieser Stelle die Tatsache, dass zwar Pre- und Posttest im Summenscore einen signifikanten Anstieg verzeichnen, jedoch in zwei Untergruppen geteilt, keine signifikante Steigerung mehr vorliegt. Das ist zwar durch die kleine Itemzahl erklärbar, jedoch insgesamt für die Messung mit dem Test sehr bedenklich, denn man müsste an dieser Stelle annehmen, dass die Studierenden sich über die Dauer von zwei Universitätspraktika hinweg weder im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, noch im Bereich der allgemeinen kognitiven Leistungen verbessert haben. Da - wie bereits diskutiert - die Studierenden jedoch dokumentierte Lernerfolge im Praktikum erzielt haben, muss es also an anderen Zusammenhängen liegen, als an der Aufteilung zwischen Wissen und Arbeitsweisen. Daher wird im nächsten Analyseschritt eine weitere Aufteilung in Item-Untergruppen untersucht:

*„Praktikumsnahes Wissen und Können“ und „Praktikumsfermes Wissen und Können“*

Die Items werden aufgeteilt in 2 Untergruppen: Gruppe „A“ umfasst jene Items, deren Inhalt prozessorientierte Fertigkeiten oder Wissensgebiete anspricht, die in ähnlicher Weise (oder auch unmittelbar) während der Praktika geübt oder thematisiert werden. Gruppe „B“ enthält jene Items, deren Lösungsanforderungen nur entfernt im Praktikum geübt werden, oder die inhaltlich nicht, oder nur in sehr abgeänderter Form thematisiert werden.

Items der Gruppe A (Pre und Post): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 24

Items der Gruppe B (Pre und Post): 17, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26

Zu Beginn werden die Reliabilitäten der Gruppen (mit dem gleichen Verfahren, wie bereits bei Pre- und Posttest beschrieben) geprüft, diese sind in Tabelle 7.4 dargestellt.

	<b>Cronbachs <math>\alpha</math></b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math> (ohne Item Nr.)</b>
A Pre	0,501	0,577 (ohne Item 08)
A Post	0,555	0,591 (ohne Item 02)
B Pre	0,541	0,644 (ohne Item 22)
B Post	0,522	0,637 (ohne Item 22)

**Tabelle 7.4.:** Reliabilitäten der Item-Gruppen „A“ und „B“

Bei Gruppe A gibt es kein Item, dessen Exkludierung aus der Gruppe bei Pre und Posttest gleichermaßen die Reliabilität steigern würde. Aus der Gruppe B kann das Item 22 herausgenommen werden, da es die Reliabilität sowohl in Pre- als auch Posttest mindert, wie es das auch schon in allen vorangegangenen Untersuchungen getan hat. Sodann fällt auf,

dass die Reliabilitäten der beiden Gruppen angesichts der geringen Fallzahlen in einem (noch) akzeptablen Niveau stagnieren, obwohl natürlich erkennbar ist, dass Cronbachs  $\alpha$  für die beiden Gruppen insgesamt niedriger ist, als jenes aller Items von Pre bzw. Post gemeinsam. Diese Aufteilung der Items auf die Untergruppen scheint also geeigneter auf die Messung eines gemeinsamen Motivs oder Merkmals abzielen, als die ursprünglich vorgesehene Teilung in Arbeitsweisen und Wissen.

Nun stellt sich die Frage, ob eine Leistungssteigerung in diesen Bereichen vorliegt bzw. auch signifikant messbar ist. Dafür werden die Untergruppen wieder mit dem t-Test für verbundene Stichproben geprüft.

	Mittelwert Pre	Mittelwert Post	Signifikanz T-Test (2-seitig)
Gruppe A - Items	8,815	9,482	0,092
Gruppe B - Items	3,482	4,000	0,105

**Tabelle 7.5.:** Mittelwerte und Signifikanz bei T-Test

Tabelle 7.5 zeigt die Mittelwerte der Summenscores der Item-Gruppen A und B in Pre und Posttest, sowie die Signifikanz der Hypothese  $H_0$  (Stichproben entstammen der gleichen Grundgesamtheit) des t-Tests. Zu erkennen ist, dass beide Mittelwerte einen Anstieg um etwa 0,5 Punkte zwischen Pre und Post zu verzeichnen haben, der jedoch in beiden Fällen statistisch nicht signifikant ist. Das bedeutet, dass die Studierenden sich nicht bei den praktikumsnahen Fragestellungen deutlicher verbessern konnten, als bei den praktikumsfernen, da weder ein Anstieg der Mittelwerte, noch ein statistischer Test dafür spricht.

Daraus kann abgeleitet werden, dass der verwendete Test nicht geeignet war, in nachvollziehbarer Weise eine Differenzierung innerhalb der Leistungsmessung zu dokumentieren. Gerade ein derartig allgemein gehaltenes Testsetup ist aber in der Konzeptionsphase von Experten auf diesem Gebiet (allen voran Prof. Dr. Horst Schecker, aber auch Dr. Knut Neumann und Dr. Alexander Kauertz) eindeutig empfohlen worden und in seiner Zusammensetzung als geeignet betrachtet worden. Was also misst der Test? Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Items auf eine gemeinsame Variable bzw. einen gemeinsamen Faktor abzielen. Dieser umfasst Kompetenzen in der Planung, Durchführung und Dokumentation und Darstellung von Versuchen, Beurteilung von Messungenauigkeiten, Protokollierung und Datenauswertung von Experimenten, grundlegendes Wissen bei elektrischen (Mess-)Schaltungen, Basiswissen aus den Bereichen der Elektrizitätslehre, der klassischen Mechanik, Schwingungen und Wellen, Wärmelehre und Hydrostatik. Alle Fragen sind so formuliert, dass (zumindest implizit) gedanklich eine Experimentalsituation Ausgangspunkt für die Fragestellung ist. Deshalb ließe sich die Messgröße des Tests zusammenfassend folgendermaßen formulieren: *Experimentelle Grundkompetenzen der Physik* - wobei „Kompetenzen“ explizit Fertigkeiten und kognitives Wissen miteinschließt.

Es muss an dieser Stelle aber festgehalten werden, dass auch die konkreten Lerninhalte, die in den Praktika vermittelt werden, nicht mit diesem Test messbar sind. Andererseits scheinen die Lehrveranstaltungen in ihrer derzeitigen Konzeption an sich nicht im Stande,

die Studierenden dabei zu unterstützen, *allgemeine* physikalische Fertigkeiten (bzw. Arbeitsweisen) und allgemeines physikalisches Wissen (bzw. Konzeptverständnis), welches sie auf neue Frage- und Problemstellungen anwenden können sollen, zu erwerben. Dieser Umstand ist aus dem Gesichtspunkt des Aktionsforschers, der „seine“ Lehrveranstaltung durch gezielte Maßnahmen verbessern möchte, höchst unbefriedigend und muss näher untersucht werden:

### Diskussion und Prüfung der Änderungen zwischen Pre- und Posttest auf Item-Ebene

Der Ausgang dieses Leistungstests wirft die Frage auf, welche Items bzw. welche konkreten Fragestellungen dazu geführt haben, dass das Ergebnis keinen besonderen Leistungsanstieg misst. Dazu werden die Mittelwerte der einzelnen Items im Pre und Posttest verglichen, die auf Grund der 0/1 - Codierung gleichzeitig jenen Prozentsatz an Probanden darstellen, der das jeweilige Item richtig beantwortet hat. So kann auf den ersten Blick festgestellt werden, bei welchen Items es zu einer Verschlechterung der Leistung kommt. Diese sollen in Folge detailliert diskutiert werden. In einem zweiten Analyseschritt wird ein nichtparametrischer Test nach McNemar durchgeführt, der signifikante Unterschiede bei verbundenen Stichproben auf dichotomen Skalen feststellen kann. Jene Items, die sich signifikant geändert haben, werden ebenfalls im Detail diskutiert.

Item Nr.	Mittelwert Pre	Mittelwert Post	%-Änderung
2	0,67	0,56	-11%
10	0,59	0,52	-7%
11	0,83	0,71	-12%
13	0,70	0,63	-7%
16	0,59	0,37	-22%
18	0,67	0,63	-4%
19	0,37	0,19	-18%
20	0,37	0,33	-4%

**Tabelle 7.6.:** Mittelwerte einzelner Items deren Anteil an richtiger Beantwortung gesunken ist

Tabelle 7.6 zeigt alle Items, deren Anteil an richtigen Antworten im Posttest kleiner war als im Pretest. Hingegen zeigt Tabelle 7.7 die Mittelwerte, prozentuelle Änderungen und Signifikanzwerte jener Items, deren Änderung im Antwortverhalten zwischen Pre- und Posttest signifikant war (2-seitige Signifikanz  $< 0,05$ ).

Item Nr.	Mittelwert Pre	Mittelwert Post	%-Änderung	Signifikanz (2-seitig) McNemar-Test
3	0,33	0,56	+23%	0,031
4	0,44	0,70	+26%	0,039
25	0,44	0,74	+30%	0,021

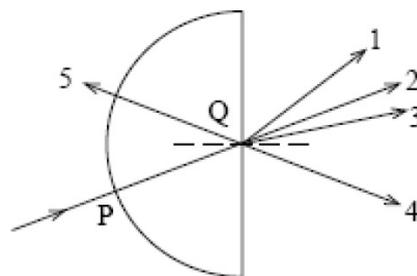
**Tabelle 7.7.:** Mittelwerte einzelner Items, deren Änderung zwischen Pre und Posttest signifikant ist

Es zeigt sich im Überblick, dass von 25 analysierten Items 17 im Posttest einen höheren Prozentsatz an richtigen Antworten aufweisen als im Pretest. Bei 8 Items haben sich die Studierenden im Posttest verschlechtert, wobei die Änderung bei 2 Items (Item 16 und Item 19) wirklich dramatisch verläuft. Zwar sind diese Verschlechterungen nach Prüfung mit dem McNemar-Test nicht signifikant, sollen jedoch trotzdem diskutiert werden. Einzig 3 getestete Items von 25 weisen eine signifikante Änderung zwischen Pre- und Posttest auf. In allen 3 Fällen handelt es sich dabei um eine Leistungssteigerung.

#### *Diskussion von Item 16*

Item 16 weist den gravierendsten Rückgang an richtigen Lösungen auf: Während im Pretest noch 16 von 27 Probanden diese Frage richtig beantwortet haben, so waren es im Posttest nur mehr 10, also ein Minus von 6 richtigen Antworten. 3 Studierende konnten sich von Pre- auf Posttest verbessern, während 9 Studierende im Posttest diese Frage falsch beantwortet haben, obwohl sie im Pretest die richtige Antwort gegeben hatten. Verglichen mit dem österreichischen Durchschnitt der Schülerinnen und Schüler am Ende der Oberstufe (erhoben im Zuge der TIMSS Studie 1995), der 33% beträgt, liegt der Schnitt der Physik-Lehramtsstudierenden nur wenig darüber und ist mit dem internationalen Lösungsprozentsatz von 37% sogar gleich (vgl. Kühnelt, 2000).

16. Ein Lichtstrahl durchläuft von P nach Q einen halbkreisförmigen Glaskörper, der von Luft umgeben ist.  
In welche Richtung wird der Lichtstrahl bei Q gebrochen? 1, 2, 3, 4 oder 5?



**Abbildung 7.3.:** Item 16

Abbildung 7.3 zeigt die genaue Fragestellung. Die Anwendung des Brechungsgesetzes für einen Spezialfall ist gefragt. Der einfallende Lichtstrahl der von einem optisch dünneren in

ein optisch dichteres Medium senkrecht (normal auf die Tangentialebene des gekrümmten Glaskörpers) einfällt, wird an diesem ersten Übergang nicht gebrochen. Am 2. Übergang vom optisch dichteren in das optisch dünnere Medium sehr wohl, und zwar gemäß dem Brechungsgesetz *vom Lot weg*. Lösung 1 ist also die richtige Antwort, die 4 alternativen Antwortmöglichkeiten stellen scheinbar mögliche Ausgänge des Experiments dar, die unter anderen Ausgangsbedingungen möglich wären, jedoch in diesem Fall nicht falsch sind: Der Einfallswinkel für eine Totalreflexion in Q erscheint zu steil (falsche Antwort 5), die unterschiedlichen optischen Dichten müssen zu einer Brechung führen (falsche Antwort 2), die Brechung erfolgt vom Lot weg wegen der Abfolge der optischen Dichten (falsche Antwort 3), es existiert am Brechungspunkt keine Spiegelebene im Lot (falsche Antwort 4).

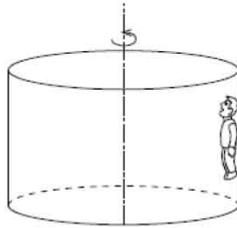
Eine Analyse der Antworten im Einzelnen zeigt auf, dass es zu einer deutlichen Verschiebung der Antworthäufigkeiten weg von der richtigen Lösung 1 zu den Lösungsmöglichkeiten 2, 3 und 4 kommt.

Das Antwortverhalten der Studierenden lässt den Schluss zu, dass ein Intuitivkonzept zur Beantwortung herangezogen wird, das für diesen konkreten Fall im Widerspruch mit dem physikalischen Gesetz der Brechung steht: eine Linse, wie sie in der Frage abgebildet ist, ist eine Plankonvexlinse. Konvexlinsen werden auch als „Sammellinsen“ bezeichnet, weil sie (parallele) Lichtstrahlen zum Brennpunkt hin brechen und „sammeln“. Der Umgang mit Linsen und Abbildungen wird in der geometrischen Optik thematisiert, in der üblicherweise ziemlich schnell vom tatsächlichen Strahlengang in einer (dicken) Linse hin zu den vereinfachten Darstellungen mit der Haupt- oder Linsenebene gewechselt wird. Für Abbildungen wird nur mehr der Zentral-, der Parallel- und der Brennpunktstrahl eingezeichnet und halbkreis- oder kreisförmige Linsen sind - zumindest in den beiden Praktika - nicht thematisiert. Noch dazu unterstützt die Einheit PL4 - geometrische Optik im Praktikum für das Lehramt (Sommersemester) sehr das Konzept von sammelnder- und zerstreuer Linse auf der Ebene der Abbildungsgleichung und nicht das explizite Anwenden des Brechungsgesetzes. So kann es dazu kommen, dass sich die intuitive Annahme bei den Studierenden festigt, dass alle Strahlen, die auf eine Sammellinse (Konvexlinse) treffen, von dieser im Brennpunkt gesammelt werden, während beim Pretest noch mehr Studierende streng nach physikalischer Vorschrift handeln (die etwa aus der einführenden Vorlesung noch evident zu sein scheint). Hier eröffnet sich akuter Bedarf an Verbesserung der Praktikumeinheit PL4 (geometrische Optik).

#### *Diskussion von Item 19*

Item 19 weist den zweitstärksten Rückgang an richtigen Lösungen auf, allerdings auf wesentlich niedrigerem Lösungsniveau: Während im Pretest noch 10 von 27 Probanden diese Frage richtig beantwortet haben, so waren es im Posttest nur mehr 5, also ein Minus von 5 richtigen Antworten. Kein Studierender konnte sich dabei von Pre- auf Posttest verbessern. Verglichen mit dem österreichischen Durchschnitt der Schülerinnen und Schüler am Ende der Oberstufe (erhoben im Zuge der TIMSS Studie 1995), der 6% beträgt, liegt der Schnitt der Physik-Lehramtsstudierenden mit 19% zwar deutlich darüber und liegt mit dem internationalen Lösungsprozentsatz von 20% gleichauf (vgl. Kühnelt, 2000), bleibt jedoch hinter der zufälligen Lösungswahrscheinlichkeit von 25% (bei 4 Antwortmöglichkeiten) zurück.

19. Die Abbildung unten zeigt eine Attraktion eines Vergnügungsparks. Wenn sich die Trommel um die senkrechte Achse dreht, wird der Boden langsam abgesenkt. Die Person bewegt sich dabei jedoch nicht nach unten. Sie wird gegen die Innenseite der Trommel gepresst und bleibt bezüglich der Wand in Ruhe. Die Füße der Person haben keinen Bodenkontakt.



Welche der folgenden Abbildungen gibt am besten die real auf die Person wirkenden Kräfte wieder?

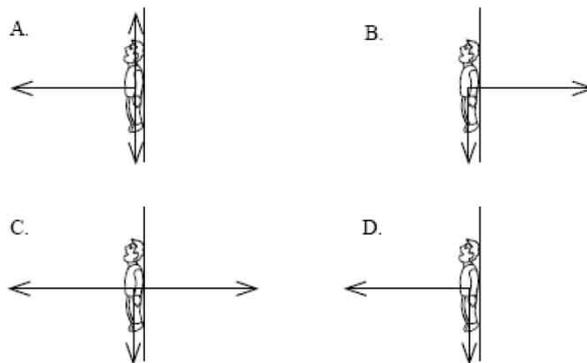


Abbildung 7.4.: Item 19

Abbildung 7.4 zeigt die genaue Fragestellung. Diese Aufgabe hat auch schon bei TIMSS 3 in Österreich und Deutschland extrem schlechte Ergebnisse gebracht. Mit einer internationalen Lösungshäufigkeit von 20% gehört sie zu den schwierigsten. Über dieses Item wurden zahlreiche Diskussionen geführt (siehe Kühnelt, 2000), da speziell die Herangehensweise, nur die richtigen Antworten zu betrachten, zu Problemen führen kann. Was bedeuten die einzelnen Antwort-Alternativen?

A. Die Trommelwand übt auf die Person die für eine Kreisbewegung notwendige Zentripetalkraft aus, die Gewichtskraft wird durch die Reibungskraft kompensiert. Die Reaktionskraft, mit der die Person gegen die Trommelwand drückt, wirkt natürlich nicht auf die Person und ist daher nicht eingezeichnet.

B. Die Fehlvorstellung, dass bei einer Kreisbewegung die Zentrifugalkraft wirke, ist hier noch mit dem Fehlen der Reibungskraft kombiniert.

C. Hier ist die Situation im mitrotierenden System dargestellt, in dem zur Zentripetalkraft durch den Übergang in Polarkoordinaten die Zentrifugalkraft als Scheinkraft hinzukommt.

D. Hier fehlt die Reibungskraft, die Zentripetalkraft ist richtig.

Die Interpretation des österreichischen Resultats bei TIMSS 3 ist nach Kühnelt (2000) eindeutig: Die falsche Vorstellung B ist vorherrschend. Die Antworten der Physik-Lehramtsstudierenden in Pre- und Posttest lassen darauf schließen, dass hier ebenso diese Fehlvorstellung vorliegt. Es kommt zu einer Verschiebung der Antworthäufigkeiten von der

richtigen Antwort A im Pretest hin zu einer mehr als deutlichen Ansammlung der falschen Antwort B (mit 12 von 27 Studierenden) im Posttest.

Im Zuge der Praktika wurde die Thematik von Zentripetalkraft und Bezugssystemen nicht behandelt, jedoch das 1. Newton'sche Axiom und seine Konsequenzen: Wirken auf einen Körper keine Kräfte, so ändert er seinen Bewegungszustand nicht. Daraus folgt auch, dass es bei einem Kräftegleichgewicht zu keiner Änderung des Bewegungszustandes kommt. Betrachtet man in diesem Item lediglich die Tatsache, dass „die Person bezüglich der Wand in Ruhe bleibt“, so muss daraus klar folgen, dass die Gewichtskraft der Person durch eine weitere Kraft (Haftung - eine Reibungskraft) kompensiert werden muss. Damit würde nur die richtige Lösung in Frage kommen, doch trotz dieser Überlegung, die ohne Berücksichtigung des Bezugssystems oder der Zentripetalkraft auskäme, wird diese Frage nur unterhalb des Zufallsprozentsatzes richtig beantwortet.

Da für dieses Item ein Absinken der richtigen Antworten von oberhalb des Zufallsanteils auf unterhalb des Zufallsanteils evident ist, scheint auch hier höchster Handlungsbedarf für die Inhalte der Praktika gegeben. Auf den ersten Blick ist nicht offensichtlich, in welcher Praktikumseinheit dieses Fehlkonzept gestützt oder gefördert wird, daher eröffnet sich die Hypothese, dass das Wissen evtl. für die vorangegangene Vorlesung „Einführung in die Physik 1“ gelernt wurde, aber über den Zeitraum von 2 Semestern ohne weitere Anwendung in Vergessenheit gerät.

#### *Diskussion von Item 11*

Item 11 weist einen Rückgang von 12% an richtigen Lösungen auf, allerdings auf sehr hohem Lösungsniveau: Während in Pretest noch 25 von 27 Probanden diese Frage richtig beantwortet haben, so waren es im Posttest nur mehr 22, also ein Minus von 3 richtigen Antworten. 2 Studierende konnten sich dabei von Pre- auf Posttest verbessern und 5 Studierende haben sich verschlechtert.

11. Zwei Schülergruppen machen im Experiment mit einem Fadenpendel zwei völlig verschiedene Beobachtungen: Einmal wird beobachtet, dass das Pendel bis zur Ausgangslage zurückschwingt, die andere Gruppe beobachtet, dass das Pendel nicht wieder zur Ausgangslage zurückschwingt.  
Was können die Gruppen im Sinne physikalischer Methoden machen, um zu besseren Ergebnissen zu kommen? Kreuzen Sie bitte eine Alternative an!
- Den Mittelwert der beiden Werte bilden.
  - Den niedrigeren Wert nehmen, weil der höhere nicht sein kann.
  - Den höheren Wert nehmen, vermutlich hat man dem Pendel einen leichten Schubs beim Loslassen gegeben.
  - So lange den Versuch wiederholen, bis der Ausgangspunkt exakt getroffen wird.
  - Den Versuch mehrfach wiederholen und dann den Mittelwert bilden.
  - Den Versuch noch einmal machen und besser aufpassen beim Messen.

#### **Abbildung 7.5.: Item 11**

Abbildung 7.5 zeigt die genaue Fragestellung. Antwort *e* ist die richtige Antwort. Diese Frage zielt auf den Umgang mit Messungenauigkeiten ab. Die einzelnen Antwort-Alternativen zielen alle auf eine unzureichende Berücksichtigung der statistischen Streuung ab. Aus den Antworten der Studierenden ist zu entnehmen, dass die falschen Antworten in drei von

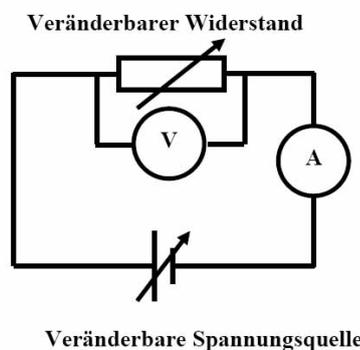
vier Fällen auf Grund von Mehrfachantworten zustande kommen. Alle Mehrfachantworten enthalten jedoch die richtige Antwort  $e$  und sind kombiniert mit den Antwortmöglichkeiten  $a$  und  $f$ . Diese beiden Möglichkeiten sind vom Ansatz her zwar nicht grundfalsch, widersprechen jedoch den Anforderungen von exaktem Experimentieren und Datenauswerten.

Dieses Antwortverhalten könnte dadurch bedingt sein, dass in den Praktika zwar die Auseinandersetzung mit der exakten Fehlerrechnung ständig gefordert ist, jedoch die Experimente kaum mit offenem Ausgang konzipiert sind. Aufbau und Durchführung sind zumeist genau vorgegeben und dienen der Überprüfung vorher ausdiskutierter theoretischer Annahmen. Das könnte ein intuitives Konzept stärken, an Experimente nicht mit einer gewissen Ergebnisoffenheit heranzutreten, sondern ein gezieltes Ergebnis „bekommen zu müssen“. Auch hier wäre eine Überarbeitung der Praktikumsaufgaben dahingehend sinnvoll, Experimente so zu gestalten, dass Ergebnisse nicht vor dem Abschluss bekannt sein sollen oder errahnt werden können.

#### *Diskussion von Item 2*

Item 2 weist einen Rückgang von 11% an richtigen Lösungen auf: Während im Pretest noch 18 von 27 Probanden diese Frage richtig beantwortet haben, so waren es im Posttest nur mehr 15, also ein Minus von 3 richtigen Antworten. 4 Studierende konnten sich dabei von Pre- auf Posttest verbessern und 7 Studierende haben sich verschlechtert.

- Die Abbildung zeigt einen Stromkreis mit einem Voltmeter und einem Amperemeter. Um die Vermutung zu überprüfen, dass bei höherer Spannung mehr Strom fließt, muss man bestimmte Werte für eine Messung fest einstellen, andere Einstellungen verändern und bestimmte Messinstrumente ablesen. Was muss man fest einstellen, was verändern und was ablesen?



**Abbildung 7.6.:** Item 2

Abbildung 7.6 zeigt die genaue Fragestellung. Diese Frage zielt auf basale Messfertigkeiten im Bereich der Elektrizitätslehre ab. Um die Frage richtig zu beantworten, müssen die Studierenden Textverständnis aufbringen und Fachvokabular richtig beherrschen. Weiters müssen sie elementare Schaltsymbole kennen und auf eine reale Messsituation umlegen können. Von der Fragestellung her muss die Gültigkeit einer wenn-dann-Behauptung unter einer bestimmten Bedingung experimentell überprüft werden. Der Messaufbau dazu ist bereits vorgegeben, daher entfällt die Planungskompetenz. Die richtige Antwort lautet: Veränderbaren Widerstand fest einstellen, veränderbare Spannungsquelle verändern, auf

dem Voltmeter und dem Amperemeter ablesen.

Die Analyse der Antworten vermittelt eher den Eindruck, als ob diejenigen, die sich verschlechtern haben, das nicht aus gewachsenem Unverständnis getan haben, als vielmehr aus Zeitdruck oder Schlamperei, da die falschen Antworten nicht auf ein konzeptuelles Missverständnis hindeuten. Trotzdem ist es erstaunlich und brisant genug, dass nach der Absolvierung von 2 Hochschulpraktika 12 Studierende des Lehramts Physik nicht in der Lage sind, diese sehr einfache Aufgabenstellung zu bewältigen, obwohl ähnliche und wesentlich kompliziertere Aufgabenstellungen während der Praktika zigfach bearbeitet werden. Hier kann man lediglich versuchen, die Kapitel zur „Durchführung“ der Experimente von allzu rezeptartigen Anleitungen zu befreien und Platz zu machen für Denkaufgaben der Studierenden. Dies führt jedoch unweigerlich zu einem zeitlichen Problem, da der Aufwand für die Experimente in den Praktika derzeit schon ziemlich am obersten Limit liegt.

#### *Diskussion von Items 10, 13, 18 und 20*

Die Items weisen nur sehr geringe (und überdies auch nicht signifikante) Rückgänge an richtigen Antworten auf, weshalb auch auf eine detaillierte Diskussion verzichtet wird.

#### *Diskussion von Item 3*

Item 3 weist einen Zuwachs von 23% an richtigen Lösungen auf: Während im Pretest noch 9 von 27 Probanden diese Frage richtig beantworteten, so waren es im Posttest bereits 15, also ein Plus von 6 richtigen Antworten. Diese 6 Studierenden konnten sich dabei vom Pre- auf den Posttest verbessern, während sich niemand verschlechtert hat. Das bedeutet, dass mehr als die Hälfte aller Studierenden diese Frage nach 2 Praktika richtig lösen konnte.

3. Damit man bei Physikexperimenten verwertbare Ergebnisse erzielt, muss man natürlich mit Messgeräten umgehen können. Um Spannung und Stromstärke in einem Stromkreis messen zu können, benutzt man für die Spannung ein Voltmeter und für die Stromstärke ein Amperemeter. Erinnern Sie sich, wie man die beiden Geräte in den Stromkreis einbauen muss, damit sie korrekte Werte anzeigen? Kreuzen Sie bitte die richtigen Antworten an!

	Voltmeter	Amperemeter
parallel zum Widerstand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vor den Widerstand (in Serie)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hinter den Widerstand (in Serie)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
parallel zur Spannungsquelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Abbildung 7.7.:** Item 3

Abbildung 7.7 zeigt die genaue Fragestellung. Die Frage zielt auf Grundkenntnisse der Messtechnik in der Elektrizitätslehre ab. Man muss wissen, welches Messgerät wie in einen Stromkreis eingebaut werden muss. Ohne graphische Hilfe zu haben, muss man sich eine Schaltung mit Spannungsquelle und Verbraucherwiderstand vorstellen können und die Relativpositionen von parallel- von seriell eingebauten Messgeräten gedanklich einbinden können. Die Antwortmöglichkeiten beziehen sich in je einer eigenen Kategorie für Voltmeter und Amperemeter auf seriellen und parallelen Einbau der Messgeräte jeweils relativ

zur Position von Quelle und Verbraucher. Somit ergeben sich je 2 fachlich richtige und 2 fachlich falsche Antwortmöglichkeiten. Der Analyse der Antworten der Studierenden ist zu entnehmen, dass alle falschen Antworten im Posttest darauf zurückzuführen sind, dass nur jeweils eine richtige Antwort pro Messgerät an Stelle zweier richtiger Antworten gewählt wurde. Dadurch wurde das Item als *nicht gelöst* gewertet, obwohl die Überlegungen der Studierenden durchaus richtig, jedoch lediglich unvollständig waren. Dies kann etwa aus Schlamperei beim Lesen oder Zeitdruck entstanden sein. Wichtig erscheint jedoch, dass niemand im Posttest tatsächlich eine fachlich falsche Antwort gewählt hat, was auf Verwechslung beim Abruf von auswendig gelerntem Wissen oder auf ein fatales Misskonzept hindeuten würde. Im Pretest hatten noch 3 Studierende eine fachlich falsche Antwort gewählt. Das bedeutet, dass die Praktika bewirkten, die Studierenden beim Erlernen dieser wichtigen Grundvoraussetzungen elektrischer Messungen zu unterstützen und dass die dafür vorgesehenen Praktikumseinheiten geeignet erscheinen.

#### *Diskussion von Item 4*

Item 4 weist einen Zuwachs von 26% an richtigen Lösungen auf: Während im Pretest noch 12 von 27 Probanden diese Frage richtig beantwortet haben, so waren es im Posttest bereits 19, also ein Plus von 7 richtigen Antworten. Dabei konnten sich 8 Studierende vom Pre- auf den Posttest verbessern, während sich nur eine Person verschlechtert hat. Das bedeutet, dass 70% aller Studierenden diese Frage nach 2 Praktika richtig lösen konnte.

4. Mit einem physikalischen Experiment wird immer eine Vermutung überprüft.  
Eine Vermutung hat immer die Form: wenn..., dann...  
Sowohl der Teil nach dem „wenn“ als auch der Teil nach dem „dann“ sind dabei messbar. Man kann dann im Experiment entscheiden, ob der jeweilige Teil zutrifft.  
Zum Beispiel: Wenn die Spannung vergrößert wird, dann vergrößert sich die Stromstärke bei konstantem Widerstand im gleichen Maße.  
Geben Sie zwei andere Vermutungen wieder, die man (im Unterricht) mit einem Experiment überprüfen kann.

#### **Abbildung 7.8.:** Item 4

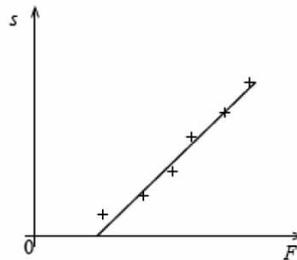
Abbildung 7.8 zeigt die genaue Fragestellung. Die Frage zielt auf die Fertigkeit ab, physikalisch sinnvolle Kausalverknüpfungen formulieren zu können. Eine grundlegende physikalische Arbeitsweise ist das Aufbauen eines Experiments auf eine Kausalverknüpfung, die auf theoretischen Annahmen basiert (wenn - dann - Beziehung). Die Studierenden müssen zur richtigen Lösung dieser Aufgabe gleich 2 solcher Beziehungen formulieren können. Der signifikante Anstieg auf mehr als zwei Drittel richtiger Beantwortungen zeigt, dass die Praktika ermöglichen, Studierende bei der Entwicklung dieser Fertigkeit zu unterstützen. Angesichts der Einfachheit dieser Aufgabenstellung scheint es trotzdem bedenklich, dass etwa ein Drittel aller Studierenden des Physik-Lehramts gegen Ende des ersten Studienabschnittes nicht in der Lage sind, sie richtig zu lösen. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Studierenden in der vorliegenden Konzeption der Praktika wenig Freiräume für das Aufstellen eigener Hypothesen haben und deutlich mehr Zeit für das Aufnehmen und Auswerten von Messungen benötigen, oder die Aufgaben oft zu schwierig sind (vgl. C. v.

Aufschnaiter, 1999, 168f).

### *Diskussion von Item 25*

Item 3 weist einen Zuwachs von 30% an richtigen Lösungen auf: Während im Pretest noch 12 von 27 Probanden diese Frage richtig beantwortet haben, so waren es im Posttest bereits 20, also ein Plus von 8 richtigen Antworten. Dabei konnten sich 9 Studierende vom Pre- auf den Posttest verbessern, während sich nur eine Person verschlechtert hat. Das bedeutet, dass 74% aller Studierenden - also fast drei von vier - diese Frage nach 2 Praktika richtig lösen konnten.

25. Ein Klotz wird entlang einer waagrechten Tischplatte durch eine konstante Kraft  $F$  beschleunigt. Man wiederholt das Experiment mehrmals und verwendet jedes Mal einen anderen Wert für die konstante Kraft. Für jede Kraft wird eine Strecke  $s$  gemessen, die der Klotz in den ersten 2,0 Sekunden zurücklegt. Im untenstehenden Diagramm sind die Ergebnisse eines derartigen Experiments dargestellt.



Erklären Sie, warum die eingezeichnete Linie nicht durch den Ursprung geht.

**Abbildung 7.9.:** Item 25

Abbildung 7.9 zeigt die genaue Fragestellung. Die Frage zielt auf Grundkenntnisse der Mechanik aus dem Bereich der Reibungskräfte ab und verbindet die Notwendigkeit dieses Wissens mit der Fertigkeit, Diagramme interpretieren zu können. Vor allem zweiteres hat sich im Zuge der beiden Praktika bei den Studierenden stark verbessert, was klar darauf hindeutet, dass der Erwerb dieser Fertigkeit durch die Lernumgebung im Praktikum verbessert wurde.

Einen ebenfalls großen Leistungszuwachs von 26% richtiger Antworten gab es bei Item 15, das im Posttest schließlich von 59% aller Studierenden richtig beantwortet werden konnte. Dieser Zuwachs ist jedoch nach dem McNemar Test nicht signifikant. Es zeigt die Lernwirkung konkreter Experimente im Praktikum, da der physikalische Zusammenhang der zeitlichen Änderung von Magnetfeld und Induktionsspannung in einer Praktikumseinheit (PL8) thematisiert wird.

### *Überblick über alle Items*

Was sind nun die Fertigkeiten, welche die Mehrheit der Studierenden nach Absolvierung der beiden Praktika beherrschen, bzw. welches Wissen können die Studierenden auf neue oder bekannte Problemstellungen anwenden? Im Folgenden soll ein Überblick gegeben werden, welche Items von mehr als der Hälfte der Studierenden im Posttest richtig gelöst, und

welche Items von weniger als der Hälfte richtig gelöst werden können. Daraus wird auf die Fertigkeiten und das Wissen zurückgeschlossen, welches für die Lösung notwendig ist:

Weniger als die Hälfte der Studierenden konnten insgesamt 10 verschiedene Items richtig lösen: 6, 10, 12, 14, 16, 19, 20, 21, 24 und 26. Damit verbunden sind folgende Inhalte und Fertigkeiten:

- Item 6 - Datenauswertung/Diagrammerstellung: Studierende nehmen unkritisch zur Kenntnis, dass durch Vorhandensein einer Ausgleichskurve auf die Darstellung der einzelnen Datenpunkte (und Fehlergrenzen) verzichtet wird.
- Item 10 - Interpretation von Diagrammen: Studierende verzichten größtenteils auf eine genügend detaillierte Beschreibung des Experiments oder seiner Auswertung bzw. Interpretation, wenn sie von einem Diagramm auf den Versuch und seinen Ausgang schließen sollen. Die Vermutung liegt allerdings nahe, dass dies auf Grund von Zeitdruck oder Schlamperei in der Eile geschehen ist, da viele Antworten zwar teils richtig, jedoch aber nicht vollständig sind.
- Item 12 - Planungskompetenzen bei physikalischen Experimenten: Die Studierenden sind mehrheitlich nicht in der Lage die detaillierten Vorgaben für das Experiment so zu beachten, dass sie daraus die Bedingungen für ein exaktes Experimentieren ableiten können. Wobei hierbei der Verdacht nahe liegt, dass ein sprachlicher Ausdruck (Unterscheidung von „Versuch“ und „Experiment“) im Angabetext missverständlich interpretiert werden kann, und die Antworten dadurch zwar größtenteils teilweise, jedoch nicht vollständig richtig sind.
- Item 14 - Komplexe Versuchsplanung bei einfachen elektrischen Netzwerken: Die Anwendung der Kirchhoff'schen Regeln und des Ohm'schen Gesetzes bei gleichzeitiger Notwendigkeit, einfache elektrische Netzwerke ausgehend von einer gegebenen Schaltskizze gedanklich zu erfassen und zu verändern, bereitet einem Großteil der Studierenden noch Schwierigkeiten.
- Item 16 - Brechungsgesetz: Wie bereits ausführlich diskutiert, sind die Studierenden mehrheitlich nicht in der Lage ein vermutlich wohl bekanntes Gesetz auf einen Spezialfall anzuwenden, ohne dem Intuitivkonzept einer lichtstrahlensammelnden Sammellinse zu verfallen.
- Item 19 - Zentripetalkraft/Kräftegleichgewicht: Ebenfalls bereits ausführlich diskutiert, weist die überwiegend falsche Beantwortung dieses Items auf massive Schwierigkeiten im Konzeptverständnis von Kräften und Kräftegleichgewichten hin.
- Item 20 - Impulserhaltung/inelastischer Stoß: Weniger als die Hälfte der Studierenden können diese Rechenaufgabe auf Grundlage der Impulserhaltung bei einem inelastischen Stoß lösen, obwohl im Vorpraktikum für das Lehramt eine derartige Aufgabe in Variation der Stoßpartner vorkommt.

- Item 21 - Kräfte: Auf einen springenden Ball wirkt nur die Schwerkraft und diese ist zum Erdmittelpunkt gerichtet. Die Studierenden sind nicht in der Lage vom Intuitivkonzept der Verknüpfung von Bewegungsrichtung und Richtung der wirkenden Kraft abzuweichen.
- Item 24 - Transversalwelle: Die Studierenden haben mehrheitlich falsche Vorstellungen von der Ausbreitung einer Transversalwelle durch ein Medium bzw. entlang eines elastischen, linearen Körpers.
- Item 26 - Vorwiderstand berechnen: Die Mehrheit der Studierenden ist nicht in der Lage einen Vorwiderstand für einen Verbraucher mit gegebener Leistung und Strom mit Hilfe der Kirchhoff'schen Regeln und des Ohm'schen Gesetzes nach dem Prinzip der Spannungsteilerschaltung zu berechnen. Diese Tatsache erscheint mehr als bedenklich, da gerade die Spannungsteilerschaltung mehrfach in unterschiedlichsten Zusammenhängen in den Praktika thematisiert wird. Den relativ geringen Lösungsprozentsatz kann man eventuell durch Zeitdruck oder Konzentrationsmängel am Ende des Tests zu erklären versuchen, da das Item beide Male am Testende platziert ist.

Alle anderen 15 Items wurden von mehr als der Hälfte aller Studierenden richtig gelöst. Damit verbunden sind folgende Inhalte und Fertigkeiten:

- Item 1 - Verwendung des Oszilloskops
- Item 2 - Auf Basis einer Kausalverknüpfung einen einfachen Versuch aus der Elektrizitätslehre planen; Verständnis von einfachem Fachvokabular und Schaltsymbolen.
- Item 3 - Verwendung und Schaltung von Ampere- und Voltmeter im einfachen Verbraucherstromkreis
- Item 4 - Aufstellen physikalisch richtiger Kausalverknüpfungen
- Item 5 - Kenntnis von Schaltsymbolen
- Item 7 - Interpretation von Messergebnissen, Erkennen von systematischen und statistischen Fehlern
- Item 8 - Interpretation von Messergebnissen, Rückschlüsse auf das Experiment ziehen, graphische Auswertungen erstellen, Versuchsskizzen zeichnen
- Item 11 - Sttistische Fehler erkennen, Umgang mit statistischen Fehlern.
- Item 13 - Gasgesetze, kinetische Gastheorie
- Item 15 - Induktionsgesetz (Maxwell'sche Gesetze): funktionaler Zusammenhang von

### Induktionsspannung und Magnetfeld in Abhängigkeit der Zeit

- Item 17 - Energieerhaltung, kinetische Energie
- Item 18 - Energieerhaltung beim Pendel, kinetische und potentielle Energie
- Item 22 - hydrostatischer Druck
- Item 23 - Gewichtskraft, Erdbeschleunigung, freier Fall
- Item 25 - Haftreibung, Gleitreibung, Interpretation von Diagrammen

Auffallend ist beim Vergleich der mehrheitlich gelösten bzw. nicht gelösten Items und der mit ihnen verbundenen Kompetenzen, dass es den Studierenden offenbar Schwierigkeiten bereitet, wenn die Lösung einer sehr exakten oder detaillierten Auseinandersetzung mit dem Problem bedarf, wenn es gilt, etwa mehrere Lösungen oder Randbedingungen anzugeben. Die Studierenden neigen demnach also zu einer raschen und oberflächlichen Auseinandersetzung mit den an sie gestellten Aufgaben. Hier sollte überdacht werden, ob der Workload der Praktika die Ausprägung solcher Verhaltensmuster fördert und wenn ja, wie man gegensteuern kann. Weiters fällt auf, dass es massive Konzeptschwierigkeiten bei den Newton'schen Axiomen, also den Kraftkonzepten gibt, sowie bei komplexeren Denkaufgaben und Rechenaufgaben. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Studierenden in diesem Bereich durch die von ihnen besuchten Lehrveranstaltungen wenig Kompetenzen erworben haben. Andererseits bestätigt die überwiegende Zahl an naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und Experimentierfertigkeiten, dass die Lehrziele, die in den Praktika vorrangig erreicht werden sollten (vgl. Kapitel 2.3, Seite 16), von einer Mehrheit der Studierenden auch erreicht werden.

#### 7.3.2. Kriterium 2: Passendes Angebot

Das Angebot der eLearning-Umgebung soll von den Studierenden als hilfreich erachtet werden, mangelhaftes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen. So lautet das Kriterium und um es zu erfüllen, müssen an den mit Hilfe der Kurzfragebögen untersuchten Kurstagen in mehr als 50 % jener Fälle, in denen sich die Studierenden selbst fehlendes oder mangelhaftes Vorwissen in einem Teilgebiet zuschreiben, dem entsprechenden eLearning-Angebot die Eignung fehlendes oder mangelhaftes Vorwissen auszugleichen, zugesprochen werden. Um diese Kennzahl zu ermitteln, wird mit SPSS eine Zusammenfassung der Daten über die betreffenden Items jener 27 Studierenden erstellt, die Pre- und Posttest absolviert haben und einen Kurzfragebogen zum jeweiligen untersuchten Kurstag abgegeben haben. Daraus wird ermittelt, wie groß die Anzahl der befragten Studierenden je untersuchtem Kurstag und die der abgefragten Themen ist. Daraus ergibt sich eine maximale Anzahl von möglichen Fällen, bei denen sich die Studierenden mangelndes Vorwissen attestieren. Danach wird die Zahl jener Fälle ermittelt, bei denen sich die Studierenden mangelhaftes Vorwissen attestieren und gleichzeitig die eLearning-Umgebung als sehr oder eher hilfreich

bezeichnen, dieses auszugleichen. Ebenso wird die Fallzahl ermittelt für die Studierenden, die sich mangelhaftes Vorwissen attestieren und gleichzeitig die eLearning-Umgebung als nicht oder nur wenig hilfreich bezeichnen, sowie jene Fälle, in denen diese Studierenden ihr mangelhaftes Vorwissen nicht mit eLearning ausgeglichen haben. Abb. 7.10 zeigt eine tabellarische Zusammenfassung dieser ausgewerteten Daten in absoluten und relativen Zahlen, wobei sich der Prozentsatz „geringes oder sehr geringes Vorwissen“ auf die maximale Anzahl möglicher Fälle bezieht und die restlichen Prozentsätze auf die Anzahl der Fälle, in denen sich die Studierenden geringes oder sehr geringes Vorwissen attestieren.

	M2	LKT	SW	PL3	PL5	PL10	PL12	Summe	Schnitt
Anzahl Befragte	27	27	26	26	25	25	26	182	26
Anzahl Themen	5	4	6	6	7	7	4	39	6
mögl. Fälle	135	108	156	156	175	175	104	1009	144
geringes od. sehr geringes Vorwissen	44	13	59	47	47	91	37	338	48
eLearning sehr od. eher hilfreich	34	8	40	36	25	80	32	255	36
eLearning wenig od. nicht hilfreich	5	2	9	1	7	3	5	32	5
Vorwissen nicht mit eLearning vertieft	5	3	10	10	15	8	0	51	7
geringes od. sehr geringes Vorwissen	33%	12%	38%	30%	27%	52%	36%	33%	33%
eLearning sehr od. eher hilfreich	77%	62%	68%	77%	53%	88%	86%	75%	75%
eLearning wenig od. nicht hilfreich	11%	15%	15%	2%	15%	3%	14%	9%	9%
Vorwissen nicht mit eLearning vertieft	11%	23%	17%	21%	32%	9%	0%	15%	15%

**Abbildung 7.10.:** Datenauswertung zu Kriterium 2: Ist das Angebot der eLearning-Umgebung hilfreich, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen?

Wie man Abb. 7.10 entnehmen kann, schreiben sich die Studierenden im Schnitt bei einem Drittel aller Themengebiete fehlendes oder mangelndes Vorwissen zu, wobei die Bandbreite von 52% beim Thema *Halbleiter* bis hin zu 12% beim Thema *klassische Mechanik* reicht. Von allen Themengebieten haben die Studierenden in 15% aller Fälle ihr mangelhaftes Vorwissen nicht mit eLearning vertieft. In 75% hingegen haben sie mangelhaftes Vorwissen mit eLearning vertieft und haben das Angebot als *sehr* oder *eher hilfreich* dafür empfunden und in ca. 10% der Fälle haben sie mangelndes Vorwissen zwar mit eLearning vertieft oder zu vertiefen versucht, jedoch das Angebot als *wenig* oder *nicht hilfreich* bewertet. Damit ist eindeutig gezeigt, dass das Angebot der eLearning-Umgebung mehrheitlich von den Studierenden als hilfreich erachtet wird, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen. Das Kriterium kann damit als erfüllt betrachtet werden.

### 7.3.3. Kriterium 3: Ausreichende Nutzung

Die Studierenden sollen das Angebot der eLearning-Umgebung in angemessener Intensität nutzen. Das Kriterium der Nutzung gilt als erfüllt, wenn mehr als 50% der Studierenden an mehr als 50% der untersuchten Kurstagen (entsprechend große Stichprobe) angeben, mehr als nur den Anleitungstext in egal welcher Intensität zur Vorbereitung benutzt zu haben.

Zur Überprüfung dieses Kriteriums kommen nur die Daten jener Fälle (Studierender) in Frage, die für alle 7 untersuchten Kurstage die Kurzfragebögen abgegeben haben. Das sind

insgesamt 21 Fälle. Aus diesen Fällen wird mit SPSS eine Zusammenfassung der Daten über die entsprechenden Items erstellt und eine manuelle Zählung vorgenommen, um jene Zahl an Studierenden pro untersuchtem Kurstag zu ermitteln, die nur den Anleitungstext (bzw. das eSkript) und sonst kein weiteres eLearning-Tool zur Vorbereitung verwendet haben. Tab. 7.8 zeigt diese Zusammenstellung der Zahlen und Prozentsätze.

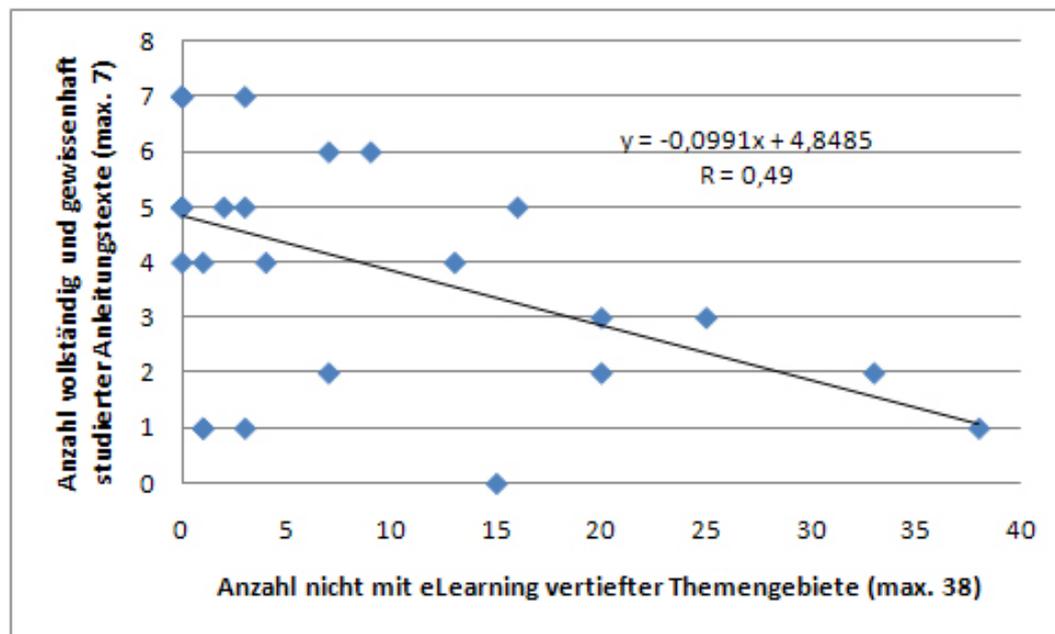
Kurstag	Anzahl Studierender	Prozentsatz Studierender
M2	7	33,3%
LKT	4	19,0%
SW	4	19,0%
PL3	10	47,6%
PL5	12	57,1%
PL10	8	38,1%
PL12	12	57,1%

**Tabelle 7.8.:** Anzahl und Prozentsatz jener Studierenden, die ausschließlich das eSkript und keine weiteren Web-Tools der eLearning-Umgebung zur Vorbereitung auf das jeweilige Praktikum verwendet haben.

Lediglich an 2 von 7 untersuchten Kurstagen wird aus dem eLearning-Angebot von mehr als der Hälfte der Studierenden ausschließlich das eSkript und keine weiteren Web-Tools der eLearning-Umgebung zur Vorbereitung auf das jeweilige Praktikum verwendet. Das bedeutet, dass das Kriterium erfüllt ist. Allerdings besteht Bedarf, das Angebot an zusätzlichen Web-Tools bei den beiden Kurstagen PL5 und PL12 auf seine Nützlichkeit und seinen Bedarf zu untersuchen, da es nur weniger als die Hälfte der Studierenden verwendet hat.

### Rückschlüsse auf Nutzer- und Lerntypen

Tab. 7.8 zeigt im Hinblick auf eine Kategorisierung der Studierenden in unterschiedliche Nutzertypen (wie bereits in der deskriptiven Analyse der eLearning-Umgebung als Hypothese formuliert) wieder deutliche Anzeichen für diese Annahme. Zwischen einem und drei Fünftel der Studierenden nutzen in wechselnder Intensität - offensichtlich in Abhängigkeit des Angebotes - nur das eSkript für ihre Vorbereitung. Im Mittel über alle untersuchten Kurstage sind es 61% der Studierenden, die mehr als nur das Minimum an Lernangeboten nutzen.



**Abbildung 7.11.:** Zusammenhang zwischen Nutzung der eLearning-Umgebung zur Vorbereitung und Nutzung der eSkripten

Abb. 7.11 wiederum zeigt, dass ein Zusammenhang zumindest als Trend sichtbar wird, wenn man die Anzahl vollständig und gewissenhaft studierter Anleitungstexte (maximal 7 an insgesamt 7 untersuchten Kurstagen) gegen die Anzahl nicht mit eLearning vorbereiteter Themengebiete (maximal 38 an insgesamt 7 untersuchten Kurstagen) aufträgt. Der Korrelationskoeffizient ist zwar wegen der großen Streuung bei der geringen Fallzahl nicht sonderlich hoch, jedoch erkennt man deutlich, dass jene Studierenden, die ihr Wissen in der Vorbereitung kaum mit eLearning vertiefen, auch die eSkripten nicht vollständig und gewissenhaft studieren. Zieht man eine Trennlinie bei 10 nicht mit eLearning vorbereiteten Themengebieten, so erhält man zwei Gruppen: Jene, die sehr viele Themengebiete mit Hilfe von eLearning vorbereitet haben (<10 Themengebiete nicht mit eLearning vorbereitet) studieren im Schnitt an 4,7 von 7 Kurstagen das eSkript vollständig und gewissenhaft. Hingegen studiert die Gruppe jener, die mehr als 10 Themengebiete nicht mit eLearning vorbereitet hat, nur an durchschnittlich 2,5 von 7 Kurstagen das eSkript vollständig und gewissenhaft. Dieser Unterschied ist signifikant, wie ein T-Test für unabhängige Stichproben bei 2-seitiger Signifikanz, sowohl im Fall von gleichen als auch ungleichen Varianzen ergibt. Diese Tatsache ist ein deutliches Argument dafür, dass die Studierenden nicht nur in unterschiedlicher Intensität das Angebot nutzen, sondern dass diejenigen, die das eLearning-Angebot spärlich nutzen, auch das konventionellste der eLearning-Angebote (das eSkript) nur minimalistisch nutzen, was die Hypothese auf unterschiedliche Lerntypen untermauert. Diesen Lerntypen „ausgeliefert“ unterliegt also die Nutzung der eLearning-Umgebung Einflüssen, die nicht in erster Linie durch ein gegebenenfalls unattraktives oder inadäquates Angebot, sondern von der allgemeinen Lerneinstellung der Studierenden bestimmt werden. Auch darauf ist bereits in der deskriptiven Analyse hingewiesen worden.

### Zur Validität der Daten des Kurzfragebogens

Wie bereits im Kapitel *Qualitätssicherung im kriterienbasierten Evaluationsverfahren* beschrieben, eignet sich die Analyse der Nutzungsdaten zu einer Validitätsprüfung der Fragestellung. Abb. 7.12 zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Toolnutzung und Vorbereitung mit eLearning, wie es zu erwarten war. Wer sich nicht (oder nur wenige Themengebiete) mit Hilfe der eLearning-Umgebung vorbereitet, der nutzt also auch kaum die abseits des Texts zur Verfügung gestellten eLearning-Tools. Deutlich erkennbar (und rot markiert) sind auch 2 Datenpunkte (Studierende), die sich zu fast allen Themengebieten mit Hilfe der eLearning-Umgebung vorbereitet haben, jedoch die Nutzung der eLearning-Tools so gut wie aussparen. Das deutet auf jene Gruppe der Computer-Verweigerer hin, die jeden nicht zwingend notwendigen Arbeitsschritt mit dem Computer vermeiden. Bereinigt man die Datenmenge um diese 2 „Ausreißer“, so verbessert sich die Korrelation der linearen Regression auf  $R = 0,76$ , einem für die kleine Fallzahl erstaunlich hohen Wert. Zieht man abermals eine Trennlinie bei 10 nicht mit eLearning vorbereiteten Themengebieten, so erhält man wieder zwei Gruppen: Jene, die sehr viele Themengebiete mit Hilfe von eLearning vorbereitet haben (<10 Themengebiete nicht mit eLearning vorbereitet) nutzen im Schnitt nur 7,9 von 30 möglichen eLearning-Tools nicht. Hingegen nutzt die Gruppe jener, die mehr als 10 Themengebiete nicht mit eLearning vorbereitet hat, durchschnittlich 16,3 Tools nicht. Auch dieser Unterschied ist signifikant, wie ein T-Test für unabhängige Stichproben bei 2-seitiger Signifikanz sowohl im Fall von gleichen als auch ungleichen Varianzen ergibt.

Dieser signifikante Zusammenhang zeigt, dass hinsichtlich der Fragestellungen zur Nutzung der eLearning-Umgebung mit dem Kurzfragebogen valide Daten erhoben werden konnten.

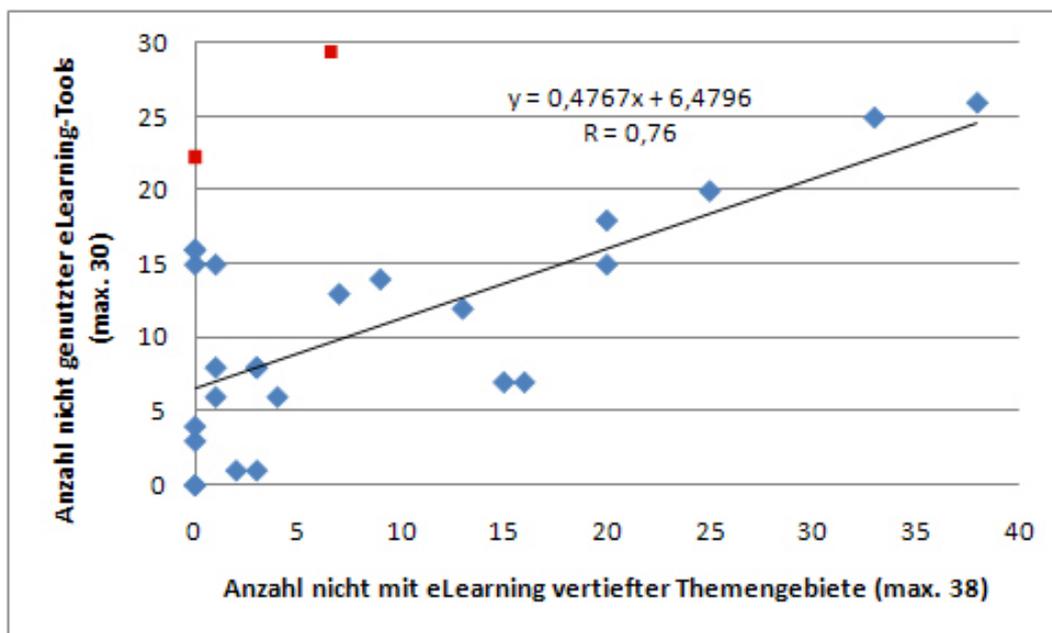


Abbildung 7.12.: Zusammenhang zwischen Nutzung der eLearning-Umgebung zur Vorbereitung und Nutzung der konkreten eLearning-Tools

#### **7.3.4. Kriterium 4: Selbstorganisiertes Lernen**

Das Kriterium des selbstorganisierten Lernens gilt als erfüllt, wenn mehr als 50% aller Bewertungen durch die Studierenden über alle untersuchten Kurstage zeigen, dass die Charakteristiken von selbstorganisiertem Lernen in der Vorbereitung gegeben sind. Diese Charakteristiken wurden im Kurzfragebogen mit einer ja/nein - Antwortmöglichkeit abgefragt: Das Resultat könnte eindeutiger nicht sein, denn bis auf eine einzige Ausnahme haben alle Studierenden an allen 7 untersuchten Kurstagen die Erfüllung der 4 vorgebenen Charakteristiken für selbstorganisiertes Lernen bestätigt. Die Ausnahme betrifft die freie Wahl des Zeitpunktes der Lernorganisation ohne weitere Angabe von Gründen.

Damit gilt das Kriterium als erfüllt.

## 8. Zusammenfassung und Ausblick

Zentrales Anliegen der vorliegenden Arbeit war die Dokumentation der Entwicklung, Implementation und Evaluation einer eLearning-Strategie im physikalischen Anfängerpraktikum der Universität Wien und in zweiter Linie der Dokumentation, der sich aus dieser Fallstudie ableitenden allgemeinen Hypothesen für den Einsatz von eLearning im betreffenden Blended Learning Szenario.

Insgesamt wurden im Rahmen des Entwicklungsprojekts, neben der Umsetzung der hardware- und softwareorientierten Entwicklungsschritte, im Zuge der Umsetzung der didaktisch-methodischen Entwicklungsziele im Zeitraum von März 2006 bis März 2008 für über 90 Experimente zu 42 verschiedenen Themengebieten die Materialien zur Vorbereitung mit der eLearning-Umgebung des Anfängerpraktikums erstellt. Der Aufbau der contentbasierten eLearning-Umgebung erfolgte innerhalb der bestehenden Internetseite des Anfängerpraktikums. Für jedes Themengebiet (entsprechend einem Kurstag) wurde ein eSkript erstellt, sowie im Bedarfsfall auch zusätzliche Dokumente im Rahmen der *Grundlagenvertiefung*. Die eSkripten wurden als PDF-Dokument mit dem Hyperref-Paket erstellt, sodass die Studierenden die Vorbereitungsunterlage sowohl als digitale Ressource mit schneller Kapitel-Navigierung, als auch als Ausdruck nutzen können. Die Skripten sind durchgehend gleich strukturiert und unter Berücksichtigung didaktischer Grundsätze zum Text- und Sprachverständnis geschrieben. Nachbearbeitete (z.B. beschriftete) Originalfotografien der Versuchsaufbauten helfen den Studierenden bei der Visualisierung komplexer oder unbekannter Geräte bzw. Experimente in der Vorbereitung. In den eSkripten sind Webtools referenziert, die auf den jeweiligen Internetseiten der Kursthemen verlinkt sind. Bei der Auswahl an Webtools wurde sowohl auf bestehende Open-Source-Ressourcen zugegriffen, als auch teilweise Videos oder Denkaufgaben selber erstellt.

Begleitend zur ersten Implementation der eLearning-Umgebung in den Regellehrbetrieb des Anfängerpraktikums wurde deskriptive Analyse durchgeführt. Die Ziele dieser Studie waren einerseits eine Abschätzung über das Zutreffen der Vorannahmen des Projekts *eLearnPhysik*, in dessen Rahmen die vorliegende Arbeit erstellt wurde: Heterogenes und teils fehlendes Vorwissen der Studierenden, kaum vorhandene Erfahrungen mit computergestützter Messwerterfassung und Datenverarbeitung, sowie eLearning-Methoden, Probleme beim Erfassen von physikalischen Begriffen und Konzepten, und die eingeschränkten Möglichkeiten der individuellen und selbstgesteuerten Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten waren die Ansatzpunkte für die Neuentwicklungen im Anfängerpraktikum. In der deskriptiven Analyse wurde andererseits versucht, Einblicke in die Nutzung der eLearning-Umgebung durch die Studierenden zu gewinnen, den subjektiven Stellenwert der eLearning-Umgebung im Lernprozess zu beschreiben und Verbesserungsvorschläge abzuleiten. Die qualitativen Forschungsmethoden waren eine Methodentriangulation aus 2

narrativen Interviews, Gruppengesprächen mit einem unbeteiligten Dritten und einem Aktionsforschungslogbuch der Betreuer. Begleitet wurde diese Triangulation durch Fragebögen vor und nach dem Praktikum, sowie einer Analyse des Zugriffszählers der Internetseite. Aufbauend auf den Ergebnissen der deskriptiven Analyse wurde eine kriterienbasierte Evaluationsstudie mit Methoden der quantitativen Sozialforschung durchgeführt. Diese hatte zum Ziel, die Eignung der entwickelten eLearning-Umgebung entsprechend der an sie gestellten Anforderungen zu testen. Die Kriterien wurden basierend auf den Ergebnissen (Hypothesen) der deskriptiven Evaluationsstudie und basierend auf den Entwicklungszielen des Projekts eLearnPhysik im Anfängerpraktikum erstellt. Es sollten sich die kognitiven und prozessorientierten Fertigkeiten der Studierenden verbessern; das Angebot der eLearning-Umgebung sollte von den Studierenden als hilfreich erachtet werden, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen; die Studierenden sollten das Angebot der eLearning-Umgebung in angemessener Intensität nutzen; und die Studierenden sollten die Vorbereitung (eLearning-Phase) als Phase selbstorganisiertem Lernens erleben. Zur Überprüfung dieser Evaluationskriterien wurde ein Test- und Befragungsdesign entworfen, mit welchem ein Jahrgang Studierender des Lehramts Physik während der Absolvierung von zwei aufeinanderfolgenden Praktika begleitend untersucht wurde. Der Leistungstest wurde aus validierten Testitems bestehender Tests zusammengestellt und bewusst allgemein gehalten, um nicht konkretes Wissen und Fertigkeiten aus bekannten Beispielen und Experimenten abzufragen, sondern um Transferleistungen und die Verbesserung von Konzeptverständnis zu untersuchen.

Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse zeigen deutlich, dass in puncto Bildungsvoraussetzungen und folglich auch bezüglich Vorwissen eine große Heterogenität bei den Studierenden vorliegt. Jedoch attestieren die Studierenden in einer Selbsteinschätzung ihres kognitiven Wissens und ihrer praktischen Fertigkeiten im Pre/Post-Vergleich sich selbst einen Anstieg ihres Wissens und ihrer Fertigkeiten. Daraus kann man folgern, dass die Lehrveranstaltung und somit auch die eLearning-Umgebung geeignete Rahmenbedingungen für einen Leistungszuwachs bietet. Im quantitativen Pretest/Posttest konnte diese Hypothese des Lernzuwachses zwar im Allgemeinen über den gesamten Test signifikant bewiesen werden, jedoch auf bedenklich niedrigem Leistungslevel. Außerdem kann mit dem verwendeten Testinstrument eine differenzierte Messung im Anstieg einzelner Leistungsaspekte (Teilung kognitives Wissen und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen) nicht signifikant nachvollzogen werden. Das erste Kriterium der Evaluation ist somit zwar erfüllt, liefert jedoch nicht den gewünschten Effekt einer deutlichen Leistungssteigerung.

Die deskriptive Analyse bringt weiters eine differenzierte Nutzungsweise der eLearning-Materialien durch die Studierenden zu Tage. Die Daten aus den Fragebögen zeigen, dass mit den eSkripten die zentralen Elemente der neuen eLearning-Umgebung von den Studierenden sehr gut angenommen und intensiv genutzt werden. Die Skripten sind für alle Studierenden die Hauptinformationsquelle der Lernumgebung. Sie werden von etwa 70% in ausgedruckter Form gelesen und zur Vorbereitung und zur Durchführung verwendet. Etwa 30% der Studierenden verwenden die Lernumgebung freiwillig ausschließlich in digitaler Form (z.B. mit Notebook). Darüber hinaus eröffnet die deskriptive Analyse die Einsicht in ein breites Spektrum unterschiedlicher Nutzungstypen und Verwendungsvorlieben, die ein selbstgesteuertes Lernen der Studierenden belegen. Neben einem verschwindend

kleinen Teil Studierender, welche die Vorbereitung per eLearning praktisch verweigern und nur das Skriptum in ausgedruckter Form benutzen, offenbaren sich 2 unterschiedliche Nutzungstypen: *Individualnutzer* verwenden in wechselnder Intensität und Lernabsicht ab und zu zusätzlich zum Skript auch Elemente der Zusatzinformationen (Webtools) aus der eLearning-Umgebung. *Intensivnutzer* stellen jene Gruppe Studierender dar, die einen Großteil des Angebots der eLearning-Umgebung gewissenhaft nutzen. Natürlich können die unterschiedlichen Nutzungstypen nicht scharf von einander abgetrennt werden, zwischen ihnen wird es zahlreiche Abstufungen und Ausprägungen geben, die multifaktoriell beeinflusst sind. In der kriterienbasierten Evaluation wurde der Frage nachgegangen, ob die eLearning-Umgebung von den Studierenden ausreichend genutzt wird und ob neben den eSkripten auch die Webtools für die Mehrheit der Studierenden eine Bedeutung im Lernprozess haben. Das Ergebnis der Befragungen zeigt, dass die Mehrheit der Studierenden die Mehrheit des Angebots in der Mehrheit der untersuchten Fälle nutzt. Das Evaluationskriterium ist somit auch erfüllt und die Befragung gibt gleichzeitig Rückschlüsse auf die beschriebenen unterschiedlichen Nutzertypen. Rund 60% der Studierenden nutzen im Mittel mehr als nur die eSkripten, 40% beschränken sich auf das notwendige Minimum. Nicht nur hinsichtlich der unterschiedlichen Nutzungstypen, auch bezüglich unterschiedlicher Lerntypen gibt die deskriptive Analyse Hypothesen vor. Höchstwahrscheinlich hängen Nutzung und generelle Lerneinstellung sehr stark zusammen. Es lassen sich zwei konträre Zugänge zum Lernprozess in der Vorbereitung erkennen: Der *lernzielorientierte Lerntyp* und der *aufwandsökonomische Lerntyp*. Während beim Aufwandsökonom die eLearning-Umgebung eine untergeordnete Gewichtung gegenüber der persönlichen Betreuung hinsichtlich des Lernerfolges einnimmt, scheint es beim Lernzielorientierten genau umgekehrt zu sein. Der Aufwandsökonom ist fixiert auf das Erreichen richtiger Ergebnisse in möglichst kurzer Zeit, das Erlernen von Physik rückt in den Hintergrund. Was bei der an der Versuchsdurchführung orientierten Vorbereitung nicht erarbeitet wurde, soll durch persönliche Betreuung kompensiert werden. Dieser Lerntypus hat offenbar nur einen gering ausgeprägten Anteil intrinsischer Motivation für die Lernhandlungen im physikalischen Anfängerpraktikum. Der Lernzielorientierte nutzt die eLearning-Umgebung zur intensiven Auseinandersetzung mit Physik, zum Ausgleich von fehlendem Vorwissen und zum Auffrischen und Vertiefen von physikalischen Konzepten und Anwendungswissen. Wie auch bei den Nutzungstypen existieren unterschiedlichste Ausprägungen und Schattierungen der Lerntypen. Deutliche Hinweise auf die unterschiedlichen Lerntypen liefern die Kurzfragebögen für die kriterienbasierte Evaluation. Die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen der themenbezogenen Vorbereitung mit Hilfe von eLearning-Materialien und der Nutzungstiefe der eSkripten zeigt deutlich, dass jene Studierende, die ihr Wissen in der Vorbereitung kaum mit eLearning vertiefen auch die eSkripten nicht vollständig und gewissenhaft studieren. Diesen Lerntypen „ausgeliefert“, unterliegt also die Nutzung der eLearning-Umgebung Einflüssen, die von der allgemeinen Lerneinstellung der Studierenden ausgemacht werden.

Um das Entwicklungsziel der Verbesserung der Vorbereitung im Sinne eines effektiven Ausgleichs von heterogenem oder fehlendem Vorwissen zu erfüllen, wurde die eLearning-Umgebung letztlich entworfen und entwickelt. In der deskriptiven Analyse zeichnet sich ab, dass eine bessere Vorbereitung der Studierenden auf das Praktikum im Vergleich zur Situation vor Einführung der eLearning-Umgebung allein schon durch die Vielfalt und Freiheiten in der Nutzung möglich scheint. Die Betreuer bewerten die Vorbereitung der Studierenden

bei Verwendung der eLearning-Materialien mehrheitlich positiv. Die deskriptive Analyse gibt Hinweise darauf, dass unterschiedliches Vorwissen mit Hilfe von eSkripten und Zusatzinformationen der eLearning-Umgebung effektiv ausgeglichen werden kann, jedoch ist der Faktor der persönlichen Betreuung in diesem Punkt ein ebenso bedeutender neben den Arbeitsmethoden der Studierenden in den Präsenzphasen. Eine gute Vorbereitung hängt höchstwahrscheinlich jedoch, wie bereits beschrieben, stark vom Lerntypus der Studierenden ab. Im Rahmen der kriterienbasierten Evaluation wurde versucht, durch konkrete Fragestellungen zum jeweiligen Zeitpunkt der Präsenzphase, zu dieser Hypothese eine differenzierte Einschätzung der Studierenden dazu zu erhalten. Im Schnitt schreiben sich die Studierenden bei einem Drittel aller Themengebiete fehlendes oder mangelndes Vorwissen zu. Von allen Themengebieten haben die Studierenden in 15% aller Fälle ihr mangelndes Vorwissen nicht mit eLearning vertieft. In 75% hingegen haben sie mangelndes Vorwissen mit eLearning vertieft und haben das Angebot als *sehr* oder *eher hilfreich* dafür empfunden und in ca. 10% der Fälle haben sie mangelndes Vorwissen zwar mit eLearning vertieft oder zu vertiefen versucht, jedoch das Angebot als *wenig* oder *nicht hilfreich* bewertet. Damit ist eindeutig gezeigt, dass das Angebot der eLearning-Umgebung mehrheitlich von den Studierenden als hilfreich erachtet wird, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen.

Letztlich soll auch aus der Sicht der Studierenden der Lernprozess im Rahmen der Vorbereitungen als selbstorganisiert empfunden werden, um ein Maximum an Selbstbestimmung zu gewährleisten. Die Befragung der Studierenden mit den Kurzfragenbögen im Zuge der kriterienbasierten Evaluation ergeben eindeutig, dass sie bei vorgegebenen Inhalten und Zielen ihr eigenes Lernen selbst steuern und Entscheidungen über die Art und Weise, Ort und Zeitpunkt ihrer Lernorganisation fällen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für die Lehrveranstaltungen des physikalischen Anfängerpraktikums der Universität Wien die Entwicklung und Implementierung der eLearning-Umgebung erfolgreich verlaufen ist. Die Anforderungskriterien wurden erfüllt, was eine Bestätigung für die Verbesserung der universitären Lehre bedeutet. Der Lerneffekt auf allgemein gehaltene Fragestellungen zu physikalischem Konzeptverständnis im Bereich des kognitiven Wissens und auf Fragestellungen zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen ist jedoch nicht wie erwartet deutlich ausgefallen. Nach 2 Semestern Praktikum sind die Studierenden eines ganzen Jahrganges des Physik-Lehramtsstudiums zwar signifikant, aber nur sehr wenig besser in der Lage, ihr erworbenes Wissen und ihre trainierten Fertigkeiten auf ähnliche Fragestellungen zu transferieren. In wenigen Bereichen verstärken sich sogar intuitive Präkonzepte, jedoch muss bei genauerer Betrachtung der Antwortverhalten der Studierenden auch an der Formulierung mancher Frageitems und somit an deren Validität gezweifelt werden. Nichtsdestotrotz sollten wegen der hohen Erwartungen an die Lernwirksamkeit des Anfängerpraktikums selbst, die Alarmglocken läuten. Auch ein didaktisch optimierter und mit Begleitevaluation implementierter Einsatz eines Blended Learning Szenarios verbessert die allgemeinen und auf Transferleistungen bezogenen kognitiven und prozessorientierten Fähigkeiten der Studierenden des Grundpraktikums im konventionellen Aufbau nicht befriedigend. Bezugnehmend auf die Motivationstheorie von Ryan und Deci (1985), auf die sich die Entwicklung der eLearning-Umgebung stützt, dürfte es im Praktikum mit der vorliegenden Organisationsform bedeutendere Einflussfaktoren auf die

intrinsische Motivation bzw. zu starke Faktoren für die extrinsische Motivation geben, als dass selbstorganisiertes Lernen durch die eLearning-Umgebung diese in positivem Sinne alleine dominieren könnte. Es müsste die Konzeption des Praktikums und auch seine Ziele überdacht werden, um entweder ein Testinstrument zu entwickeln, das genau und valide das Erreichen der Ziele des Anfängerpraktikums messen kann und die Motivationsfaktoren der Studierenden bestimmt, oder aber um es neu zu positionieren und zu rekonstruieren. Hierbei würde sich -speziell was das Lehramtsstudium betrifft- eine enge Kooperation mit den Lehrveranstaltungen der Studieneingangsphase anbieten, die maßgeblich am Aufbau des physikalischen Wissens beteiligt sind.



# Abbildungsverzeichnis

2.1. Cognitive Theory of Multimedia Learning (nach Mayer, 2001, 44). . . . .	6
2.2. Das didaktische Dreieck virtuellen Lernens (nach Schulmeister, 2004, 26). . .	9
2.3. Zwei Typen virtueller Lehre (nach Schulmeister, 2004, 25). . . . .	10
2.4. Zweiseitiges Modell der Effektivität von naturwissenschaftlichen Praktika. Aus: Psillos et al. (1998). „LW“ steht für Labwork . . . . .	17
4.1. Zeitlicher Verlauf der Studie . . . . .	36
5.1. Blended Learning Setup für die Lehrveranstaltungen im Anfängerpraktikum	39
5.2. Aufbau und inhaltliche Strukturierung der Anleitungstexte, Navigationsmöglichkeit am Sidebar durch Hyperref-Paket . . . . .	40
5.3. Beispiel für den Einsatz von nachbearbeiteten Originalfotografien in den eSkripten . . . . .	41
5.4. Beispiel für die Variablendefinition in den eSkripten . . . . .	43
5.5. Aufbau der Internetseite eines Kursthemas . . . . .	44
5.6. Denkaufgabe zu einfachen elektrischen Schaltungen, Lösungsansicht (Lösun- gen sind orange angezeigt) . . . . .	45
6.1. Methoden zur qualitativen Analyse . . . . .	50
6.2. Terminkalender für das Vorpraktikum im Wintersemester 2006 . . . . .	55
6.3. Besuchter Schultyp (Oberstufe bzw. Sekundarstufe 2) und Schulzweig bzw. Schwerpunktsetzung. <i>Jeweils der linke Balken steht für die Summe aller Zweige eines Schultyps.</i> . . . . .	61
6.4. Wochenstundenanzahl des Physikunterrichts pro Jahrgang: <i>blau: Mittelwert, grün: höchste Anzahl, rot: niedrigste Anzahl.</i> . . . . .	62
6.5. Häufigkeit praktischer Arbeit im eigenen Physikunterricht (Schülerversuche)	63
6.6. 2. Lehramts-Fach neben Physik . . . . .	64
6.7. Motivation zur Fächerwahl, Antworten quantifiziert und kategorisiert . . .	65
6.8. momentaner Semesterstand im Physik-Lehramtsstudium . . . . .	66
6.9. Absolvierungs - Status von universitären Lehrveranstaltungen aus dem 1. Abschnitt des Lehramtsstudiums der Physik . . . . .	67
6.10. Quantifizierte Darstellung der codierten Kategorien aus den Logbuch-Rückmeldungen	98
6.11. Quantifizierte Darstellung der Antworten im Fragebogen <i>Post</i> . . . . .	107
6.12. Musteranalyse der Selbsteinschätzung der Studierenden vor und nach dem Vorpraktikum . . . . .	109
6.13. Zugriffe auf die eLearning-Umgebung des Vorpraktikums . . . . .	114
6.14. Monatsmittel der Zugriffe auf die eLearning-Umgebung pro abgehaltenem Praktikum . . . . .	115

---

7.1. Test-und Befragungsdesign für die kriterienbasierte Evaluation . . . . .	122
7.2. Histogramme der Verteilungen der Summenscores von Pre- und Posttest .	128
7.3. Item 16 . . . . .	135
7.4. Item 19 . . . . .	137
7.5. Item 11 . . . . .	138
7.6. Item 2 . . . . .	139
7.7. Item 3 . . . . .	140
7.8. Item 4 . . . . .	141
7.9. Item 25 . . . . .	142
7.10. Datenauswertung zu Kriterium 2: Ist das Angebot der elearning-Umgebung hilfreich, mangelndes oder fehlendes Vorwissen auszugleichen? . . . . .	146
7.11. Zusammenhang zwischen Nutzung der eLearning-Umgebung zur Vorberei- tung und Nutzung der eSkripten . . . . .	148
7.12. Zusammenhang zwischen Nutzung der eLearning-Umgebung zur Vorberei- tung und Nutzung der konkreten eLearning-Tools . . . . .	149

# Tabellenverzeichnis

6.1. Abdeckung der möglichen Beobachtungssituationen durch die Logbucheinträge der Betreuer . . . . .	96
6.2. Vergleich der induktiven Kategoriendefinition . . . . .	97
7.1. Deskriptive statistische Daten der Verteilungen der Summenscores von Pre- und Posttest . . . . .	128
7.2. Reliabilitäten der Item-Gruppen „NAW“ und „TIMSS“ . . . . .	131
7.3. Mittelwerte und Signifikanz bei T-Test . . . . .	131
7.4. Reliabilitäten der Item-Gruppen „A“ und „B“ . . . . .	132
7.5. Mittelwerte und Signifikanz bei T-Test . . . . .	133
7.6. Mittelwerte einzelner Items deren Anteil an richtiger Beantwortung gesunken ist . . . . .	134
7.7. Mittelwerte einzelner Items, deren Änderung zwischen Pre und Posttest signifikant ist . . . . .	135
7.8. Anzahl und Prozentsatz jener Studierenden, die ausschließlich das eSkript und keine weiteren Web-Tools der eLearning-Umgebung zur Vorbereitung auf das jeweilige Praktikum verwendet haben. . . . .	147



# Literaturverzeichnis

- Altrichter, (1986). Visiting two worlds: an excursion into the methodological jungle including an optional evening's entertainment at the Rigour Club. *Cambridge Journal of Education* 16, (131-143)
- Altrichter, H & Posch, P. (2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Atteslander, P. (2006). *Methoden der empirischen Sozialforschung*. Berlin: Schmidt.
- von Aufschnaiter, C. (1999), *Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben*. Berlin: Logos Verlag
- von Aufschnaiter, S. (1998). Konstruktivistische Perspektiven zum Physikunterricht. *Pädagogik*, 7/8, 52-57.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2006). *Multivariate Analysemethoden*. Berlin & Heidelberg: Springer Verlag.
- Bannach, M. (2002). *Selbstbestimmtes Lernen. Freie Arbeit an selbst gewählten Themen*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Bodemer, D., Plötzner, R., Feuerlein I. & Spada H. (2004). The active Integration of Information during learning with dynamic interactive representations. *Learning and INstruction*, 14, 325-341.
- Borawski, H. (2005). *Entwicklung eines Physikpraktikums für Studierende der Biologie*. Vortragsunterlagen im Rahmen der DPG-Schule 2007 - Workshop der AG Physikalische Praktika. Bad Honnef. <http://www.physikalische-praktika.de/2005/Programm/Vortraege/Borawski.pdf>
- Borawski, H., Heinke, H., Theyßen, H. (2006). Eine moderierte Diskussion als Teil des Versuchs im Physikpraktikum. In Höttecke, D. (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Bd. 27. Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. 469-471. Berlin: LIT Verlag.

- Brünken, R. & Leutner, D. (2008). Lernen mit Medien. In Schneider, W. & Hasselhorn, M. (Hrsg.), *Handbuch der pädagogischen Psychologie* (S. 551-562). Göttingen: Hogrefe.
- Brüsemeister, T. (2000). *Qualitative Forschung: ein Überblick*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag
- Christian, W. & Belloni, M. (2004). *Physlet* ® *Physics*. Upper Saddle River: Pearson Education
- Deci, E. L., & Ryan, R., (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- Diemer, U., Basler, B. & Jodl, H.-J. (1999). *Computer im Praktikum*. Berlin & Heidelberg: Springer Verlag.
- Embacher, F. (2005). *eLearning an der Fakultät für Physik [eLearnPhysik]*. Projektantrag der Fakultät für Physik an der eLearning Ausschreibung 2005 der Universität Wien. <http://physics.univie.ac.at/eLearning/eLearnPhysikAntrag/eLearnPhysikAntrag.pdf>
- Embacher, F., Nagel, C., Reisinger, P., Primetshofer, C., Höller, H. & Kühnelt, H. (2007): *Jahresevaluation 2006/2007 des Projektes eLearnPhysik an der Fakultät für Physik*. [http://physics.univie.ac.at/eLearning/div/eLearnPhysik\\_Evaluationsbericht0607.pdf](http://physics.univie.ac.at/eLearning/div/eLearnPhysik_Evaluationsbericht0607.pdf)
- Flick, U. (2000). *Qualitative Forschung: Theorie, Methoden, Anwendung in Psychologie und Sozialwissenschaften*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag.
- Flick, U. (2004). *Triangulation: eine Einführung*. Opladen: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (Hrsg.) (2006). *Qualitative Evaluationsforschung: Konzepte, Methoden, Umsetzung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag.
- Forschauer, U. & Lueger, M. (2003). *Das qualitative Interview. Zur Praxis interpretativer Analyse sozialer Systeme*. Wien: UTB.
- Friedrichs, J. (1990). *Methoden empirischer Sozialforschung*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

- Grolnick, W. & Ryan, R. (1987). Autonomy in children's learning: An experimental and individual difference investigation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 890-898.
- Haller, K. (1999). *Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen*. Berlin: Logos Verlag.
- Hucke, L. (2000). *Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums*. Berlin: Logos Verlag.
- Hüther, M. (2005). *Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze*. Berlin: Logos Verlag.
- Imbrock, J. & Bersch C. (2007). *E-Learning Linux-Live-CD als Begleitung zu experimentellen Übungen*. Vortragsunterlagen im Rahmen der DPG-Schule 2007 - Workshop der AG Physikalische Praktika. Bad Honnef. <http://www.physikalische-praktika.de/2007/Programm/Vortraege/imbrock.pdf>
- Issing, J. L. (1995). Instruktionsdesign für Multimedia. In Issing, J. L. & Klimsa, P. (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia* (S. 195-220). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- Janssen, J. & Laatz, W. (2007). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows*. Berlin & Heidelberg: Springer
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos Verlag.
- Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung*. München: Oldenbourg Verlage.
- Kühnelt, H. (2000). TIMSS 3 - nicht nur für Maturanten. In Kühnelt, H. (Hrsg.), *Plus Lucis 2000(2)*, 3-6. Wien: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts.
- Lamnek, S. (1995). *Qualitative Sozialforschung*. Bd. 1 & 2. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Leisen, J. (2005). Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? - Sprache und Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 16, 64-70.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1984). *Qualitative Data Analysis*. Beverly Hills: Sage.
- Nagel, C. (2005). *Neue Ziele der Lehramtsausbildung*, Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- Nagel, C. & Wolny, B. (2008). eLearning in the Introductory Physics Lab. In Luca, J. & Weippl, E. (Eds.), *Proceedings of ED MEDIA 2008 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. Chesapeake: AACE.
- Nakleh, M. & Krajcik, J. (1994). The influence of levels of information as presented by different technology on students' understanding of acid, base and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1077-1096.
- Neumann, K. (2004). *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Berlin: Logos Verlag.
- Prüfer, P. & Rexroth, M. (2005). *Kognitive Interviews*. ZUMA How-to-Reihe, Nr. 15. Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, Mannheim. [http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis\\_reihen/howto/How\\_to15PP\\_MR.pdf](http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/howto/How_to15PP_MR.pdf)
- Psillos, D., Niedderer, H. & Séré, M. G. (1998). *Effectiveness of Labwork as defined from case studies of different types of labwork*. In: Labwork in Science Education: Scientific Description of the project - Results and Methodology. Working paper from the European project Labwork in Science Education (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005). Universität Bremen.
- Reinmann-Rothmeier, G. (2003). *Didaktische Innovationen durch Blended Learning*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Ruickholdt, G. (1996). Ergebnisse einer Umfrage zum physikalischen Praktikum. *Physikalische Blätter*, 52(10): 1022-1024
- Sander, F. (2000). *Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum*. Berlin: Logos Verlag.
- Schmid-Lauff, S. (2004). Hochschuldidaktische Evaluationsforschung. Zielrichtungen eines Evaluationskonzepts von eLearning. In Meister, D., Tergan, S-O. & Zentel, P. (Hrsg.), *Evaluation von E-Learning*, 84-91. Münster: Waxmann.

- Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsformen auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text und Bildverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 46, 217-236.
- Schnotz, W., Molz, M. & Rinn, U. (2004). Didaktik, Instruktionsdesign und Konstruktivismus: Warum so viele Wege nicht nach Rom führen. In Rinn, U. & Meister, D. M. (Hrsg.), *Didaktik und neue Medien. Konzepte und Anwendungen in der Hochschule*. 123-146. Münster: Waxmann.
- Schulmeister, R. (2004). Didaktisches Design aus hochschuldidaktischer Sicht. Ein Plädoyer für offenes Lernen. In: Rinn, U. & Meister, D. M. (Hrsg.), *Didaktik und neue Medien. Konzepte und Anwendungen in der Hochschule*. 19-49. Münster: Waxmann.
- Schütze, F. (1978). *Die Technik des narrativen Interviews in Interaktionsfeldstudien - dargestellt an einem Projekt zur Erforschung von kommunalen Machtstrukturen*. 2. Auflage eines Manuskripts. Bielefeld.
- Schütze, F. (1983). Biographieforschung und narratives Interview. *Neue Praxis* 13, 283-293.
- Schütze, F. (1987). *Das narrative Interview in Interaktionsfeldstudien: erzähltheoretische Grundlagen*. Studienbrief der Fernuniversität Hagen. Hagen.
- Séré, M. G., Tiberghien, A., Paulsen, A. C., Leach, J., Niedderer, H., Psillos, D., Vicentini, M. (1998). *Labwork in Science Education - Executive Summary*. In: Working paper from the European project Labwork in Science Education (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005). Universität Bremen.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychologist Review*, 10, 251-296.
- Theyßen, H. (2000). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin*. Berlin: Logos Verlag.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Maréchal, F., & Buty, C. (1998). *Analysis of labwork sheets at upper secondary school and university level*. In: Labwork in Science Education: Scientific Description of the project - Results and Methodology. Working paper from the European project Labwork in Science Education (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005). Universität Bremen.
- TIMMS (1995): *Released Item Set for the Final Year of Secondary School, Physics*. <http://timss.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/CitemPhy.pdf>

- Weidenmann, B. (2001). Lernen mit Medien. In Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (4. Aufl.) (S. 415-465). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H. et. al. (1998). Ziele, die Lehrende mit experimentellem Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden - Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 29-44.
- Wittrock, M. C. (1990). Generative process of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 345-376.
- Zastrow, M. (2001). *Interaktive Experimentieranleitungen*. Berlin: Logos Verlag.

# A. Anhang

## A.1. eSkript SW - Schwingungen und Wellen

Hier wird als Beispiel für die Aufarbeitung der Vorbereitungsunterlagen zu den einzelnen Themengebieten das eSkript für den Kurstag „SW“ im Vorpraktikum für das Lehramt präsentiert.

**S/W**

Schwingungen und Wellen

Version vom 8. Juni 2009

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Gekoppelte Pendel</b>	<b>2</b>
1.1 Grundlagen	2
1.1.1 Begriffe	2
1.1.2 Schwingungen	2
1.1.3 Freie mechanische Schwingung	6
1.1.4 Gekoppelte Schwingungen	8
1.2 Aufgabenstellung	13
1.3 Versuchsaufbau und Durchführung	14
1.4 Hinweise zu Protokollierung und Fehlerrechnung	14
<b>2 Monochord</b>	<b>15</b>
2.1 Grundlagen	15
2.1.1 Begriffe	15
2.1.2 Schwebungen	15
2.1.3 Schwingungen und Wellen in Festkörpern	16
2.1.4 Schwingende Saite	17
2.1.5 Wellen	19
2.2 Aufgabenstellung	21
2.3 Versuchsaufbau und Durchführung	21
<b>3 Harmonische Analyse</b>	<b>23</b>
3.1 Grundlagen	23
3.1.1 Begriffe	23
3.1.2 Harmonische Analyse und Synthese	23
3.2 Aufgabenstellung	26
3.3 Versuchsaufbau und Durchführung	27

## Lehr/Lernziele

- Schwingungen und Wellen besser verstehen.
- Umgehen lernen mit der mathematischen Beschreibung für Schwingungen und Wellen.
- Eigenschaften schwingender Systeme verstehen, interpretieren und erklären können.
- Messtechniken für zeitlich periodische Vorgänge kennen lernen und üben.
- Mit Überlagerungsphänomenen (Schwebung) bei Schwingungen und Wellen experimentieren.
- Schallwellenschwebungen hören lernen.
- Grundlagen der Akustik wiederholen und vertiefen.
- Die Entstehung von Instrumentenklängen (Klangfarben) verstehen.

# 1 Gekoppelte Pendel

## 1.1 Grundlagen

### 1.1.1 Begriffe

Pendel, harmonische Schwingung, Amplitude, Kreisfrequenz, Phase, Schwingungsgleichungen, Eigenfrequenz, Überlagerung harmonischer Schwingungen, Schwebung

### 1.1.2 Schwingungen

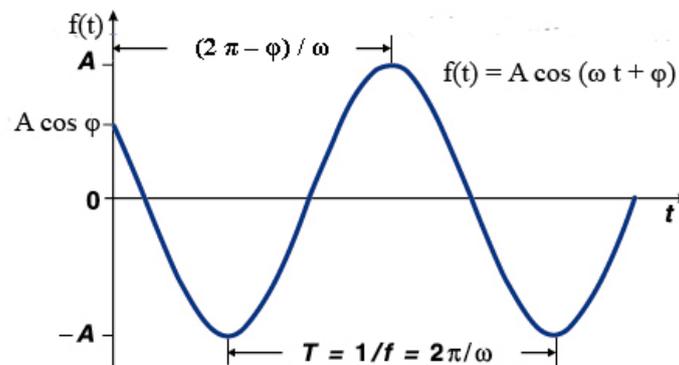


Abbildung 1: Funktionsgraph einer harmonischen Schwingung

Als *Schwingung* bezeichnet man eine zeitlich periodische Veränderung eines physikalischen Zustandes. Es gilt also  $f(t+T) = f(t)$ , wobei  $T$  Periodendauer oder Schwingungsdauer ist. Folgt die zeitlich periodische Veränderung einer Sinus- oder Cosinusfunktion, so nennt man sie eine *harmonische Schwingung*. Abbildung 1 zeigt den Funktionsgraphen einer solchen Schwingung.

$$f(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
$A$		Amplitude
$\omega$	$s^{-1}$	Kreisfrequenz
$\varphi$	$rad$	Phasenkonstante

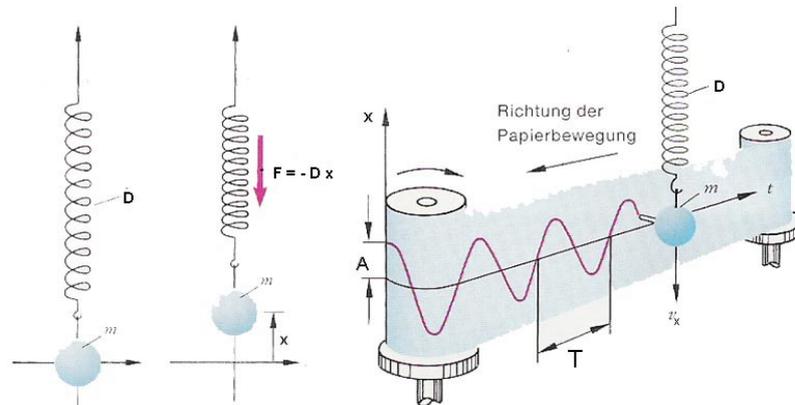


Abbildung 2: Schema eines Federpendels ©nach Seel, Physik 2, 1994

Das Argument der Winkelfunktion  $\omega t + \varphi$  wird auch als *Phase* bezeichnet. Die Phase bestimmt den momentanen Schwingungszustand.

Die *Phasenkonstante*  $\varphi$  beschreibt den Schwingungszustand zum Anfangszeitpunkt  $t=0$ . Wie man sich ausgehend von Abbildung 1 vorstellen kann, „verschiebt“ die Phasenkonstante eine Schwingungsfunktion entlang der  $t$ -Achse. Sie hat keine Auswirkung auf die Amplitude oder die Frequenz.

Als Beispiel einer harmonischen Schwingung der Mechanik kann man sich die periodische Bewegung eines Körpers der Masse  $m$  unter dem Einfluss einer Feder vorstellen: Die Feder übt auf die Masse eine, der Auslenkung  $x$  proportionale *rücktreibende Kraft* (od. *Rückstellkraft*)  $F = -D \cdot x$  aus. Diese Kraft ist gemäß dem 2. Newton'schen Axiom Ursache einer Beschleunigung  $F = m \cdot a = -D \cdot x$ . Der Zusammenhang ist in Abb. 2 illustriert.

Wirken auf dieses System keine weiteren Kräfte, so spricht man bei dieser Idealisierung von einer *freien Schwingung*:

### Freie Schwingung

Die Schwingung wird einmalig angeregt und verläuft dann ohne weitere äußere Anregungen, auch ohne Reibungskräfte. Man kann sie über die Summe aller auftretenden Kräfte beschreiben:

$$\underbrace{m \cdot a}_{\text{Trägheitskraft}} + \underbrace{D \cdot x}_{\text{Rückstellkraft}} = 0 \quad (2)$$

oder unter Berücksichtigung der kinematischen Zusammenhänge:

$$m \cdot \ddot{x} + D \cdot x = 0 \quad (3)$$

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
m	kg	(oszillierende) Masse
$a, \ddot{x}$	$m s^{-2}$	Beschleunigung
D	$kg s^{-2}$	Richtgröße
x	m	Ort (Momentanauslenkung)

Bei Gleichung 3 handelt es sich um eine lineare, homogene Differenzialgleichung 2. Ordnung. Mit der Lösung dieser Gleichung wollen wir uns später befassen. Vorerst beachten Sie bitte die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der verschiedenen Schwingungsarten und ihre mathematische Beschreibung. Die Richtgröße  $D$  ist eine Konstante und hängt von Systemeigenschaften ab (z.B. ist  $D$  bei einem Federpendel die Federkonstante)<sup>1</sup>.

### Gedämpfte Schwingung

Bei der gedämpften Schwingung treten Reibungskräfte auf. Dem System wird kontinuierlich Schwingungs-Energie entzogen. Als Beispiel wollen wir das Modell der Stokes'schen (oder viskosen) Reibung heranziehen, also eine von der Geschwindigkeit des reibenden Körpers abhängige Reibungskraft.

Man kann die gedämpfte Schwingung über die Summe aller auftretenden Kräfte beschreiben:

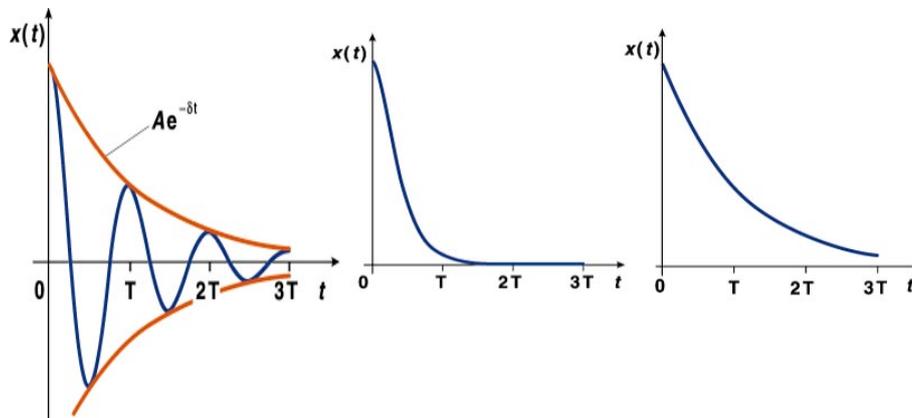
$$\underbrace{m \cdot a}_{\text{Trägheitskraft}} + \underbrace{b \cdot v}_{\text{Reibungskraft}} + \underbrace{D \cdot x}_{\text{Rückstellkraft}} = 0 \quad (4)$$

bzw.

$$m \cdot \ddot{x} + b \cdot \dot{x} + D \cdot x = 0 \quad (5)$$

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
m	kg	(oszillierende) Masse
$a, \ddot{x}$	$m s^{-2}$	Beschleunigung
b	$kg s^{-1}$	Dämpfungskonstante
$v, \dot{x}$	$m s^{-1}$	Geschwindigkeit
D	$kg s^{-2}$	Richtgröße
x	m	Ort (Momentanauslenkung)

<sup>1</sup>Die Richtgröße  $D$  wird in der Literatur auch oft als *Rückstellgröße* bezeichnet, da Sie multipliziert mit der Auslenkung des Systems eine zum Ausgangspunkt *rücktreibende Kraft* ergibt. In Zusammenhang mit Pendeln bzw. Rotationsschwingungen wird diese Größe auch oft als *Direktionsmoment* oder *Richtmoment* bezeichnet. In diesem Fall ergibt sie multipliziert mit dem Auslenkwinkel ein zum Ausgangspunkt rücktreibendes Drehmoment.



**Abbildung 3:** links: Schwingfall, mitte: aperiodischer Grenzfall; rechts: Kriechfall; ©nach Stöcker, Desk Top Physik, 1998

Auch hierbei handelt es sich um eine lineare, homogene Differentialgleichung 2. Ordnung. Die Lösung hängt von der Dämpfungskonstante ab. Man unterscheidet den (*schwach gedämpften*) *Schwingfall*, den *aperiodischen Grenzfall* und den *Kriechfall*. Diese Lösungen und deren Herleitung sind in vielen Standardlehrbüchern gut beschrieben. Abb. 3 veranschaulicht die drei Fälle: Im Schwingfall finden mehrere Schwingungen mit abnehmender Amplitude statt, während im aperiodischen Grenzfall eine vollständige Schwingung nicht mehr erkennbar ist. In diesem Fall kehrt das System auch am raschesten in die Auslenkung 0 zurück.

### Erzwungene Schwingung

Die erzwungene Schwingung wird von einer externen Kraft  $F_0$  angeregt, deren Betrag sich zeitlich periodisch ändert. Unterliegt sie keiner (oder unzureichender) Dämpfung, kann es in Abhängigkeit der Erregerfrequenz zur *Resonanzkatastrophe* kommen.

Man kann sie wieder über die Summe aller auftretenden Kräfte beschreiben:

$$\underbrace{m \cdot a}_{\text{Trägheitskraft}} + \underbrace{b \cdot v}_{\text{Reibungskraft}} + \underbrace{D \cdot x}_{\text{Rückstellkraft}} = \underbrace{F_0 \cdot \cos(\omega t)}_{\text{periodische externe Kraft}} \quad (6)$$

bzw.

$$m \cdot \ddot{x} + b \cdot \dot{x} + D \cdot x = F_0 \cdot \cos(\omega t) \quad (7)$$

Physikalisch kann man das System folgendermaßen beschreiben: Nach einem Einschwingvorgang wird sich eine Schwingung des Oszillators mit der Anregungsfrequenz  $\omega$  einstellen. Amplitude und Phasendifferenz zwischen Erregerschwingung und der Schwingung des erregten Systems hängen von der Anregungsfrequenz  $\omega$  und der Eigenfrequenz  $\omega_0$  des erregten Oszillators ab. Von diesen hängt auch ab, wie viel Schwingungs-Energie vom Erreger

aufgenommen werden kann. Entspricht die Erregerfrequenz  $\omega$  genau der Eigenfrequenz des erregten Systems  $\omega_0$ , so wird die meiste Energie aufgenommen. Kann diese nicht mehr ausreichend in Form von Reibung abgegeben werden, bzw. werden die äußeren Kräfte zu stark im Vergleich zu den Materialeigenschaften des erregten Oszillators, so kann dieser Schaden nehmen (=Resonanzkatastrophe).

### 1.1.3 Freie mechanische Schwingung

#### 1. Lineares Federpendel

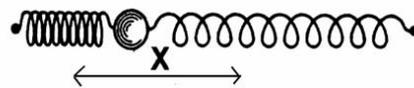


Abbildung 4: Federpendel

Die Schwingungsfunktion  
$$x(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$$
mit der Eigenfrequenz (Kreisfrequenz)  
$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

ist die Lösung der linearen, homogenen Differenzialgleichung 2. Ordnung, die bereits beschrieben wurde:

$$m \cdot \ddot{x} + D \cdot x = 0 \quad (8)$$

Das können Sie durch Einsetzen von  $x(t)$  und  $\ddot{x}(t)$  überprüfen.

Amplitude  $A$  und Phasenwinkel  $\varphi$  werden durch die Anfangsbedingungen bei  $t = 0$  festgelegt.

Oft wählt man bei Schwingungsexperimenten im Praktikum bei  $t = 0$  die maximale Auslenkung - also  $x_0 = A$ , sowie  $\varphi = 0$  und  $\dot{x}(0) = 0$ .

**Sehen Sie sich dazu das Applet des Federpendels auf der eLearning Seite des Anfängerpraktikums an.**

## 2. Ebenes physikalisches Pendel

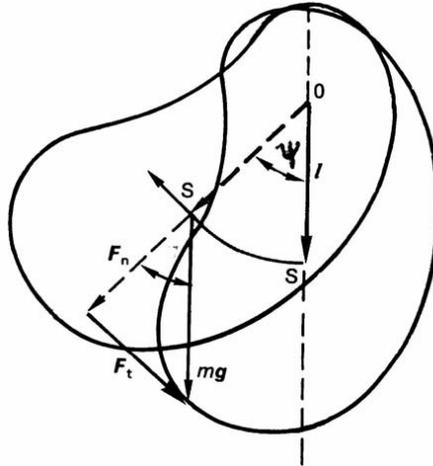


Abbildung 5: Ebenes physikalisches Pendel

Ein ebenes physikalisches Pendel unterscheidet sich von einem Fadenpendel dahingehend, dass seine Masse nicht in einem Punkt konzentriert ist und die Aufhängung nicht masselos ist, wie man aus Abb. 5 erkennen kann. Daher verwendet man die analogen Drehgrößen  $J$  (Trägheitsmoment bezüglich der Drehachse) und  $\psi$  (Auslenkwinkel).  $D$  ist hier die Winkelrichtgröße.

Die Schwingungsfunktion  
 $\psi(t) = \psi_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$   
 mit der Eigenfrequenz (Kreisfrequenz)  
 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{D}{J}} = \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot l}{J}}$

ist die Lösung der linearen, homogenen Differenzialgleichung 2. Ordnung, die analog zur jener des linearen Federpendels ist:

$$J \cdot \ddot{\psi} + D \cdot \psi = 0 \quad (9)$$

wobei  $m$  die Masse des Pendels und  $l$  der Abstand  $\overline{OS}$  Drehachse - Schwerpunkt ist (siehe Abb. 5).

Das können Sie durch Einsetzen von  $\psi(t)$  und  $\ddot{\psi}(t)$  überprüfen.

Amplitude  $\psi_0$  und Phasenwinkel  $\varphi$  werden durch die Anfangsbedingungen bei  $t = 0$  festgelegt.

Auch in diesem Fall wählt man bei Schwingungsexperimenten im Praktikum oft bei  $t = 0$  die maximale Auslenkung, sowie  $\varphi = 0$  und  $\dot{\psi}(0) = 0$ .

#### 1.1.4 Gekoppelte Schwingungen

Eine Art gegenseitig erzwungener Schwingungen findet man bei gekoppelten Schwingungssystemen, die periodisch ihre Schwingungsenergie austauschen. Im Fall gekoppelter Pendel hängt die rücktreibende Kraft außer von der Schwerkraft auch von der Kopplung ab. Bei den Pendeln im Praktikum (Abb. 6) ersetzt ein Kopplungsgewicht an einem Faden, angebracht bei der Kopplungslänge  $l$ , eine elastische Feder, bei der die Kraft proportional zur Dehnungslänge ist.

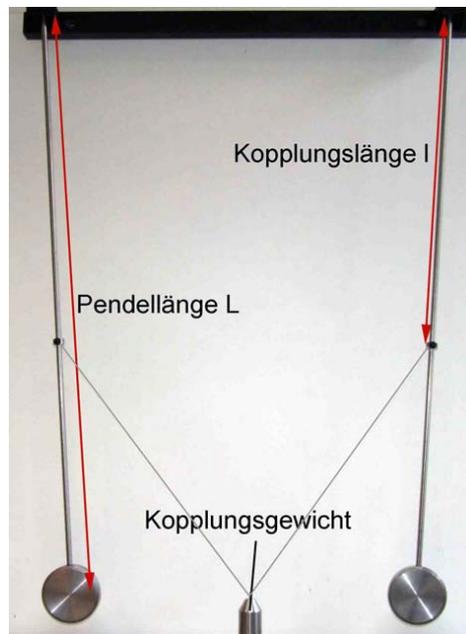


Abbildung 6: gekoppelte Pendel

Die Bewegung der beiden Pendel wird durch zwei gekoppelte Differentialgleichungen beschrieben (wobei das Reibungsglied vernachlässigt wird):

$$\underbrace{J \ddot{\psi}_1(t)}_{\text{Trägheitskraft 1}} = \underbrace{-D \psi_1(t)}_{\text{Rückstellkraft 1}} - \underbrace{D^* (\psi_1(t) - \psi_2(t))}_{\text{Kopplungskraft 1}} \quad (10)$$

$$\underbrace{J \ddot{\psi}_2(t)}_{\text{Trägheitskraft 2}} = \underbrace{-D \psi_2(t)}_{\text{Rückstellkraft 2}} - \underbrace{D^* (\psi_2(t) - \psi_1(t))}_{\text{Kopplungskraft 2}} \quad (11)$$

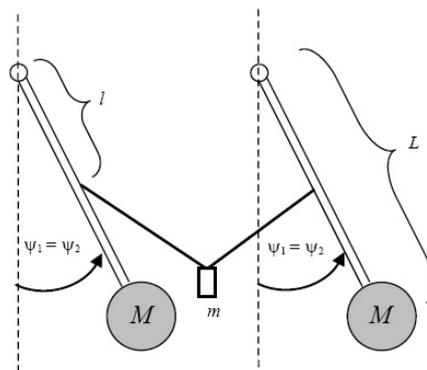
Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
J	$kg \ m^2$	Trägheitsmoment
$\psi_1, \psi_2$	$rad$	Winkel, Auslenkung
D	$kg \ m^2 \ s^{-2}$	Winkelrichtgröße
$D^*$	$kg \ m^2 \ s^{-2}$	Winkelrichtgröße der Kopplung

Ein System aus zwei gekoppelten Pendeln (Oszillatoren), wie hier beschrieben, besitzt zwei fundamentale Eigenschwingungen (Moden) und daher auch zwei Eigenfrequenzen  $\omega_0$  und  $\omega_1$ . Die Fundamentalschwingungen können durch spezielle Anfangsbedingungen (bei  $t_0$ ) angeregt werden:

1. **Gleichsinnige (gleichphasige) Schwingung:**

$$\psi_1(0) = \psi_2(0) = \psi_0 \quad \varphi_1 = \varphi_2 = 0 \quad (12)$$

Vgl. auch Abb. 7



**Abbildung 7:** Anfangsauslenkung gekoppelter Pendel bei gleichsinniger Schwingung

In das Gleichungssystem (Gleichungen 10 und 11) eingesetzt sieht man, dass der Einfluss der Kopplung verschwindet und wir für beide Pendel die Form der bekannten Schwingungsgleichung erhalten (siehe ebenes, physikalisches Pendel):

$$J\ddot{\psi}_1 + D\psi_1 = 0 \quad (13)$$

$$J\ddot{\psi}_2 + D\psi_2 = 0 \quad (14)$$

Die Lösung dieser freien, ungedämpften Schwingungen ergeben die Eigenfrequenz

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{D}{J}} \quad (15)$$

und die Amplitudenfunktionen

$$\psi_1(t) = \psi_2(t) = \psi_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t) \quad (16)$$

Sehen Sie sich dazu das Video der gleichsinnigen Schwingung auf der eLearning Seite des Anfängerpraktikums an.

## 2. Gegenseitige (gegenphasige) Schwingung

$$\psi_1(0) = -\psi_2(0) = \psi_0 \quad \varphi_1 = 0 \quad \varphi_2 = \pi \quad (17)$$

Vgl. auch Abb. 8

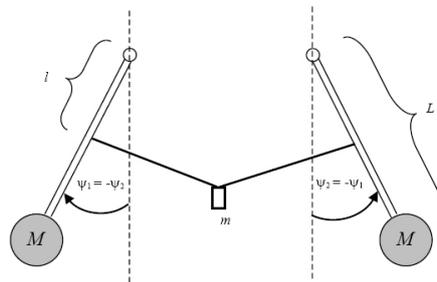


Abbildung 8: Anfangsauslenkung gekoppelter Pendel bei gegenseitiger Schwingung

In das Gleichungssystem (Gleichungen 10 und 11) eingesetzt ergibt sich :

$$J\ddot{\psi}_1 = -D\psi_1 - 2D^*\psi_1 \quad \text{bzw.} \quad J\ddot{\psi}_1 + (D + 2D^*)\psi_1 = 0 \quad (18)$$

$$J\ddot{\psi}_2 = -D\psi_2 - 2D^*\psi_2 \quad \text{bzw.} \quad J\ddot{\psi}_2 + (D + 2D^*)\psi_2 = 0 \quad (19)$$

die wiederum die Lösungen freier Schwingungen der Frequenz

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{D + 2D^*}{J}} \quad (20)$$

besitzen und folgende Amplitudenfunktionen aufweisen:

$$\psi_1(t) = \psi_0 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \quad (21)$$

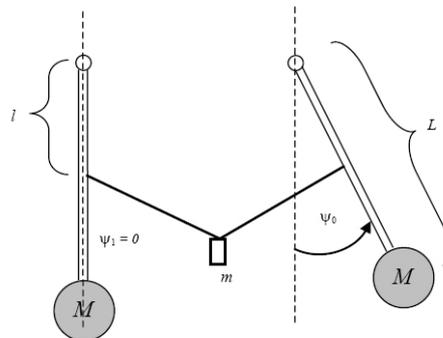
$$\psi_2(t) = -\psi_0 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) = \psi_0 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t + \pi) \quad (22)$$

**Sehen Sie sich dazu das Video der gegensinnigen Schwingung auf der eLearning Seite des Anfängerpraktikums an.**

Andere Anfangsbedingungen als diese zwei Spezialfälle führen zu Bewegungen, die aus den beiden fundamentalen Eigenschwingungen zusammengesetzt sind, sogenannte *Schwebungen*.

### 3. Schwebungsfall

Wir untersuchen jenen Fall, bei welchem ein Pendel zu Beginn maximal ausgelenkt wird, während das andere ruht (Vgl. auch Abb. 9). Dann kann man beobachten, wie die Schwingungsenergie periodisch von einem Pendel auf das andere übertragen wird.



**Abbildung 9:** Anfangsauslenkung gekoppelter Pendel bei Schwebung

Beschreiben lassen sich die Bewegungen der Pendel jeweils als Überlagerung der beiden Eigenschwingungen.

Die Anfangsbedingungen ( $\psi_1(0) = \psi_0$  und  $\psi_2(0) = 0$ ) sind erfüllt, wenn

$$\psi_1(t) = \frac{\psi_0}{2} \cdot (\cos(\omega_0 \cdot t) + \cos(\omega_1 \cdot t)) \quad (23)$$

und

$$\psi_2(t) = \frac{\psi_0}{2} \cdot (\cos(\omega_0 \cdot t) + \cos(\omega_1 \cdot t + \pi)) = \frac{\psi_0}{2} \cdot (\cos(\omega_0 \cdot t) - \cos(\omega_1 \cdot t)) \quad (24)$$

Nach Anwenden der Summensätze<sup>2</sup> und weiterer Umformungen<sup>3</sup> für Winkelfunktionen lauten die Schwingungsgleichungen der Pendel:

$$\psi_1(t) = \psi_0 \cdot \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_0}{2} \cdot t\right) \cdot \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_0}{2} \cdot t\right) \quad (25)$$

$$\psi_2(t) = \psi_0 \cdot \sin\left(\frac{\omega_1 - \omega_0}{2} \cdot t\right) \cdot \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_0}{2} \cdot t\right) \quad (26)$$

Die Pendel schwingen mit der Frequenz:

$$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} = \frac{\omega_1 + \omega_0}{2} \quad (27)$$

Das ist das arithmetische Mittel der beiden fundamentalen Eigenfrequenzen.

Die Faktoren  $\psi_0 \cdot \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_0}{2}\right)$  bzw.  $\psi_0 \cdot \sin\left(\frac{\omega_1 - \omega_0}{2}\right)$  beschreiben die zeitliche Änderung der Schwingungsamplituden. Misst man die *Schwebungsdauer*  $T_S$ , also jene Zeit zwischen zwei Stillständen ein und desselben Pendels, so ergibt sich als Kreisfrequenz der Amplitudenmodulationsfunktion:

$$\omega_S = \frac{\pi}{T_S} = \frac{\omega_1 - \omega_0}{2} \quad (28)$$

$$\left( \text{gesamte Periode} = 2 \text{ Schwebungsbäuche} = 2 \cdot T_S \quad \text{daher ist} \quad \omega_S = \frac{2\pi}{2T_S} \right)$$

**Sehen Sie sich dazu das Video der Schwebung und das Applet der gekoppelten Pendel auf der eLearning Seite des Anfängerpraktikums an.**

<sup>2</sup>  $\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2} \cdot \cos\frac{\alpha-\beta}{2}$

$\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\frac{\alpha+\beta}{2} \cdot \sin\frac{\alpha-\beta}{2}$

<sup>3</sup>  $\cos$  ist eine symmetrische Funktion:  $\cos(-\alpha) = \cos(\alpha)$

$\cos\left(\frac{\omega_0 - \omega_1}{2}\right) = \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_0}{2}\right)$

$\sin$  ist eine antisymmetrische Funktion:  $\sin(-\alpha) = -\sin(\alpha)$

$\sin\left(\frac{\omega_0 - \omega_1}{2}\right) = -\sin\left(\frac{\omega_1 - \omega_0}{2}\right)$

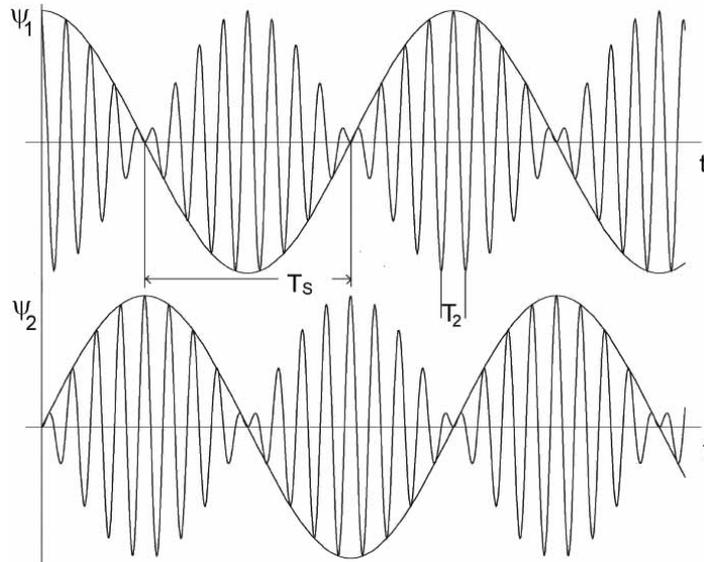


Abbildung 10: Schwebung gekoppelter Pendel

Als *Kopplungsgrad* definiert man die relative Winkelrichtgröße der Kopplung  $K$ , also jenen Anteil, den die Winkelrichtgröße auf Grund der Kopplung an der Summe aller Winkelrichtgrößen besitzt. Dieses lässt sich auch mit Hilfe der Schwingungsfrequenzen ausdrücken:

$$K = \frac{D^*}{D + D^*} = \frac{\omega_1^2 - \omega_0^2}{\omega_1^2 + \omega_0^2} = \frac{2 \cdot \omega_s \cdot \omega_2}{\omega_s^2 + \omega_2^2} \quad (29)$$

## 1.2 Aufgabenstellung

1. Untersuchen Sie die Schwingungsfälle bei gekoppelten Pendeln, indem Sie die Schwingungsfrequenzen der Pendel bei gleichsinniger und gegensinniger Schwingung bestimmen, sowie die Schwingungsfrequenz der Einzelpendel im Schwebungsfall und die Schwebungsfrequenz bestimmen.
2. Berechnen Sie mit Hilfe der Schwingungsfrequenzen den Kopplungsgrad (nach Gleichung 29) auf 2 verschiedene Arten.
3. Führen Sie das Experiment für zwei verschiedene Kopplungsgewichte durch.
4. Interpretieren Sie die Ergebnisse und diskutieren Sie die Fehler.

5. Legen Sie sich ein persönliches „Glossar“ zum Thema Schwingungen und Wellen an. Es soll für Sie eine Hilfe sein, jederzeit auf Wissen zu bestimmten Begriffen (wie z.B. Phase, Wellengleichung, Oberschwingung,...) zurückgreifen zu können. Das Glossar kann als Mischung zwischen Formel- und Vokabelheft verstanden werden.

### 1.3 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuchsaufbau ist am Arbeitsplatz wie in Abb. 6 vorgegeben. Der Betreuer teilt Ihnen die Kopplungslänge  $l$  mit und weist Ihnen die beiden Kopplungsgewichte zu. Die Bestimmung der Kreisfrequenzen  $\omega_0$ ,  $\omega_1$ ,  $\omega_S$  und  $\omega_2$  erfolgt mittels Messung der Schwingungsdauer mit einer Stoppuhr. Wie bereits in Praktikumseinheit M1 geübt, erstellen Sie eine angemessen große Messreihe, wobei Sie pro Messung nicht nur die Dauer einer Einzelschwingung, sondern mehrerer Schwingungen bestimmen. Wechseln Sie sich beim Messen mit dem Partner ab um auch eine mögliche personenbezogene Fehlerquelle zu berücksichtigen.

Besprechen Sie Ihre Ergebnisse mit dem Betreuer, um gegebenenfalls systematische Fehler zu entdecken.

### 1.4 Hinweise zu Protokollierung und Fehlerrechnung

Protokollieren Sie jede einzelne Messung und jeden Rechenschritt aus Gründen der Nachvollziehbarkeit. Vergessen Sie nicht, den Versuchsaufbau zu skizzieren und charakteristische Parameter, wie etwa Pendel- und Kopplungslänge oder Kopplungsgewicht zu notieren.

Gleiches gilt auch für die folgenden Experimente.

## 2 Monochord

### 2.1 Grundlagen

#### 2.1.1 Begriffe

Schwebung, transversale und longitudinale Wellen, stehende Wellen, Resonanz, Schall, Grundsicherungen und Obersicherungen

#### 2.1.2 Schwebungen

Schwebungen können im Allgemeinen durch Überlagerung (=Addition) zweier harmonischer Schwingungen oder Wellen mit verschiedenen Frequenzen hervorgerufen werden (wenn die Periodendauern  $T_1$  und  $T_2$  bzw. die Frequenzen  $\omega_1$  und  $\omega_2$  in einem rationalen Verhältnis zueinander stehen). Dann ist die Summenschwingung ebenfalls periodisch.

$$\psi_1 = \psi_{0,1} \cdot \sin(\omega_1 t + \varphi_1) \quad \psi_2 = \psi_{0,2} \cdot \sin(\omega_2 t + \varphi_2) \quad (30)$$

Für den Fall, dass sich die Frequenzen nur geringfügig unterscheiden und die Amplituden und Phasenlagen gleich sind, erhält man eine neue harmonische Schwingung  $\psi$ , die man als reine Schwebung bezeichnet:

$$\begin{aligned} &\text{wenn } \psi_{0,1} = \psi_{0,2} = \psi_0 \quad \text{und} \quad \varphi_1 = \varphi_2 = 0 \quad \text{dann ist} \\ \psi = \psi_1 + \psi_2 &= 2\psi_0 \cdot \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \cdot t\right) \cdot \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cdot t\right) \end{aligned} \quad (31)$$

Das ist eine harmonische Schwingung mit der Kreisfrequenz  $\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}\right)$ , deren Amplitude sich periodisch mit der Kreisfrequenz  $\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right)$  ändert (Amplitudenmodulation)<sup>4</sup>. Nur wenn die Amplituden gleich groß sind, können sich die beiden Schwingungen in den Schwebungsknoten exakt aufheben. Der zeitliche Abstand der Schwebungsknoten beträgt:

$$T_S = \frac{\pi}{\omega_1 - \omega_2} \quad (32)$$

In der Akustik, also bei Schallwellen, kann man eine Schwebung auch hören, vorausgesetzt die beiden Wellen erfüllen die oben genannten Bedingungen. In der Akustik entspricht

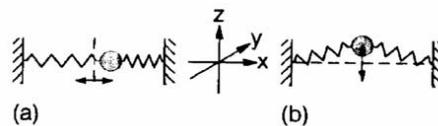
<sup>4</sup>Amplitudenmodulation ist ein Begriff, der am ehesten aus dem Bereich der Funkübertragung bekannt sein dürfte. Die Amplitude einer (elektromagnetischen) Trägerwelle (z.B. Mittelwelle-MW) wird mit der niederfrequenten Sprachfrequenz moduliert. Diese Modulation kann mit einem Empfänger/Verstärker/Lautsprecher - System (einem Radiogerät) hörbar gemacht werden.

die Frequenz der *Tonhöhe* und die Amplitude der *Lautstärke*. Schwebungen werden dazu benutzt die Tonhöhe von Instrumenten aufeinander abzustimmen - je geringer der Unterschied in der Tonhöhe, desto größer die Schwebungsdauer. Sind die Tonhöhen gleich, hört man keine Schwebungen mehr. Auch bei großen Frequenzunterschieden hört man keine Schwebungen ( $T_S \rightarrow 0$ ), sondern Dissonanzen oder Akkorde (in dem Fall nur aus 2 Tönen bestehend).

### 2.1.3 Schwingungen und Wellen in Festkörpern

Für das Verständnis von Schwingungen bzw. Wellen ausgedehnter deformierbarer Körper erweitert man das Modell von zwei gekoppelten Körpern auf eine größere Zahl gekoppelter Oszillatoren. Die Körper sollen alle die gleiche Masse  $m$  und in Ruhelage den gleichen Abstand  $l$  von einander haben. Die Kopplung an ihre Nachbarn soll für alle Körper gleich sein. Die Massen können entweder entlang ihrer Verbindungslinie schwingen (*longitudinal*) oder senkrecht dazu (*transversal*).

Ein elastisch gebundener Körper kann eine Longitudinalschwingung (in x-Richtung) und zwei unabhängige Transversalschwingungen (in y- und z-Richtung) ausführen, wie man in Abb. 11 erkennen kann. Diese, von einem schwingungsfähigen System ausführbaren Schwingungsarten nennt man auch *Eigenschwingungen* - sie schwingen mit ihrer *Eigenfrequenz*.



**Abbildung 11:** (a) longitudinale und (b) transversale Schwingungen des Einkörpersystems

Zwei elastisch gebundene Körper können bereits zwei longitudinale und vier (paarweise) transversale Schwingungen durchführen. Abb. 12 a) illustriert die beiden Möglichkeiten der longitudinalen Schwingungen: Entweder bewegen sich die beiden Massen 1 und 2 in jeweils die selbe x-Richtung, oder in entgegengesetzte x-Richtung (siehe gleichsinnige und gegensinnige Schwingung). Abb. 12 b) zeigt die zwei möglichen Schwingungsformen der transversalen Schwingung jeweils nur in z-Richtung. Diese sind natürlich auch in y-Richtung möglich.

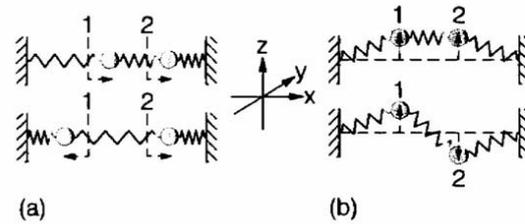


Abbildung 12: (a) longitudinale und (b) transversale Schwingungen des Zweikörpersystems

Abb. 13 zeigt die möglichen Schwingungen dreier elastisch gebundener Körper.

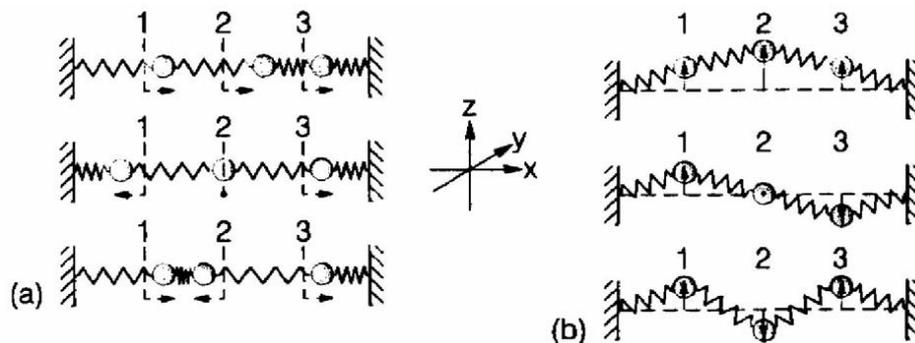


Abbildung 13: (a) longitudinale und (b) transversale Schwingungen des Dreikörpersystems

Ein elastisch gebundener Körper hat 3 Schwingungsmöglichkeiten, zwei elastisch gebundene Körper haben 6 Schwingungsmöglichkeiten. Wie viele Schwingungsmöglichkeiten (sowohl transversal als auch longitudinal) haben 3; 4 oder  $n$  elastisch gebundene Körper?

#### 2.1.4 Schwingende Saite

Eine Kette aus  $N$  Oszillatoren besitzt  $N$  longitudinale und  $2N$  transversale Eigenschwingungen. Lässt man die Zahl der Oszillatoren gegen unendlich gehen, so gelangt man zu einem linearen elastischen Kontinuum, einer *schwingenden Saite*. Diese hat folgende Charakteristiken:

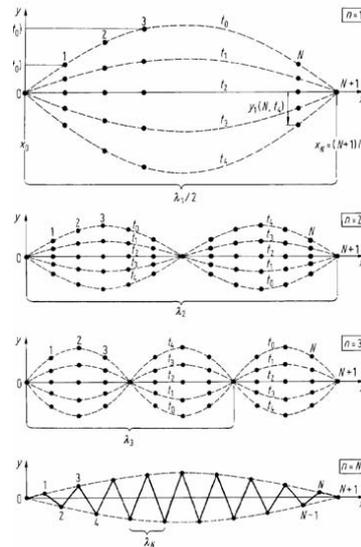


Abbildung 14: Transversale Eigenschwingungen einer Kette aus N Oszillatoren

- Die Schwingungen sind sinusförmig und es gibt unendlich viele Eigenschwingungen. Das gilt natürlich nur für ein wirkliches Kontinuum. Berücksichtigt man die atomare Struktur der Saite, dann ist die Zahl der Eigenschwingungen zwar endlich, aber sehr groß.
- Es gibt bei allen Eigenschwingungen ruhende Punkte, so genannte Knoten. Höhere Eigenschwingungen besitzen eine größere Knotenzahl: die  $n$ -te Eigenschwingung besitzt  $n+1$  Knoten.
- Die Frequenzen der Eigenschwingungen liegen umso höher je höher ihre Ordnung ist:

$$f_1 = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \quad f_n = \frac{n}{2l} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \quad (33)$$

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
f	Hz	Frequenz
n	1	Ordnung
l	m	Saitenlänge
$\sigma = \frac{F}{A}$	$kg \ s^{-2} \ m^{-1}$	Zugspannung
$\rho$	$kg \ m^{-3}$	Dichte

Wie man in der Formel leicht erkennen kann, sind die Oberschwingungen immer ganzzahlige Vielfache der Grundschwingung.

### 2.1.5 Wellen

Eine Welle ist eine zeitliche Zustandsänderung eines Systems, die sich räumlich ausbreitet.

Bewegt man etwa das Ende einer Saite in Form einer harmonischen Schwingung auf und ab, breitet sich längs der Saite eine sinusförmige Welle = harmonische Welle aus (Abb. 15 und 16).

Sehen Sie sich dazu die Applets *Stringwave* und *Welle* auf der eLearning Seite an.

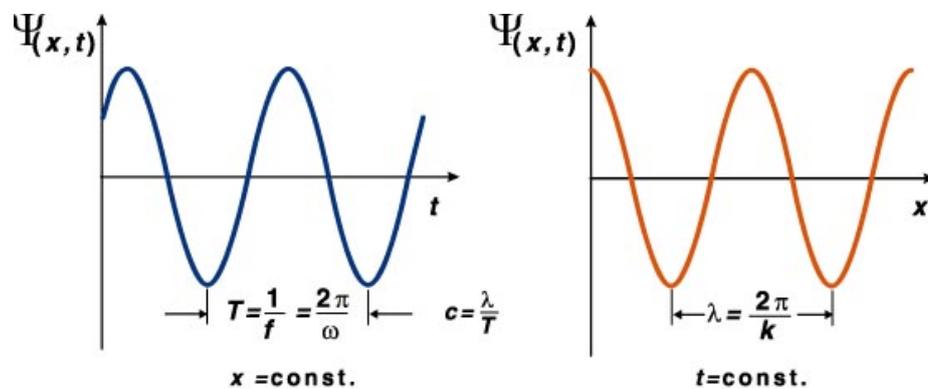
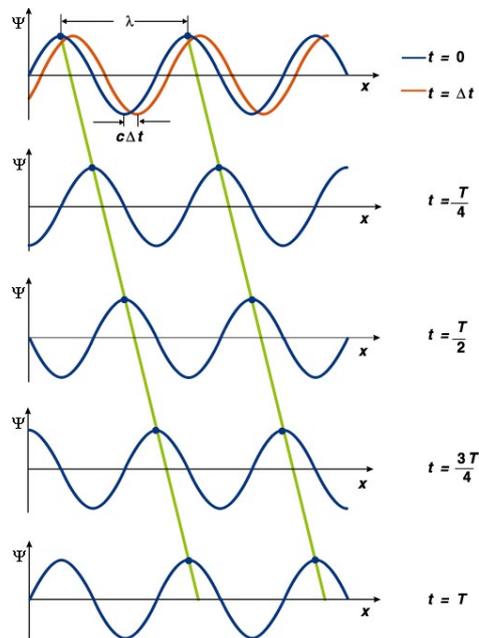


Abbildung 15: Zeitlicher und räumlicher Verlauf einer harmonischen Welle in einer Dimension



**Abbildung 16:** Räumliche Ausbreitung einer ebenen harmonischen Welle in einer Dimension in Abhängigkeit der Zeit

Die Funktion<sup>5</sup> für die Zustandsbeschreibung des Systems (in einer Dimension) lautet:

$$\psi(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \varphi) \quad (34)$$

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
A		Amplitude
$k = 2\pi/\lambda$	$m^{-1}$	Wellenzahl
$\omega = 2\pi/T$	$s^{-1}$	Kreisfrequenz
t	s	Zeit
$\varphi$	rad	Phasenkonstante
$\lambda$	m	Wellenlänge

Wenn sich Wellen nur in einem räumlich begrenzten Gebiet ausbreiten können, (eingespannte Saite) treten an beiden Enden Reflexionen auf. Dadurch kommt es zur Überlagerung der einlaufenden und reflektierten Wellen, die sich in entgegengesetzten Richtungen

<sup>5</sup>Diese Funktion ist Lösung einer Differenzialgleichung, welche die Bedingungen für eine Welle beschreibt - die *Wellengleichung*  $\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\psi(\vec{x}, t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi(\vec{x}, t)}{\partial t^2}$  oder in einer Dimension:  $\frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial t^2}$

bewegen. Bei den Frequenzen der Eigenschwingungen (Resonanzfrequenzen) bilden sich stationäre Schwingungsmuster aus - *stehende Wellen*.

**Sehen Sie sich dazu das Applet *stehende Transversalwelle* auf der eLearning Seite an.**

*Schallwellen* sind wellenförmige Fortpflanzungen von Druck- oder Dichteschwankungen in elastischen Medien wie Gasen, Flüssigkeiten oder Festkörpern. Schallwellen breiten sich als Longitudinalwellen aus. Harmonische Schallwellen werden durch Quellen erzeugt, die harmonische Schwingungen ausführen (Stimmgabeln, Lautsprecher). Die schwingende Quelle regt die umgebenden Luftmoleküle zu harmonischen Schwingungen um ihre Ruhelage an.

**Sehen Sie sich dazu die beiden Applets zum Thema „Wellen“ auf der eLearning Seite des Anfängerpraktikums an.**

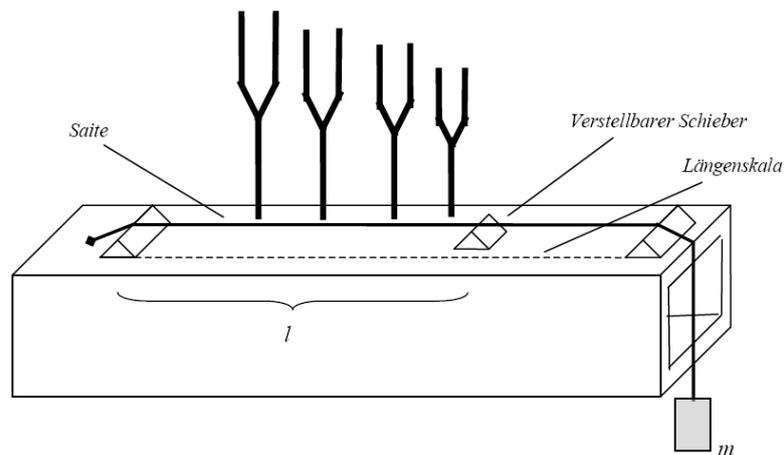
## 2.2 Aufgabenstellung

1. Stimmen Sie die Schwingungsfrequenz einer schwingenden Saite am Monochord unter Zuhilfenahme hörbarer Schwebungen auf die Frequenz einer schwingenden Stimmgabel ab.
2. Überprüfen Sie ob die Saite richtig gestimmt ist durch Sichtbarmachen der Resonanz der Saite beim Anschlagen der Stimmgabel mit Hilfe dünner Papierstreifen.
3. Berechnen Sie aus der Länge  $l$ , der Querschnittsfläche  $A$  und der Zugkraft  $F$  der Saite und ihrer Dichte  $\rho$  ihre Schwingungsfrequenz (und die der Stimmgabel).
4. Versuchen Sie durch leichtes Berühren an den richtigen Stellen der schwingenden Saite (z.B. beim Anstreichen mit dem Geigenbogen), Oberschwingungen anzuregen.
5. Führen Sie Ihr Glossar weiter.

## 2.3 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuchsaufbau ist am Arbeitsplatz vorgegeben. Wie in Abb. 17 dargestellt, besteht der Versuch aus einer Saite, die mittels eines Gewichtes gespannt wird und auf einem

Resonanzkörper aufliegt. Mit einem verschiebbaren Steg kann die Länge der Saite variiert werden, welche am Maßstab abzulesen ist. Auf dem Resonanzkörper sind 4 Stimmgabeln montiert.



**Abbildung 17:** Schematische Skizze zum Versuchsaufbau des Monochords

Stimmen Sie die Saite nach Gehör zu jener Stimmgabel mit dem tiefsten Ton, indem Sie versuchen, Schwebungen und deren Schwebungsfrequenz zu hören. Die 4 am Monochord montierten Stimmgabeln ergeben einen Dur-Dreiklang mit Octave, sodass die Stimmgabel mit dem höchsten Ton genau mit der doppelten Frequenz der tiefsten schwingt. Diese Tatsache können Sie später bei der Untersuchung der Oberschwingungen (Resonanz) nutzen. Ist der Ton der Saite zu leise, wenn sie gezupft wird, versuchen Sie sie mit dem Geigenbogen anzustreichen. Die Stimmgabel schlagen Sie mit dem Gummi-Klöppel an. Versuchen Sie bei beiden Oszillatoren dieselbe Amplitude (Lautstärke) einzustellen.

Für die Bestimmung der Zugkraft benötigen Sie die Querschnittsfläche der Saite. Den dazu notwendigen Radius bestimmen Sie mit einer Mikrometerschraube. Bedenken Sie, dass die Saite nicht überall den gleichen Durchmesser haben muss! Die an der Saite angehängte Masse ist am Arbeitsplatz angeschrieben, die Dichte der Saite beträgt:  $\rho_{\text{Saite}} = 8,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

Wenn Sie die Möglichkeit haben, versuchen Sie die Schwebung mit Hilfe einer computer-gestützten Messung sichtbar zu machen.

Besprechen Sie Ihre Ergebnisse mit dem Betreuer, um gegebenenfalls systematische Fehler zu entdecken.

## 3 Harmonische Analyse

### 3.1 Grundlagen

#### 3.1.1 Begriffe

Schall, Grundschwingungen und Oberschwingungen, Fourierreihe, Fouriertransformation, Frequenz-Spektrum, Fourieranalyse, Fouriersynthese

#### 3.1.2 Harmonische Analyse und Synthese

Als *Ton* wird vom Musiker die Schallempfindung, welche einer Note entspricht, bezeichnet. In der Terminologie der Physik (in der Akustik) wird dies als *Klang* bezeichnet. Ein (reiner) Ton in der Akustik ist eine sinusförmige Schallschwingung im Hörbereich. Die Klänge verschiedener Instrumente, so auch z.B. der unterschiedliche Klang der Vokale in der menschlichen Aussprache, sind das Ergebnis nicht sinusförmiger Schallwellen! Die unterschiedlichen Schwingungsformen machen den hörbaren Unterschied im Klang aus<sup>6</sup>. *Versuchen Sie einmal alle Vokale hintereinander zu sagen, ohne dabei den Luftstrom durch ihre Stimmbänder zu verändern - was fällt Ihnen dabei auf?*

Wie bereits bei der schwingenden Saite kennengerlernt, können schwingungsfähige Systeme Grundschwingungen und zahlreiche Oberschwingungen ausführen. Instrumente (auch unsere stimmgebenden Organe) sind so gebaut, dass - wenn man sie anspielt - sich zusätzlich zur Grundschwingung (sie bestimmt die Tonhöhe) einige wenige bis sehr viele Oberschwingungen in unterschiedlicher relativer Intensität einstellen. Gemäß dem Superpositionsprinzip addieren sich diese Schwingungen auf und erzeugen eine neue periodische Schwingung. Diese ist es, welche die Luftmoleküle zum Schwingen bringen und die Schallwellen erzeugen, die wir mit unseren Ohren aufnehmen können.

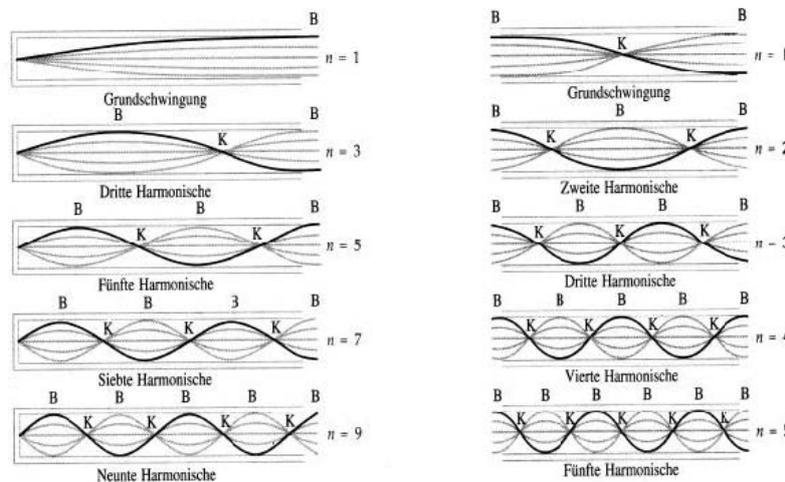
Die Eigenschwingungen (= Grundschwingung und Oberschwingungen) werden auch *Harmonische* genannt:

Grundschwingung	$f_1$	1. Harmonische
1. Oberschwingung	$f_2 = 2f_1$	2. Harmonische
2. Oberschwingung	$f_3 = 3f_1$	3. Harmonische
3. Oberschwingung	$f_4 = 4f_1$	4. Harmonische

usw.

<sup>6</sup>Nicht nur die charakteristische Schwingungsform alleine, sondern auch der Einschwingvorgang des angespielten Instruments trägt zur Schallempfindung bei. Wir wollen uns aber hier nur mit Ersterem beschäftigen.

Manche Instrumente lassen nur ungerade Harmonische entstehen - z.B. die einseitig geschlossene Orgelpfeife, wie man in Abb. 18 erkennen kann. Das hängt stark von der Bauart ab, welche die Randbedingungen für die Entstehung der Eigenschwingungen festlegt. *Wie ändert sich der Ton einer Orgelpfeife, wenn man ihre Oberseite verschließt?* Manche Instrumente haben eine so komplexe Bauart, dass sich nicht nur ganzzahlige Vielfache der 1. Harmonischen (Grundschiwingung) im Spektrum finden. Es klingen Terzen oder andere musikalische Intervalle mit (z.B. bei Kirchenglocke, Geige, Klarinette,...).



**Abbildung 18:** Illustration der Ausbildung von Harmonischen in röhrenförmigen Instrumenten

Sehen Sie sich hierzu das Applet *stehende Longitudinalwelle* auf der eLearning Seite an.

Natürlich gibt es auch hierzu wieder einen mathematischen Algorithmus, der imstande ist, eine periodische Schwingung mit der Periodendauer  $T$  als Summe einzelner harmonischer Schwingungen unterschiedlicher Amplitude und  $n$ -facher Frequenz der Grundschwingung darzustellen. In der Mathematik wird ein derartiger Algorithmus als *Reihenentwicklung* bezeichnet - daher auch die Bezeichnung *Fourierreihe*. Wird eine Funktion in ihre Harmonischen aufgeteilt, spricht man von der *Fourieranalyse* oder von der *harmonischen Analyse*. Wird umgekehrt jedoch eine Funktion aus der Summe einzelner Harmonischer erzeugt, spricht man von der *Fouriersynthese* oder von der *harmonischen Synthese*<sup>7</sup> (Siehe Abb. 19).

<sup>7</sup>Das ist auch die Funktionsweise eines Synthesizers in elektronischen Instrumenten wie etwa dem Keyboard.

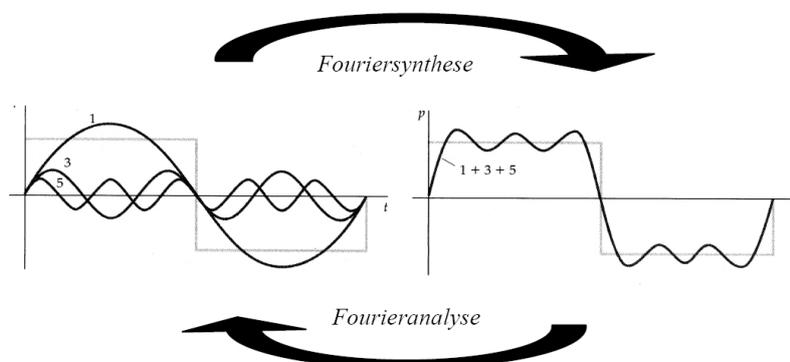


Abbildung 19: Fouriersynthese - Fourieranalyse

Die Fourierreihe für Funktionen  $\psi(t)$  mit der Periode  $T$  lautet:

$$\psi(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{n \cdot 2\pi}{T} t\right) + b_n \sin\left(\frac{n \cdot 2\pi}{T} t\right) \quad (35)$$

Die Koeffizienten sind bestimmt durch:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} \psi(t) dt \quad (36)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} \psi(t) \cos\left(\frac{n \cdot 2\pi}{T} t\right) dt \quad (37)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} \psi(t) \sin\left(\frac{n \cdot 2\pi}{T} t\right) dt \quad (38)$$

Die Fourierreihe kann aber auch so umgeformt werden, dass pro Harmonischer (also pro Summenterm) nur eine Fourierkomponente dargestellt wird (entweder sin oder cos).

$$\psi(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos\left(\frac{n \cdot 2\pi}{T} t + \varphi_n\right) \quad (39)$$

Trägt man nun die  $A_n$  Amplituden der einzelnen Harmonischen gegen  $f$  ( $f = 1/T$ ) - ihre Frequenz in Hz - auf, so spricht man von *spektraler Darstellung* der Fourierreihe bzw. *Frequenzspektrum* (oder auch: Amplitudenspektrum, Fourierspektrum). Eine Illustration dieses Vorganges bietet Abb. 20.

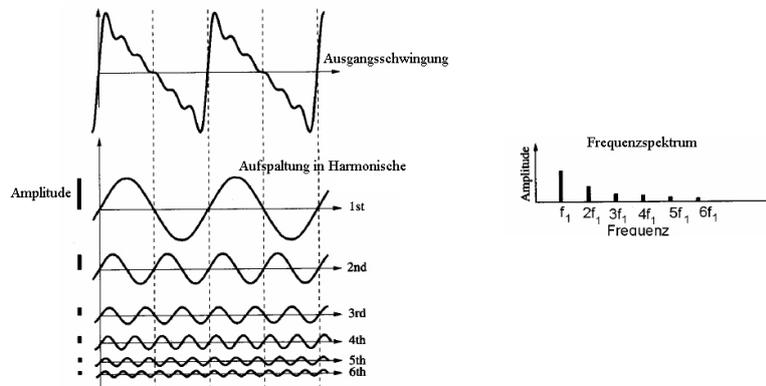


Abbildung 20: Fourieranalyse - graphisches Schema

Der Algorithmus, den viele Computerprogramme benutzen, ist jedoch ein anderer: Die *Fouriertransformation* bzw. das numerische Näherungsverfahren *Fast-Fourier-Transformation* (kurz: FFT). Die Fouriertransformation gestattet auch die Spektraldarstellung von nicht periodischen Funktionen (z.B. Geräusche oder kurze Impulse).

### 3.2 Aufgabenstellung

Für dieses Experiment ist es ratsam, pro Gruppe ein Instrument mitzubringen - Sprechen Sie sich vorher ab, damit nicht jede Gruppe das gleiche Instrument mitnimmt. Besonders geeignet sind Blech- und Holzblasinstrumente. Falls zu wenige oder gar keine Instrumente für die Analyse zur Verfügung stehen, wenden Sie sich bitte rechtzeitig an Ihren Betreuer. Entweder werden Ihnen Instrumente zur Verfügung gestellt, oder Sie werden angewiesen, die Vokale der menschlichen Sprache zu untersuchen.

1. Zeichnen Sie die Schallschwingung einer Stimmgabel mit Hilfe computergestützter Messwerterfassung auf. Wenden Sie dabei eine Fouriertransformation an und stellen Sie die den Klang der Stimmgabel im Frequenzspektrum dar.
2. Bestimmen Sie die Tonhöhe der Stimmgabel aus der Spektraldarstellung.
3. Analysieren Sie das aufgezeichnete Spektrum, indem Sie ein eigenes Diagramm dafür anfertigen in welchem die Intensitäten aller Oberschwingungen relativ zur Grundschwingung angeben, und die Frequenzverhältnisse der Oberschwingungen auf ihre Ganzzahligkeit überprüft werden.
4. Wiederholen Sie die ersten 3 Schritte für die Schallschwingung von mindestens einem Instrument.

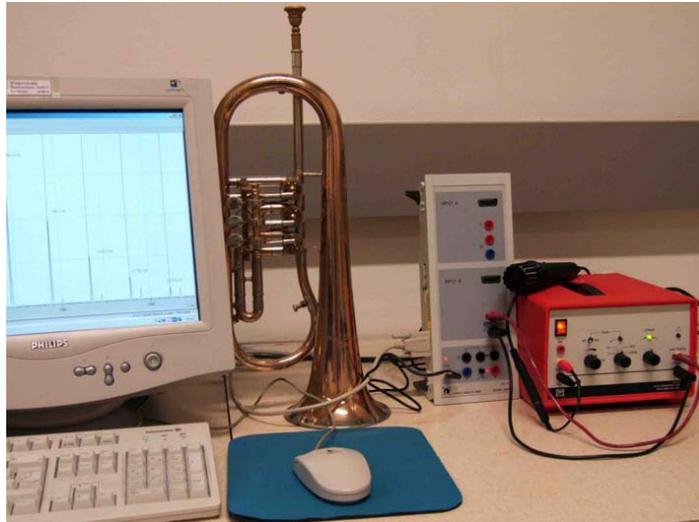


Abbildung 21: Versuchsaufbau zur Harmonischen Analyse

5. Führen Sie Ihr Glossar fort.

### 3.3 Versuchsaufbau und Durchführung

Nehmen Sie den Klang der Stimmgabel bzw. des Instruments oder Ihrer Stimme so auf, indem Sie die Schallschwingungen mit Hilfe eines induktiven Mikrofons in elektrische Schwingungen umwandeln. Dieses Signal verstärken Sie mit einem Operationsverstärker. Wird der Verstärker laut Abb. 21 verwendet, so verstärken Sie zuerst 100-fach und stellen den Feinregler weit nach oben. Sollte das für ein Spannungssignal ausreichender Größe zu wenig sein, regeln Sie den Verstärker hoch. Gegebenenfalls muss dieser je nach Lautstärke des Instruments nachjustiert werden. Achten Sie dabei jedoch darauf, das Signal nicht zu übersteuern (rote Diode leuchtet auf). Um Gleichspannungsanteile aus dem Signal zu entfernen, justieren Sie den entsprechenden Regler, bis die grüne Diode aufleuchtet.

Nehmen Sie das nun verstärkte Spannungssignal mit einem *Sensor-Cassy* und der Software *Cassy-Lab* auf. Dazu müssen Sie eine Spannungsmessung einrichten. Achten Sie bei der Einstellung von Messbereich und Messmethode auf die richtige Wahl! Lassen Sie den Computer von dem nun eingerichteten Spannungs-Signal eine Fast-Fourier-Transformation (in einer neuen Variable) durchführen. Wählen Sie als Darstellung das „Frequenzspektrum“. Bei den Messparametern empfiehlt sich eine wiederholende Messung über einen Zeitraum von 200 ms mit einem Messreihenumfang von 2000 Messpunkten (bei einem Messintervall von 100  $\mu$ s). So können Sie, während Sie das Instrument spielen, die Ergebnisse bereits am Bildschirm sehen. Sehen Sie eine gelungene Messung am Schirm, beenden Sie mit F9

die Messung.

Die am Spektrum aufgezeichneten Ausschläge nennt man *Peaks*.

Mit der Funktion *Peakschwerpunkt berechnen* können Sie die exakte Lage des Peaks bestimmen.

Interpretieren Sie Ihre Ergebnisse! Worin besteht der Klang-Unterschied der untersuchten Stimmen oder Instrumente?

## A.2. Pretest und Posttest aus der kriterienbasierten Evaluation

Das im folgenden angeführte Testmanual wurde sowohl als Pre-, als auch als Posttest verwendet.

## PreTest WS 2007, Vorpraktikum LA Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und kognitive Leistung

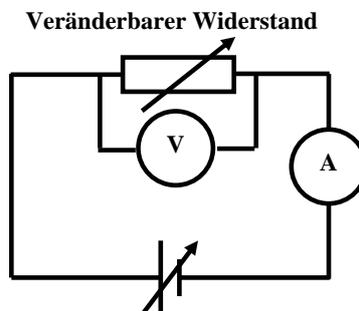
**--DIESER TEST WIRD NICHT BENOTET! --**

Der vorliegende Test dient der Evaluation der eLearning-Umgebung und wird nicht benotet. Durch den Codenamen können wir Ihre Angaben in den nächsten 2 Semestern weiteren Befragungsdaten zuordnen, wobei wir absolute Anonymität garantieren.

**Codename:** \_\_\_\_\_

Bitte verwenden Sie folgende Kombination: die ersten beiden Buchstaben im Vornamen Ihrer Mutter – die letzten beiden Buchstaben im Vornamen Ihres Vaters – die Tageszahl ihres Geburtsdatums.

1. Wie lautet der Name des Geräts, mit dem man die Frequenz von Wechselfspannung misst? Nur ein Gerät ist richtig.
  - a. Potentiometer
  - b. Densitometer
  - c. Amperemeter
  - d. Ohmmeter
  - e. Oszilloskop
  - f. Stromzähler
2. Die Abbildung zeigt einen Stromkreis mit einem Voltmeter und einem Amperemeter. Um die Vermutung zu überprüfen, dass bei höherer Spannung mehr Strom fließt, muss man bestimmte Werte für eine Messung fest einstellen, andere Einstellungen verändern und bestimmte Messinstrumente ablesen. Was muss man fest einstellen, was verändern und was ablesen?



**Veränderbare Spannungsquelle**

3. Damit man bei Physikexperimenten verwertbare Ergebnisse erzielt, muss man natürlich mit Messgeräten umgehen können. Um Spannung und Stromstärke in einem Stromkreis messen zu können, benutzt man für die Spannung ein Voltmeter und für die Stromstärke ein Amperemeter.

Erinnern Sie sich, wie man die beiden Geräte in den Stromkreis einbauen muss, damit sie korrekte Werte anzeigen? Kreuzen Sie bitte die richtigen Antworten an!

	Voltmeter	Amperemeter
parallel zum Widerstand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vor den Widerstand (in Serie)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hinter den Widerstand (in Serie)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
parallel zur Spannungsquelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Mit einem physikalischen Experiment wird immer eine Vermutung überprüft. Eine Vermutung hat immer die Form: wenn..., dann...

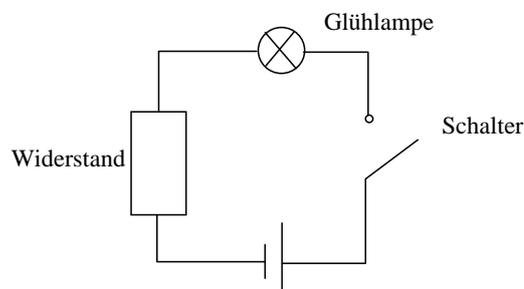
Sowohl der Teil nach dem „wenn“ als auch der Teil nach dem „dann“ sind dabei messbar. Man kann dann im Experiment entscheiden, ob der jeweilige Teil zutrifft.

Zum Beispiel: Wenn die Spannung vergrößert wird, dann vergrößert sich die Stromstärke bei konstantem Widerstand im gleichen Maße.

Geben Sie zwei andere Vermutungen wieder, die man (im Unterricht) mit einem Experiment überprüfen kann.

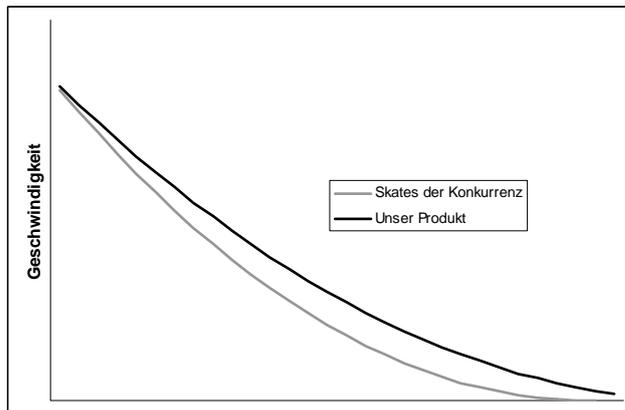
5. Echte Stromkreise zeichnen sich meist durch ein Gewirr von Kabeln und einzelnen Bauelementen aus. In der Physik und der Technik werden Stromkreise nicht realistisch abgebildet sondern als Schaltskizze. Diese muss man natürlich lesen können, das heißt, man muss sie wieder in reale Elemente übersetzen können.

In der unten abgebildeten Schaltskizze sind alle Teile bis auf eine beschriftet. Ergänzen Sie bitte die fehlende Beschriftung an dem Element!



6. Zwei Freundinnen diskutieren darüber, welche Inline-Skates die besseren Eigenschaften haben. Der wesentliche Unterschied ihrer Skates besteht in der Lagerung der Rollen. Eine der beiden zieht ein Diagramm aus ihrer Tasche und sagt: „Das ist sogar wissenschaftlich nachgewiesen, dass meine Skates besser sind!“ Ihre Freundin entgegnet: „Das ist doch bloß der Werbeprospekt, der beweist gar nichts!“

Betrachten Sie bitte das Diagramm. Was unterscheidet dieses Diagramm von einem, wie Sie es aus dem Physikunterricht kennen? Korrigieren Sie es bitte, indem Sie fehlende Elemente eintragen oder sie als Stichwort nennen!



7. Sie haben in einer Gruppenarbeit Experimente zum Ohmschen Widerstand durchgeführt. Dabei sind bei 3 verschiedenen Widerständen Spannung und Stromstärke gemessen und nach  $R = U/I$  der Widerstand ermittelt worden. Die Lehrerin oder der Lehrer sammelt die Ergebnisse in der folgenden Tabelle:

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Widerstand 1	11 $\Omega$	10 $\Omega$	10 $\Omega$	4 $\Omega$
Widerstand 2	20 $\Omega$	22 $\Omega$	21 $\Omega$	12 $\Omega$
Widerstand 3	0,9 $\Omega$	1 $\Omega$	0,9 $\Omega$	100 $\Omega$

Beurteilen Sie bitte die Qualität der Messung! Welche Feststellung ist richtig?

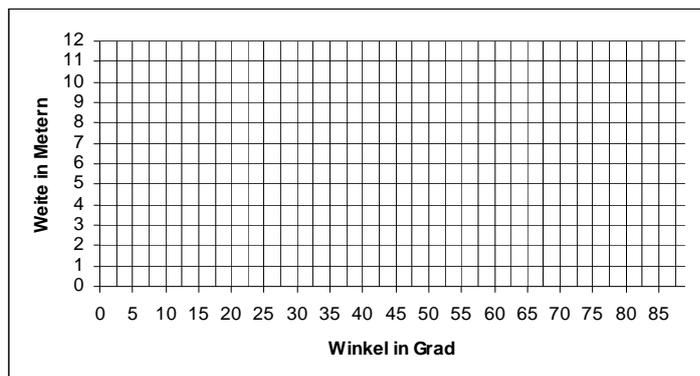
- Die Gruppen haben völlig verschiedene Ergebnisse, so dass man keine Aussage machen kann.
- Beim 1. und 3. Widerstand haben jeweils zwei Gruppen das gleiche Ergebnis. Das sind die einzigen Ergebnisse, die man gebrauchen kann.
- Gruppe 4 scheint einen systematischen Fehler gemacht zu haben, die anderen Unterschiede entstehen durch Messfehler und Rundungsunterschiede.
- Die Gruppe, die am dichtesten am Mittelwert ist, hat das richtige Ergebnis. Die anderen haben falsch gemessen.
- Die letzte Gruppe hat mit ihrer Messung gezeigt, dass der Zusammenhang  $R=U/I$  nicht immer gilt.
- Die Ergebnisse zeigen den proportionalen Zusammenhang zwischen dem Widerstand und den Gruppen.

8. In der Natur gefundene Vorgänge können in der Physik oft gleich beschrieben werden: Betrachtet man einen Pfeil, der von einem Bogen abgeschossen wird, einen Fußball, der geschossen wird oder den Wurf eines Dartpfeiles, bleibt letzten Endes ein schiefer Wurf als dahinterliegendes Prinzip übrig. Durch ein Experiment mit diesen Gegenständen erhält man z.B. Daten wie in der untenstehenden Tabelle. In diesen Daten stecken Informationen darüber, was gemessen wurde und wie die Daten zusammenhängen.

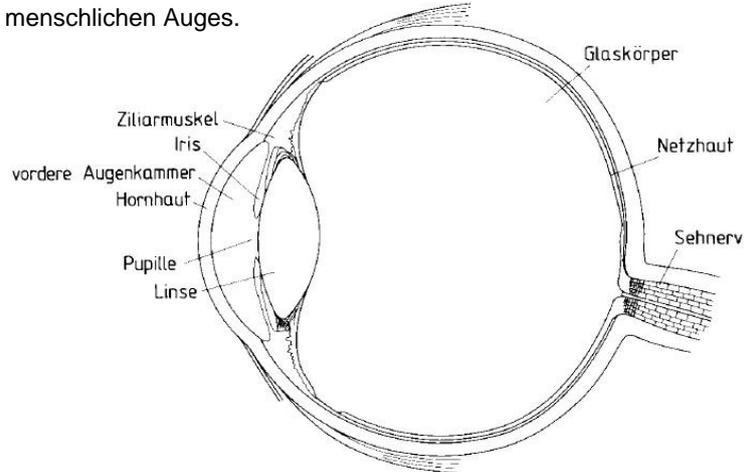
- (1) Stellen Sie bitte in einer Skizze dar, wie ein Versuch ausgesehen haben könnte, bei dem diese Daten erzeugt wurden oder beschreiben Sie ihn.
- (2) Tragen Sie die Daten in ein Koordinatensystem ein, in dem der Zusammenhang zwischen dem Winkel und der Weite deutlich wird!

Winkel in °	Weite in m
10	3,49
20	6,55
30	8,83
40	10,04
50	10,04
60	8,83
70	6,55
80	3,49
90	0,00

Versuchsskizze / Beschreibung:



9. In einem Lehrbuch findet sich die unten abgebildete schematische Zeichnung des menschlichen Auges.

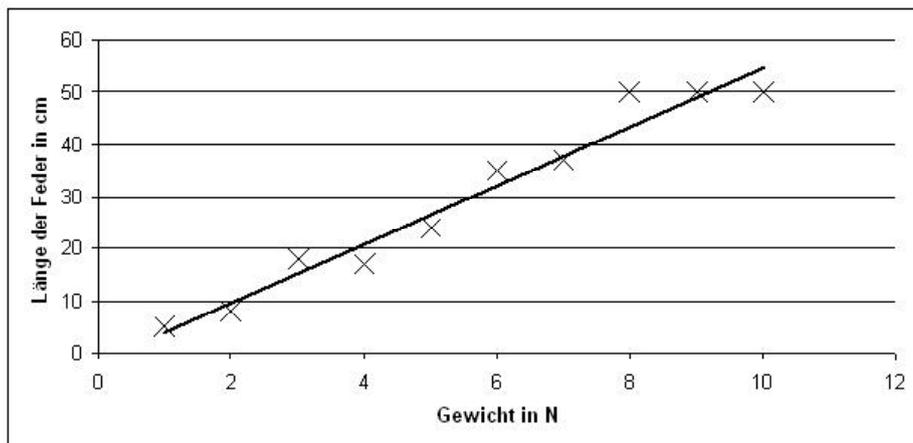


Diese Darstellung enthält viele detaillierte Informationen. Welche benötigt man für die physikalische Beschreibung des Sehvorgangs?

10. Im Lokalteil einer Zeitung wird über die Projektwoche einer Schule berichtet. Schülerinnen und Schüler einer 9. Klasse haben die Ausdehnung von Federn in Abhängigkeit von einem daran hängenden Gewicht untersucht. In dem Artikel ist sehr ausführlich geschildert, dass alle sehr viel Spaß hatten und viel gelernt haben. Es sind die Namen der beteiligten Schülerinnen und Schüler sowie ihrer Lehrerin genannt, aber: Es ist nicht genau beschrieben, wie das Projekt aufgebaut war.

Das untenstehende Diagramm ist Teil des Artikels.

Wie wurde das Experiment durchgeführt und was wurde, wenn man die Grafik betrachtet, herausgefunden?



11. Zwei Schülergruppen machen im Experiment mit einem Fadenpendel zwei völlig verschiedene Beobachtungen: Einmal wird beobachtet, dass das Pendel bis zur Ausgangslage zurückschwingt, die andere Gruppe beobachtet, dass das Pendel nicht wieder zur Ausgangslage zurückschwingt.

Was können die Gruppen im Sinne physikalischer Methoden machen, um zu besseren Ergebnissen zu kommen? Kreuzen Sie bitte eine Alternative an!

- a. Den Mittelwert der beiden Werte bilden.
- b. Den niedrigeren Wert nehmen, weil der höhere nicht sein kann.
- c. Den höheren Wert nehmen, vermutlich hat man dem Pendel einen leichten Schubs beim Loslassen gegeben.
- d. So lange den Versuch wiederholen, bis der Ausgangspunkt exakt getroffen wird.
- e. Den Versuch mehrfach wiederholen und dann den Mittelwert bilden.
- f. Den Versuch noch einmal machen und besser aufpassen beim Messen.

12. Wie Sie vielleicht aus Ihrem Physikunterricht wissen, hängt der elektrische Widerstand eines Drahtes von den folgenden Eigenschaften ab: Länge, Durchmesser, Temperatur und Material.

In einem Experiment soll festgestellt werden, ob sich der Widerstand verschiedener Materialien bei unterschiedlichen Spannungen tatsächlich nach dem Ohmschen Gesetz  $U = R \cdot I$  verhält.

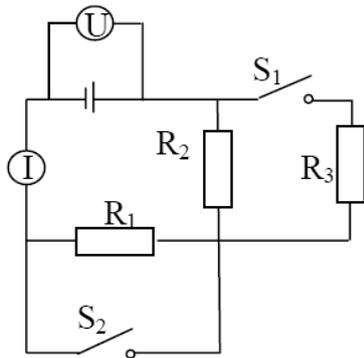
Worauf muss beim Experimentieren geachtet werden, damit man die einzelnen Messungen mit dem Ohmschen Gesetz interpretieren kann?

- a. Die Spannung darf nicht geändert werden. Nur die Stromstärke wird verändert.
- b. Länge und Durchmesser des Drahtes müssen bei allen Versuchen gleich bleiben.
- c. Es darf nur eine Materialart verwendet werden.
- d. Es muss sehr präzise gemessen werden, da Drähte dünn sind.
- e. Die Temperatur darf während der Versuche nicht geändert werden.
- f. Die Stromstärke muss in allen Versuchen dieselbe sein.

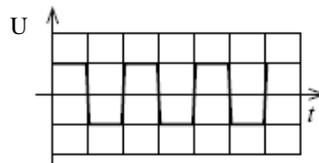
13. Wenn ein kleines Volumen von Wasser zum Kochen gebracht wird, entsteht ein großes Volumen von Wasserdampf. Warum ist das so?

- a. Die Moleküle haben im Wasserdampf einen größeren Abstand als im Wasser.
- b. Wassermoleküle dehnen sich bei Erwärmung aus.
- c. Die Änderung von Wasser zu Dampf lässt die Anzahl der Moleküle zunehmen.
- d. Der Atmosphärendruck wirkt stärker auf Wassermoleküle als auf Dampfmoleküle.
- e. Wassermoleküle stoßen einander ab, wenn sie erwärmt werden.

14. Im Bild unten sehen Sie einen Stromkreis mit drei verschiedenen Widerständen ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) und zwei Schaltern ( $S_1$ ,  $S_2$ ). Entwerfen Sie bitte einen Versuchsplan, in dem Sie beschreiben, wie Sie durch (mehrmaliges) Öffnen und Schließen der Schalter die Größe des Widerstandes  $R_1$  bestimmen können! (Möglicherweise hilft es Ihnen, wenn Sie den Stromkreis in eine vertrautere Form bringen, in der Parallel- und Reihenschaltungen einfacher zu erkennen sind.)

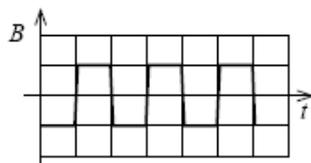


15. Eine Spule befindet sich in einem veränderlichen Magnetfeld  $B$ . Dieses verursacht in der Spule eine Induktionsspannung  $U$  die im folgenden Spannungs-Zeit-Diagramm ( $U$ - $t$ -Diagramm) dargestellt ist:

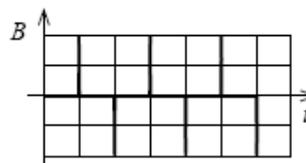


Welches der folgenden Diagramme zeigt am besten die zeitliche Veränderung des Magnetfelds?

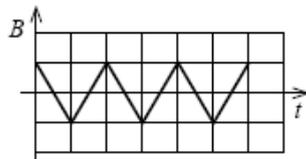
A.



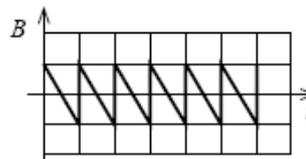
B.



C.

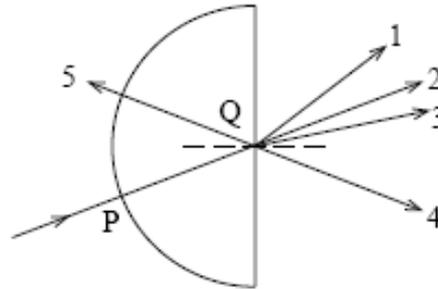


D.



16. Ein Lichtstrahl durchläuft von P nach Q einen halbkreisförmigen Glaskörper, der von Luft umgeben ist.

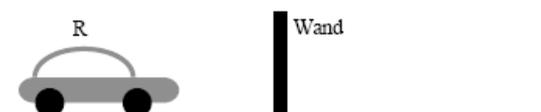
In welche Richtung wird der Lichtstrahl bei Q gebrochen? 1, 2, 3, 4 oder 5?



17. Ein Autohersteller macht eine Testserie an neuen Modellen. Zwei Fahrzeuge P und Q, mit gleicher Masse und Geschwindigkeit, fahren einander auf Kollisionskurs entgegen (siehe Figur 1). Ein drittes Auto R, mit derselben Masse und Geschwindigkeit wie die anderen Autos, fährt gegen eine unbewegliche Wand mit sehr großer Masse (siehe Figur 2). In beiden Fällen kommen die Autos nach dem Zusammenprall zum Stillstand.



Figur 1

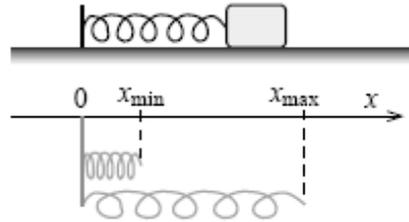


Figur 2

Der Betrag der kinetischen Energie, der in Deformationsenergie und Wärme verwandelt wird, ist bei Auto P ...

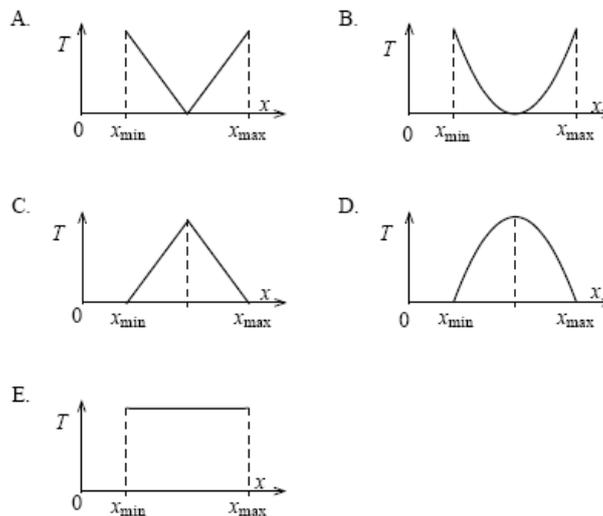
- größer als derjenige von Auto R.
- gleich groß wie derjenige von Auto R.
- kleiner als derjenige von Auto R.
- nicht möglich herauszufinden, da Informationen fehlen.

18. Ein Klotz schwingt mit vernachlässigbarer Reibung am Ende einer Feder, wie unten dargestellt. Die kleinste und größte Länge der Feder während der Schwingung betragen  $x_{\min}$  und  $x_{\max}$ .

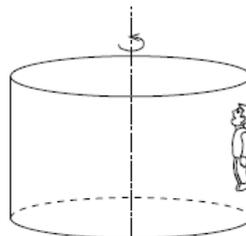


Welches Diagramm zeigt die totale mechanische Energie ( $T$ ) des Systems "Block und Feder" als Funktion von  $x$ ?

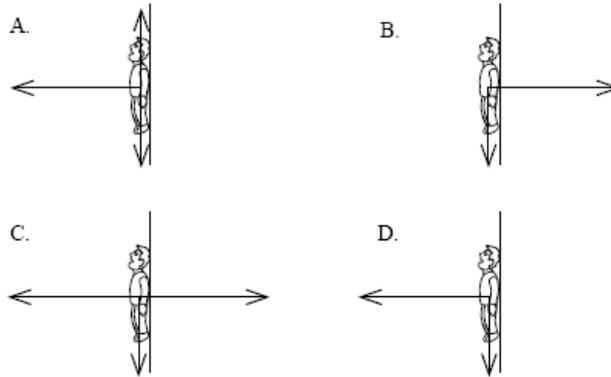
[weiter auf der nächsten Seite]



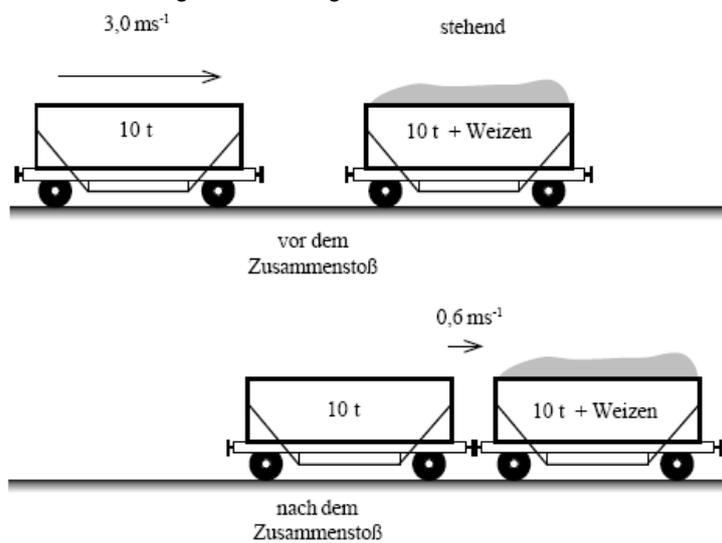
19. Die Abbildung unten zeigt eine Attraktion eines Vergnügungsparks. Wenn sich die Trommel um die senkrechte Achse dreht, wird der Boden langsam abgesenkt. Die Person bewegt sich dabei jedoch nicht nach unten. Sie wird gegen die Innenseite der Trommel gepresst und bleibt bezüglich der Wand in Ruhe. Die Füße der Person haben keinen Bodenkontakt.



Welche der folgenden Abbildungen gibt am besten die real auf die Person wirkenden Kräfte wieder?

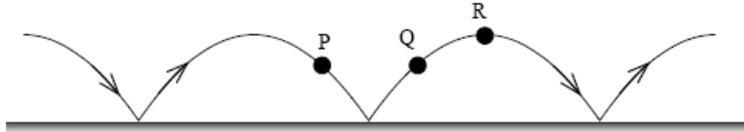


20. Ein leerer Eisenbahnwagen mit einer Masse von 10 Tonnen ( $1,0 \times 10^4 \text{ kg}$ ) fährt mit einer Geschwindigkeit von  $3,0 \text{ ms}^{-1}$ . Er prallt auf einen identischen, stehenden Wagen, der mit Weizen beladen ist. Während des Zusammenstoßes koppeln die beiden Wagen an und bewegen sich gemeinsam mit einer Geschwindigkeit von  $0,6 \text{ ms}^{-1}$ . Die Situationen vor und nach dem Zusammenstoß sind in den Abbildungen unten dargestellt.



Benutzen Sie diese Informationen, um die Masse des Weizens zu berechnen. Zeigen Sie Ihren Arbeitsweg.

21. Die Abbildung zeigt die Bewegung eines Balls, der bei vernachlässigtem Luftwiderstand auf dem Boden springt.



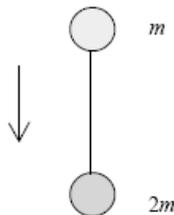
Zeichnen Sie Pfeile in die Abbildung ein, die die Richtung der Beschleunigung des Balls in den Punkten P, Q und R angeben.

22. Die Abbildung zeigt eine mit Wasser gefüllte Plastikflasche (1 Liter). In ihr sind drei Löcher, aus denen Wasser ausläuft.



Was ist in der Abbildung falsch?

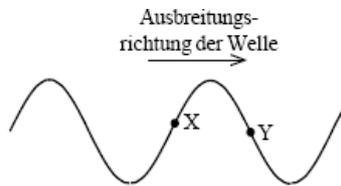
23. Zwei Kugeln mit der Masse  $m$  bzw.  $2m$  sind durch einen dünnen Faden verbunden und im Vakuum aufgehängt. Das System wird gelöst und fällt frei, wie in der Abbildung gezeigt.



Wie groß ist die Zugkraft im Faden beim Fall, wenn  $g$  die Fallbeschleunigung ist?

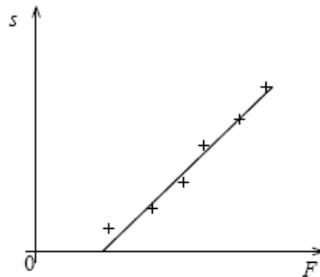
- A. 0
- B.  $mg$
- C.  $2mg$
- D.  $3mg$

24. Die folgende Skizze zeigt eine Welle, die sich auf einer Saite nach rechts bewegt.



Zeichnen Sie jeweils am Punkt X und am Punkt Y einen Pfeil, der die Bewegungsrichtung der beiden Punkte im skizzierten Augenblick zeigt.

25. Ein Klotz wird entlang einer waagrechten Tischplatte durch eine konstante Kraft  $F$  beschleunigt. Man wiederholt das Experiment mehrmals und verwendet jedes Mal einen anderen Wert für die konstante Kraft. Für jede Kraft wird eine Strecke  $s$  gemessen, die der Klotz in den ersten 2,0 Sekunden zurücklegt. Im untenstehenden Diagramm sind die Ergebnisse eines derartigen Experiments dargestellt.



Erklären Sie, warum die eingezeichnete Linie nicht durch den Ursprung geht.

26. Um normal zu leuchten, benötigt eine 15-Watt-Lampe einen Strom von 1,7 Ampere. Im Folgenden soll eine 12-Volt-Autobatterie eingesetzt werden. Damit die Lampe normal leuchtet, muss ein Widerstand in Serie zur Lampe geschaltet werden. Welchen Wert muss dieser Widerstand haben? (Der innere Widerstand der Batterie kann vernachlässigt werden.) Zeigen Sie Ihren Arbeitsweg.

## **A.3. Kurzfragebogen aus der kriterienbasierten Evaluation**

Der im folgenden angeführte Kurzfragebogen wurde für 7 verschiedene Themenbereiche derart gestaltet. Es variieren lediglich die inhaltlichen Themengebiete bei der Abfrage des Vorwissens in Item 1 und die in Item 3 aufgezählten eLearning-Tools.



**eLearning  
im physikalischen Anfängerpraktikum**

**Kriterienbasierte Evaluation der eLearning-Umgebung der Praktika für Lehramtsstudierende**

**Fragebogen SW**

**Codename:** \_\_\_\_\_

Bitte verwenden Sie folgende Kombination: die ersten beiden Buchstaben im Vornamen Ihrer Mutter – die letzten beiden Buchstaben im Vornamen Ihres Vaters – die Tageszahl ihres Geburtsdatums.

**1. Vorwissen:**

Nachdem Sie nun den Kurstag SW hinter sich gebracht haben, wollen wir von Ihnen erfahren, wie viel Wissen und Fertigkeiten in den behandelten Teilgebieten Sie **vor Beginn ihrer Vorbereitung** bereits hatten. Weiters interessieren wir uns dafür, wie hilfreich Ihnen das Angebot unserer eLearning-Umgebung war um Ihr Wissen zu vertiefen bzw. zu erweitern – falls Sie das Angebot genutzt haben:

	Mein Vorwissen in diesem Gebiet war hinsichtlich der Aufgabenstellung:				Mit der eLearning-Umgebung habe ich mein Wissen vertieft / erweitert. Das Angebot dazu war:				Habe Wissen nicht bzw. nicht mit eLearning vertieft / erweitert.
	sehr gering	gering	ausreichend	sehr gut	nicht hilfreich	wenig hilfreich	eher hilfreich	sehr hilfreich	
Theorie und mathematische Grundlagen zu Schwingungen allgemein									
Theorie und mathematische Grundlagen zu gekoppelten Schwingungen									
Wellen									
Schwingungen und Wellen in Festkörpern									
Grundlagen der Akustik									
Harmonische Analyse und Synthese (Fourieranalyse / Fouriertransformation)									

**2. Nutzung der eLearning-Elemente in der Vorbereitung:**

(Bitte wählen Sie jene Antwortmöglichkeit, die am ehesten zutrifft)

2.1. Ich habe den Anleitungstext SW in meiner Vorbereitung

- a. nicht benutzt.
- b. schnell überflogen.
- c. nur zum Studieren von *Aufgabenstellung* und *Durchführung* benutzt.
- d. vollständig und gewissenhaft studiert.

2.2. In Folge werden die eLearning-Tools dieser Einheit aufgelistet. Bitte kreuzen Sie an, wie Sie die jeweiligen Tools in ihrer Vorbereitung auf SW eingesetzt haben, und ob Sie die Tools auch während der Präsenzphase (Praktikumseinheit) verwendet haben.

	nicht benutzt	oberflächlich betrachtet	teilweise benutzt	alle Aufgaben exakt erfüllt	während der Präsenzphase
<i>Applet</i> : Federpendel					
<i>Applet</i> : Gekoppelte Pendel					
<i>Applet</i> : Stringwave					
<i>Applet</i> : Welle					
<i>Applet</i> : Stehende Longitudinalwelle					
<i>Applet</i> : Stehende Transversalwelle					
<i>Video</i> : Schwebung					
<i>Video</i> : Gleichsinnige Schwingung					
<i>Video</i> : Gegensinnige Schwingung					

**3. Selbstorganisiertes Lernen:**

	Ja	Nein	Bei „nein“ bitte begründen:
Inhalte und Ziele meiner Vorbereitung auf die Praktikumseinheit waren vorgegeben.			
Ich konnte selbst entscheiden, wann ich mich vorbereite.			
Ich konnte selbst entscheiden wo ich mich vorbereite.			
Ich konnte über verschiedene Hilfsmittel zur Vorbereitung frei und nach eigenem Ermessen verfügen.			

## Danksagung

Diese Dissertation entstand aus der Motivation heraus, das Lernen und Lehren im physikalischen Anfängerpraktikum der Universität Wien zu modernisieren und zu verbessern. Ich hatte bereits im Zuge meiner Diplomarbeit die Chance, computergestütztes Experimentieren systematisch in die Lehrveranstaltungen des Anfängerpraktikums zu implementieren. Aus eigener Erfahrung war mir jedoch bewusst, dass die Vorbereitungsunterlagen einer dringenden Überarbeitung bedürfen, und dass gerade im Bereich der Vorbereitung viel Potential für die Verbesserung und Erleichterung der Arbeit der Studierenden steckt. Durch meine Lehrtätigkeit als Tutor kannte ich die Seite der Lehrenden, die ebenfalls mit dem Status Quo nicht sonderlich zufrieden waren. Gemeinsam mit der (damaligen) Leiterin des Anfängerpraktikums Dr. Irmgard Gorgas(†) beteiligte ich mich an einem Projektantrag zu dem später genehmigten und von der Universität Wien geförderten Projekt eLearnPhysik. Wir haben uns - ausgestattet mit vielen Zielen - auf eine ergebnisoffene Reise gemacht. Wir wollten neue Wege beschreiten, aber keine Expeditionen ungewissen Ausgangs machen. Im Sommer 2007 musste ich mich leider von Dr. Irmgard Gorgas nach kurzer, schwerer Krankheit für immer verabschieden. Sie hat letztlich diese Arbeit ermöglicht und sie war als Multiplikatorin und Motivatorin ein entscheidender Faktor dafür, dass wir viele wissenschaftliche Mitarbeiter - Assistenten, Dozenten und Professoren - für unser Erneuerungsvorhaben begeistern konnten. Vielen Dank!

Großer Dank gilt natürlich meinem Dissertationsbetreuer Dr. Helmut Kühnelt, der mich immer unterstützt hat und mir sehr viele Freiheiten für die Gestaltung meiner Arbeit eingeräumt hat. Ein besonderer Dank gilt dem derzeitigen Praktikumsleiter Dr. Wilhelm Markowitsch, der mich und meine Arbeit im Projekt ebenso sehr unterstützt hat, mir mehr eigenverantwortliche Entscheidungs- und Gestaltungsfreiheiten als Teil des Organisationsteams für das Anfängerpraktikum eingeräumt hat und persönlich an der Neugestaltung zahlreicher Experimente mitgearbeitet hat. Ich danke den besonders engagierten Kollegen im Praktikum für ihre entscheidene Mitarbeit bei der Entwicklung der eLearning-Materialien, allen voran Mag. Clemens Mangler und Dr. Alfred Korner, sowie der Technikerin Ing. Marion Malleck, die sich vorbildlich um die Internetseite des Anfängerpraktikums bemüht. Dank gilt auch all jenen, von denen ich im Rahmen meiner didaktisch-methodischen Aus- und Fortbildung vieles lernen durfte, bzw. die mir mit Rat und Tat zur Seite standen: Dr. Agnes Turner, Dr. Heike Theyßen, Dr. Dieter Schumacher, Dr. Knut Neumann, Dr. Alexander Kauertz, Dr. Martin Hopf, Dr. Viktor Gröger, Dr. Helga Stadler und Dr. Horst Schecker.

Bei meinen Kollegen aus dem eLearning-Team der Fakultät für Physik möchte ich mich für die gute Zusammenarbeit über die Grenzen der Projektschwerpunkte hinaus bedanken, allen voran Mag. Christian Primetshofer und Projektkoordinator Dr. Franz Embacher. Natürlich gebührt auch dem Dekanat der Fakultät für Physik ein großer Dank für die Unterstützung junger Wissenschaftler bei der internationalen Vernetzung durch die Gewährung von Reisekostenzuschüssen.

Zu guter Letzt gebührt mein Dank auch meinen Eltern Eveline und Peter, die mich während meiner gesamten Studienzeit unterstützt haben und mir so die Rahmenbedingungen für diese Arbeit erst ermöglicht haben, sowie meiner Lebensgefährtin Manuela, die mir immer und in allen Belangen Stütze und Hilfe ist.

# Curriculum Vitae

## Clemens Christoph Nagel

Geboren am 25.07.1981

### AHS Matura 1999 in Gänserndorf

mit gutem Erfolg bestanden

### Lehramtsstudium an der Universität Wien (UF Physik, UF Biologie und Umweltkunde)

Abschluss mit ausgezeichnetem Erfolg als Mag. rer nat. im Dezember 2005

### Doktoratsstudium der Naturwissenschaften (Physics Education), Universität Wien

2006 - 2009

### Anstellungen:

- 2002 – 2004: Baxter Vaccine AG (Forschung & Entwicklung)
- seit 2004: wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Wien
- 2002 - 2007: Lehrbeauftragter an der Universität Wien
- seit 2007: Universitätsassistent in Ausbildung an der Universität Wien

### In der Freizeit:

- seit 1993 Mitglied beim Musikverein Leopoldsdorf (Flügelhorn, Funktionär seit 1995, Kapellmeisterdiplom: 2003)
- seit 2005 Gemeinderat, seit 2009 geschäftsführender Gemeinderat der Marktgemeinde Leopoldsdorf im Marchfelde für die sozialdemokratische Partei Österreichs
- seit 2007 Bezirksvorsitzender des BSA Gänserndorf, seit 2008 Stv. Landesvorsitzender des BSA Niederösterreich (Bund sozialdemokratischer Akademiker/innen, Künstler/innen und Intellektueller)

### Projekte:

**ePhys** - Towards an effective use of ICT for Open Learning in the Teaching of Physics in Europe; SOCRATES-MINERVA action: 99817-CP-2202-1-GR-MINERVA-M;

wissenschaftlicher Mitarbeiter 2004-2005

<http://zeus.physics.auth.gr/ePhys/web/ePhys.html>

**PROMISE** – Promotion of Migrants in Science Education; a Specific Support Action within the FP6 of the European Commission, Science and Society, Restructuring the European Research Area.

wissenschaftlicher Mitarbeiter 2005-2007

<http://www.promise.at>

**eLearnPhysik** – eLearning an der Fakultät für Physik; unterstützt durch das Projekt eBologna der Universität Wien.  
wissenschaftlicher Mitarbeiter 2006-2007; Doktorand;  
seit 09/2007 Koordinator für *eLearning in physikalischen Praktika*.  
06/ 2007 erhielt das Projekt den *BA-CA Preis zur Förderung innovativer Lehre*. <http://physics.univie.ac.at/eLearning/>

**Abenteuerspielplatz Farbe** – Eine Aktionswoche des Niederösterreichischen Landesmuseums für Schüler/innen. Okt. 2006. Wiss. Koordinator.

**CAT** - The effective use of computer aided teaching and learning materials in science teaching - a teacher training course with a European perspective; COMMENIUS-PROJECT: 141767-LLP-1-2008-1-DE-COMMENIUS-CMP  
Leitung Partner 2 (Uni Wien) gemeinsam mit Dr.<sup>in</sup> Helga Stadler  
<http://cat.upatras.gr/>

#### Publikationen:

- Nagel, C., (2004). *New Objectives in Science Teacher Training*. Poster-Präsentation am MPTL9-Meeting in Graz, Österreich
- Nagel, C., (2005). *Neue Ziele der Lehramtsausbildung*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik, Universität Wien
- Neumann, S., Nagel, C. & Stadler, H., (2006). Ansätze zur Untersuchung von Barrieren von Schüler/innen mit Migrationshintergrund im naturwissenschaftlichen Unterricht. In Höttecke, D. (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Bd. 27. Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. 469-471. Berlin: LIT Verlag.
- Neumann, S., Nagel, C., Stadler, H., (2006). Migration im NaWi-Unterricht, In Kühnelt, H. (Hrsg.) *Plus Lucis 2006, 1-2*. Wien: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts.
- Nagel, C. & Gorgas, I. (2006). *eLearning in the Introductory Physics Lab*, Poster-Präsentation am M3-Symposium (Interdisciplinary Aspects on Digital Media & Education)
- Stadler, H., Nagel, C. & Neumann, S. (2007). *Teaching Migrants – a challenge of the 21<sup>st</sup> century*. [www.promise.at](http://www.promise.at)
- Nagel, C., Neumann, S., Schüller, M., Rentzsch, W., Tosun, M. & Stadler, H. (2007). *Development of science lessons for grade 5 – 8*. [www.promise.at](http://www.promise.at)
- Nagel, C. & Wolny, B. (2008). eLearning in the Introductory Physics Lab. In Luca, J. & Weippl, E. (Eds.), *Proceedings of ED MEDIA 2008 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. Chesapeake: AACE.