



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Neugestaltung der Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften
unter Verwendung der
Methode der didaktischen Rekonstruktion für Hochschulpraktika

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin:	Brigitte Wolny
Matrikel-Nummer:	0305258
Studienrichtung:	A190412406
Betreuer:	Ao. Univ.-Prof. Dr. Alfred Korner

Wien, am 24.8.2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Problemstellung	11
2.1	Historische Entwicklung der „Servicelehre“ an der Fakultät für Physik .	11
2.2	Ausgangssituation des Projektes- Ursprünglicher Ablauf der <i>Übungen zur Physik</i> für Ernährungswissenschaften	12
2.3	Kritik an bestehenden <i>Übungen zur Physik</i> für Ernährungswissenschaften	13
2.4	Fragestellungen und Ziele der Entwicklungsarbeit	15
3	Recherche von Lösungswegen	17
3.1	Ernährungswissenschaftsstudium und Physik	17
3.2	Praktika in der Servicelehre	18
3.3	Projektverlauf eLearnEW	20
3.4	Physikpraktikum für Mediziner an der Heinrich Heine Universität in Düsseldorf	24
4	Theorie und Methodik	27
4.1	Die Methode der didaktischen Rekonstruktion	27
4.2	Lernpsychologische Grundannahmen	30
4.3	Anwendung der Methode auf Hochschulpraktika	34

5	Arbeits- und Forschungsmethoden	37
5.1	Strategie zur Praktikumsentwicklungsarbeit	37
5.2	Untersuchungsinstrumente	39
5.2.1	Entwicklung der Befragungsinstrumente	42
5.2.2	Pretesting	43
5.2.3	Auswertung und Qualitätssicherung	44
6	Ergebnisse	47
6.1	Fachliche Klärung	47
6.1.1	Auswertung der Fragebögen für Physikexperten	49
6.1.2	Auswertung der Fragebögen an Ernährungswissenschaftsexperten	54
6.2	Lernendenperspektive	54
6.3	Didaktische Strukturierung - Neues Praktikumsdesign	64
7	Didaktische Rekonstruktion einer Übungseinheit	71
7.1	Einleitung einer Übungseinheit	71
7.2	Messaufgaben einer Übungseinheit	72
7.3	Nachbereitung einer Übungseinheit	75
8	Evaluation	79
8.1	Vergleich der neuen Übungseinheit mit den alten Experimenten	79
9	Zusammenfassung und Ausblick	87
A	Materialien	93
A.1	Befragungsinstrumente	96

A.2	Beobachtungsleitfaden Praktikum für Mediziner	107
A.3	Evaluation	109
A.4	Prototyp einer neuen Übungseinheit	114
A.4.1	Organisation und Ziele in den Übungen zur Physik	115
A.4.2	M Grundlagen der Messtechnik	123
	Literaturverzeichnis	156
	Abbildungsverzeichnis	159
	Tabellenverzeichnis	161
B	Lebenslauf und Abstract	163
B.1	Lebenslauf	164
B.2	Abstract	167

Danksagung und Vorwort

Zu Beginn dieser Diplomarbeit ist es mir ein besonderes Anliegen all jenen zu danken, die diese Arbeit ermöglicht haben, beginnend bei meiner Familie, die mir immer mit Rat zur Seite stand und dieses Studium nicht nur finanzierte, sondern es zu einer Zeit der persönlichen Entfaltung machte.

Besonderer Dank gilt dem Projektteam eLearnPhysik, durch dessen Offenheit und Engagement der Grundstein zu dieser Arbeit gelegt wurde.

Für die großartige technische Unterstützung möchte ich mich speziell bei Mag. Peter Reisinger, Dipl. Ing. Martin Tampier, sowie Ing. Marion Malleck bedanken.

Ohne die Kooperation mit der Heinrich Heine Universität und der engen Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Dieter Schumacher, seinen lieben Mitarbeitern, sowie PD Dr. Heike Theyßen wäre diese didaktische Innovation nie so umfangreich gelungen.

Herzlichen Dank für die vielen unterstützenden Ideen.

Ständige Begleiter dieser didaktischen Diplomarbeit waren Impulse, die mir meine Kollegen aus der Gruppe der experimentellen Grundausbildung Physik gaben, ich möchte mich hier besonders bei meinen Betreuern Ao. Univ.-Prof. Dr. Alfred Korner, Dr. Clemens Nagel und Ass.-Prof. Dr. Wilhelm Markowitsch, Leiter der Grundpraktika, bedanken.

Ein herzliches Dankeschön meinen Freunden, die mich mit unendlicher Geduld begleiteten und vor allem meinem lieben Matthew, der das Finale dieser Arbeit so hilfreich unterstützte. Schließlich sei all jenen, die mich persönlich unterstützten und noch nicht namentlich erwähnt wurden, gedankt.

Meine Intention war es, nicht nur replikativen Text zu verfassen, vielmehr lag es mir am Herzen all die Ideen, Gespräche, Wege und Irrwege einer engagierten Entwicklungsarbeit wissenschaftlich zu dokumentieren. Es erwies sich als schwierig, ein gewachsenes, iteratives und selbstreflexives Projekt für Außenstehende mit einem roten Faden zu versehen, nicht zuletzt weil gerade die Vielfalt und Interdisziplinarität den Reiz dieser Arbeit ausgemacht haben. Gerade der Gedanke etwas mitzugestalten und die Lehre weiterzuentwickeln war Anlass diese Diplomarbeit so lebendig wie möglich zu verfassen, um den Geist der Gemeinschafts- und kooperativen Weiterentwicklungsarbeit, sowie das Engagement aller Beteiligten in angemessener Form abzubilden.

In der vorliegenden Arbeit sind alle allgemeinen Bezeichnungen, bei welchen aus stilistischen Beweggründen auf Doppelbenennungen beider Geschlechter verzichtet wurde, als geschlechtsneutral zu verstehen.

Kapitel 1

Einleitung

Naturwissenschaften, wie Physik, Chemie, Biologie und auch das Studium der Ernährungswissenschaften sind interdisziplinäre Studien. Physik, wie auch Chemie und Mathematik, sind Grundlagenwissenschaften, welche sowohl in allgemeiner und analytischer Chemie, Biomechanik, Physiologie und Anatomie als auch anderen ernährungswissenschaftlich relevanten Fächern eine Rolle spielen. Ziel dieser Arbeit ist, die *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaftler an der Fakultät für Physik der Universität Wien theoriegestützt didaktisch neu zu planen, ein inhaltliches Konzept zu entwickeln und die erste Implementierung einer prototypischen Übungseinheit zu evaluieren, um einen nachhaltigen Einsatz zu garantieren.

Diese Arbeit gliedert sich in 9 Kapitel, welche sich wiederum, dem Arbeitsverlauf folgend, in inhaltlich getrennte Unterkapitel aufspalten.

Den Anfang bildet Kapitel 2 mit einer kurzen, zum Teil kritisch historischen Einleitung zur behandelten Lehrveranstaltung: „Übungen zur Physik (für Ernährungswissenschaftler)“.

Eine Schilderung der Recherche nach vergleichbaren Übungen beziehungsweise Praktika für Ernährungswissenschaftler im deutschsprachigen Raum, wie auch der Verlauf des Umgestaltungsprojektes finden sich in Kapitel 3. Aus der einführenden Betrachtung ergeben sich klare Fragestellungen zur Untersuchung und Festlegung neuer Ziele für die Übungen, zur Evaluierung der Vorkenntnisse der Studierenden und den Inhalten der neuzugestaltenden Lehrveranstaltung. Kapitel 4 schildert die theoretische Grundlage, das „Modell der didaktischen Rekonstruktion von Hochschulpraktika“, zur anschließend ausgeführten didaktischen Untersuchung. Weiters wird die Arbeits- und Untersuchungsmethodik, mit welcher die Entwicklungsarbeit durchgeführt wurde, beschrieben und auf bereits umgesetzte hochschuldidaktische Projekte hingewiesen.

Im anschließenden Kapitel 5 wird der Projektverlauf und die Forschungsmethode der praktischen Arbeit im Detail dokumentiert; Fragebogenentwicklung, Umsetzung der Umfragen und Interviews werden ausführlich beschrieben und auf Materialien im Anhang verwiesen.

Kapitel 6 beschäftigt sich mit den Ergebnissen der einzelnen untersuchten fachdidaktischen Bereiche und hält sich dabei an die durch die theoretische Forschungsmethode vorgegebene Einteilung in drei Komponenten: fachliche Klärung, Lernerperspektive und didaktische Strukturierung.

Im vorletzten Kapitel 7 der Arbeit werden die Ergebnisse der Untersuchung, anhand einer ersten umgesetzten neuen Übungseinheit interpretiert und im Hinblick auf ein Gesamtkonzept der Lehrveranstaltung Ausblicke auf weitere Einheiten gegeben.

Weiterführende Forschungsfragen ergeben sich aus Kapitel 8, welches Ergebnisse der Evaluation, der ersten Umsetzungsphase beinhaltet und eine erste Interpretation im Hinblick auf weitere Entwicklungen bietet. Das letzte Kapitel 9 gibt einen Überblick über die gesamte vorliegende Arbeit, in Form einer kurzen Zusammenfassung der Umsetzungsphasen, Untersuchungsmethoden und Ergebnisse.

Für interessierte Leser befinden sich im Anhang (Kapitel A) alle entwickelten und verwendeten Materialien der Diplomarbeit.

Kapitel 2

Problemstellung

In diesem Kapitel sind das Umfeld der Übungen zur Physik, Entwicklungen und historisch gewachsene Strukturen, Aufbau und Ablauf, sowie -auf Erzählungen basierendes Erfahrungswissen über bisherige Übungen gesammelt dargestellt.

2.1 Historische Entwicklung der „Servicelehre“ an der Fakultät für Physik

Die Servicelehre¹ der Fakultät für Physik der Universität Wien hat lange Tradition und umfasst die physikalische Grundbildung von Astronomen, Biologen, Meteorologen, Ernährungswissenschaftlern und Pharmazeuten. (*Minarik (1986)* beschreibt in ihrer Arbeit zu Didaktische Probleme des Anfängerpraktikums für Physik, die physikalische Grundbildung für Chemiker, Biochemiker, Meteorologen und Erdwissenschaftler.) Hier werden nicht nur Einführungsvorlesungen angeboten, sondern auch einführende Praktika und Übungen zur Physik.

In dieser Arbeit werden ausschließlich die *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaften) betrachtet. Diese Servicelehre der Physik für Studierende der Ernährungswissenschaften begann 1989 in Form einer vierstündigen Vorlesung von Prof. Wielke. Darauf aufbauende Übungen fanden erstmals 1992 im selben Rahmen und Inhalt, welcher auch für Studierende des Diplomstudiums Physik vorgesehen war, jedoch mit geringerem inhaltlichen Volumen, statt. Von Prof. Elmadfa (Ernährungswissenschaft) angeregt, wurden die Übungen zur Physik von Prof. Müllner gestaltet. Sie überarbeitete zusammen mit Prof. Korner und Prof. Bajons die Experimente der Ausbildung

¹An der Universität Wien wird der Begriff Servicelehre für Lehrveranstaltungen verwendet, welche durch eine weitere Fakultät angeboten werden und nicht innerhalb des Studienfachs gelehrt werden. Es wird sozusagen ein Service einer fachlich benachbarten Fakultät in Anspruch genommen.

für Studierende des Diplomstudiums Physik und hielt die ersten Übungen für Ernährungswissenschaftler ab. Zentrales Element der Übungen bildeten Experimente aus allen Bereichen der Physik. Von Seiten der Ernährungswissenschaften wurde eine grundlegende physikalische Ausbildung gefordert, welche Bereiche wie Mechanik, Elektrizität, Thermodynamik, Optik und Flüssigkeiten beinhaltet.

1998 wurde Prof. Gorgas Praktikumsleiterin. Gemeinsam mit engagierten Studenten wurden einige Anleitungstexte zu einzelnen Experimenten neu geschrieben. Seit dem Wintersemester 2007 leitet Prof. Markowitsch das Anfängerpraktikum für Physik und somit auch die *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften. Die Vorlesung, welche als Voraussetzung für die Übungen gilt, wurde mit dem Wintersemester 2008 von Prof. Philipp übernommen.

Ursprünglich hatten die *Übungen zur Physik* wenig Kontext zu ernährungswissenschaftlichen Inhalten, dies war auch nicht gefordert worden. In den letzten 20 Jahren haben sich jedoch nicht nur Interessen und Schwerpunkte der Studien sowie der Studierenden, sondern auch Studienpläne und Lehrmethoden geändert. Im Zuge der Qualitätsentwicklung der Lehre und dem immer größer werdenden Angebot an hochschuldidaktischer Forschung, ist es unumgänglich bestehende Strukturen von Lehrveranstaltungen zu hinterfragen, zu evaluieren und gegebenenfalls anzupassen.

Diese Arbeit dokumentiert den ersten Versuch, die *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaftler) im Sinne des derzeitigen Standes der Lehr-Lernforschung zu untersuchen, sowie Konzepte zur Verbesserung anzuwenden und zu evaluieren.

2.2 Ausgangssituation des Projektes- Ursprünglicher Ablauf der *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften

Studierende der Ernährungswissenschaft hörten eine ursprünglich vierstündige Grundvorlesung zur Physik bei Prof. Wielke an der Fakultät für Physik. Nach einem positiven Abschluss der Vorlesung durch eine Multiple-Choice Prüfung bzw. mündliche Prüfung, war man berechtigt, sich für die Übungen anzumelden. Im WS 06/07 wurde die Vorlesung auf 2 Stunden gekürzt, was eine drastische Straffung der Inhalte der Vorlesung zur Folge hatte.

Die *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaften) fanden und finden immer noch in den Räumlichkeiten des Anfängerpraktikums des ehemaligen Instituts für Physik - heute Fakultät für Physik- statt. Die Geräte und Arbeitsplätze wurden in aufwendiger Organisationsarbeit so koordiniert und umgebaut, dass Studierende der Studienrichtungen Physik, zeitweise Meteorologie und Astronomie, sowie Ernährungswissenschaften damit experimentieren und arbeiten konnten und immer noch können. Die einzelnen Experimente und die dazugehörige Theorie sind in entsprechenden Anleitungsheften (DIN A5) beschrieben, welche die Studierenden vor der Übung durchzuarbeiten haben, um sich vorzubereiten.

In jeder Übung waren mehrere Experimente eines Themenkreises durchzuführen und

korrekt zu protokollieren. Es waren habilitierte und promovierte Lehrende im Praktikum anwesend, um einerseits weiterzuhelfen und Arbeitsweisen sowie die Mitarbeit der Studierenden zu kontrollieren und andererseits zwischendurch den Wissensstand der Studierenden festzustellen und zu kontrollieren, ob die Anleitungshäfte ausreichend studiert worden waren.

Am Ende der sieben Übungstage fand ein abschließendes Prüfungsgespräch über alle durchgeführten Experimente und physikalischen Inhalte statt, dessen Grundlage das von den Studierenden selbst geführte Protokoll darstellte. Die Benotung der Studierenden erfolgte nach diesem Gespräch auf Basis der Protokolle, des Abschlussgesprächs und der subjektiven Eindrücke, die der Lehrende während der Übungen von einem Studenten gewonnen hatte.

Die ursprünglichen Beispiele waren:

Tabelle 2.1: Beispiele der ursprünglichen *Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler*

Abkürzung	Inhalte
M1	Messen - Messfehler Teil1 (Mechanik)
M2	Messen - Messfehler Teil2 (Elektrizität)
F	Eigenschaften von Flüssigkeiten
W	Elektrische Energie und Leistung, Wärme Bestimmung elektrischer Widerstände mit Wechselstrom
O	Messungen mit dem Oszilloskop
L	Brennweite von Linsen
B	Brechung

Pro Semester konnten fünf Kurse angeboten werden, welche geblockt in Übungen zu je vier Semesterwochenstunden (entspricht drei Stunden) in sieben Wochen stattfanden. Zusätzlich wurden am Ende des Winter- und des Sommersemesters jeweils zwei Blockkurse angeboten, wobei die Studierenden jeden Tag in das Praktikum kamen.

2.3 Kritik an bestehenden *Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften*

In den letzten Jahren nahm die Kritik an den bestehenden Physikübungen (für Ernährungswissenschaftler) sowohl bei den Lehrenden des Anfängerpraktikums, als auch bei den Studierenden der Ernährungswissenschaften rasant zu. Aus vielen einzeln geführten Interviews, zur Sammlung von Erfahrungswissen der Beteiligten ergeben sich, sowohl bei Mitwirkenden, als auch bei Studierenden subjektiv empfundene Missstände. Viele Studierende sehen die *Übungen zur Physik* meist nur als

„lästige zeitaufwändige Übung, welche sie am Vorankommen im Hauptstudium behindere“ (Kommentar einer Studentin)

und verschieben diese Übung oft an das Ende ihres Studiums. Dieser Aufschub ist seit Wintersemester 2007, aufgrund der Einführung des modularen Bachelor- oder auch Bakkalaureatsstudiums, nicht mehr möglich.

Auch wird in den Übungen kein oder zu wenig Sinn erkannt, da der „Zusammenhang mit dem Studium der Ernährungswissenschaften zu gering bis gar nicht erkennbar“ wäre. Auch Absolventen behaupten „sich an nichts Inhaltliches“ (Kommentar einer Absolventin) erinnern zu können.

Physiklehrende wiederum haben den Eindruck, dass in den Übungen aufgrund fehlender physikalischer, aber vor allem mathematischer Vorkenntnisse jeglicher Bezug zur Auswertung von Daten fehle und somit die meiste Zeit in endlosen Erklärungen und Hilfestellungen verloren ginge. Die Lehrenden in den Übungen zur Physik (für Ernährungswissenschaften) klagen darüber:

„[...] vier Stunden Ernährungswissenschaftlerunterricht ist anstrengender als acht Stunden Diplomphysikerunterricht.“ (Kommentar eines Betreuers)

In vielen Gesprächen und anhand der Auswertung von Fragebögen kommt eine Unzufriedenheit mit dem Vorwissen, experimentellen und wissenschaftsmethodischen Fähigkeiten der Studierenden zur Sprache. Dieselbe Ausgangslage wird bei [Theyßen \(1999\)](#) beschrieben, welche ein Physikpraktikum für Mediziner neu gestaltete. Auch die Leistungsfeststellung in den Übungen wird als unzureichend befunden: oft wurde bei Abschlussprüfungen nicht nur ein Auge zugeknipst, da der vermittelte physikalische Zusammenhang von den Studierenden nicht verstanden und demnach auch nicht wiedergegeben werden konnte. Viele Lehrende haben den Eindruck, dass sie aufgrund

„[...] fehlender Informationen und nicht studentengemäßer Anleitungstexte zu Experimenten, den Studierenden auch gar nicht strengere Prüfungen zumuten konnten.“ (Kommentar eines Prüfers)

Ausgehend von diesem subjektiven Erfahrungswissen der Lehrenden im Anfängerpraktikum und zunehmender Missstimmung der Studierenden, sowie deren Vertretern, wurde die Umgestaltung der Übungen nicht nur angedacht, sondern in den Projektantrag von eLearnPhysik² aufgenommen (siehe Kapitel 3, Seite 20).

²eLearning Projekt der Fakultät für Physik der Universität Wien

2.4 Fragestellungen und Ziele der Entwicklungsarbeit

Ziel dieser Arbeit soll es sein, den Prozess der Neuorganisation der *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften darzustellen und die einzelnen Schritte fachdidaktisch zu begründen. Die Übungen wurden hierfür grundlegend durchleuchtet, um -unter Berücksichtigung der gesammelten Daten- (Interviews, Fragebögen) eine Neugestaltung der Übungseinheiten, sowohl inhaltlicher, als auch struktureller Natur zu ermöglichen. Das gesammelte Erfahrungswissen, wie in 2.3 geschildert, wirft folgende zentrale Fragestellungen auf:

- Wie kann man grundlegendes physikalisches Wissen sinnvoll und nachhaltig in nur vier Semesterwochenstunden (zwei Stunden Vorlesung und zwei Stunden Übung) für Ernährungswissenschaftsstudierende vermitteln?
- Welche Einstellung/Motivation haben Studierende der Ernährungswissenschaften vor den *Übungen zur Physik*?
- Welche mathematische und physikalische Vorbildung ist in den Übungen abrufbar?
- Welche Ziele (fachlich und methodisch) sollen die neuen Übungen für Ernährungswissenschaften verfolgen?
- Wie sieht eine mögliche Übungsstruktur für eine ständig zunehmende Zahl an Studierenden mit begrenzten räumlichen, wie auch personellen Möglichkeiten aus?

Ausgehend von oben genannten Fragestellungen (2.3) soll diese Arbeit Aufschluss darüber geben, wie eine neue Lernumgebung gestaltet werden kann, in der effizientes Lernen von Physik für Ernährungswissenschaftsstudierende möglich wird. An der Fakultät für Physik gab es schon mehrmals Bestrebungen Praktika neu zu gestalten und didaktisch zu verbessern; dies bestätigen mehrere Aufzeichnungen über Praktikumsreformen in den Jahren 1984 siehe [Minarik \(1986\)](#), 1992, 2003 siehe [Nagel \(2005\)](#), 2008 siehe [Nagel \(2009\)](#). Nur für die *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften ist dieser Prozess noch nicht durchgeführt worden. Bei der Einführung der *Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler*³ 1992, wird von Seiten der „Auftraggeber“ (Fakultät für Lebenswissenschaften: Ernährungswissenschaften) eine inhaltliche Zielvorgabe formuliert:

„Einführung in physikalische Messverfahren und die Untersuchung von Messunsicherheiten anhand von Experimenten aus Mechanik, Flüssigkeitslehre, Wärme, Messung elektrischer Widerstände und Impedanzen und Optik speziell ausgewählt für Ernährungswissenschaftler.“ Mit dem Ziel eine grundlegende naturwissenschaftliche Ausbildung zu sichern.

Diese Wünsche sind nie diskutiert, geändert, überprüft oder neu definiert worden, auch

³Ab Sommersemester 2008, *Übungen zur Physik* genannt

nicht nach der Stundenkürzung der Vorlesung von vier auf zwei Semesterwochenstunden oder nach der Einführung neuer bologna-konformer Studienpläne, wie dem Bakkalaureat Ernährungswissenschaften, welches Wintersemester 2006/2007 in Kraft trat (*Curricularkommission (b)*). Derzeit gültig ist der Bachelor Ernährungswissenschaften, welcher ab dem Wintersemester 2009 den Abschluss des Studiums beschreibt (*Curricularkommission (a)*) und die Physik immer noch in Modul 4 vorsieht (Modul 4 BACH Physik oder Modul 4 BAKK Physik). Eine tatsächliche Überprüfung der Kenntnisse der Studierenden, welche das Praktikum besuchen oder bereits absolviert haben, hat nicht stattgefunden.

Es ist nun Aufgabe dieser Entwicklungsarbeit die neu definierten Ziele der *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaften) fachdidaktisch, basierend auf Befragungen der Lehrenden beider betroffener Fakultäten, zu entwickeln und rechtfertigen. In Kapitel 6 werden diese neuen Ziele vorgestellt und schließlich nach einer ersten Implementierung (siehe Kapitel 7) evaluiert (siehe Kapitel 8). Nachdem sich durch die Studienreformen der letzten Jahre einiges geändert hat, wird in dieser Arbeit versucht immer auf die letztgültigen Bestimmungen und Strukturen zu verweisen.

Kapitel 3

Recherche von Lösungswegen

Zu Beginn einer solchen Entwicklungsarbeit, der Neugestaltung eines Praktikums, steht die Suche nach bereits vorhandenen, dokumentierten oder ähnlichen Projekten. Dieses Kapitel gibt einen kurzen Einblick in die fachliche Verortung der Übungen zur Physik an der Universität Wien und im internationalen Vergleich.

Die Literaturrecherche erwies sich als wenig ergiebig, da vergleichbare Projekte zwar vorhanden sind, aber sowohl im Internet, als auch in Schriftform nur wenige Publikationen darüber existieren. Es werden daher Praktikumsprojekte mit ähnlichen Zielen für Naturwissenschaftsstudierende, wie zum Beispiel für Mediziner, vorgestellt und die Suche nach Parallelitäten und aktuellen didaktischen Methoden dargestellt. Weiters sind der Beginn der Arbeit mit dem Projekt eLearnEW¹ und dessen Verlauf skizziert.

3.1 Ernährungswissenschaftsstudium und Physik

Ein Vergleich mit anderen Universitäten, welche das Studium für Ernährungswissenschaften anbieten, stellt sich als schwierig heraus. Oft ist diese spezifische Studienrichtung Teil eines Studiums mit einem anderen Namen.

An der Universität Wien startete in den 80er Jahren ein Lehrgang und später 1992 die Studienrichtung unter der Bezeichnung „Haushalts- und Ernährungswissenschaften“ und gehört heute als Studium für Ernährungswissenschaften zur Fakultät für Lebenswissenschaften gemeinsam mit 23 weiteren Departments, wie zum Beispiel „Strukturelle und Funktionelle Botanik“ und „Klinische Pharmazie und Diagnostik“. In Deutschland kennt man dasselbe Studium unter dem Namen Ökotrophologie.

Über die spezifische Fachausbildung geben ausschließlich die Studienpläne Auskunft, welche nicht immer leicht im Internet zu finden, oder gerade im Umbruch befindlich sind. An der Universität Wien ist ein neuer Studienplan mit einer Umstellung auf ein Bakkalaureatsstudium und einer Implementierung ab Wintersemester 2006/07 verab-

¹eLearn steht für eLearning-Projekt und EW als Abkürzung für Ernährungswissenschaften

schiedet worden, wobei der nächste Bachelorstudienplan mit einer fixen Studiengangphase ab Wintersemester 2009/10 umgesetzt wurde (*Curricularkommission* (b) und *Curricularkommission* (a)).

Alle Unterlagen ähnlicher Studienrichtungen, die im Internet im Dezember 2007 zu finden waren, entsprechen klassisch physikalischen Praktika. Eine Analyse spezifisch physikalisch grundbildender Übungen für Ernährungswissen an anderen Universitäten wurde aufgrund zu weniger Materialien nicht weiter verfolgt.

3.2 Praktika in der Servicelehre

Die Idee eine lernerzentrierte didaktische Neugestaltung für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften ist in Wien ganz neu und auch sonst noch nicht dokumentiert. Weitet man die Suche nach kontextorientierten physikalischen Praktika auf verwandte naturwissenschaftliche Gebiete, wie zum Beispiel die Physik, die Biologie, und auch die Chemie, aus, so finden sich mehrere Projekte und wissenschaftliche Untersuchungen aus der didaktischen Forschung.

In Österreich zuständige Institute:

- AECCP (Austrian Educational Competence Centre Physics)
- IDN Salzburg (Institut für Didaktik der Naturwissenschaften mit Forschungsschwerpunkten in Biologie, Mathematik, Informatik, Geographie)
- ÖGHD (Österreichische Gesellschaft für Hochschuldidaktik)
- DICFO (Didactic Forum)

Mit Ausnahme des AECCP bieten all diese Einrichtungen jedoch zur Zeit keine Forschung in Richtung Physikdidaktik oder kontextbasierte Praktika. In unseren Nachbarländern ist dieser Bereich stärker present, um nur eine kleine Auswahl zu nennen:

- IDN Physikdidaktik Bremen (Institut für Didaktik der Naturwissenschaften²)
- Universität Bonn: Mediziner, Zahnmediziner, Molekulare Biomediziner und Pharmazeuten³
- IPN Kiel (Leibnitz Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik⁴)

²<http://www.idn.uni-bremen.de/projekte.php?id=46>

³<http://www.mpraktikum.hiskp.uni-bonn.de/> (Stand Mai 2010)

⁴<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/projekte.html>

Eine Vorreiterrolle auf dem Gebiet der didaktischen Forschung spielt die Universität Oldenburg. Mittels des Modells der „didaktischen Rekonstruktion“, welches von Ulrich Kattmann und Harald Gropengießer in Zusammenarbeit mit Reinders Duit und Michael Komorek vom IPN (Kiel) entwickelt wurde (siehe auch *Kattmann et al. (1997)*), verfolgen nicht nur Biologiedidaktiker seit Jänner 2002 ein Forschungsprogramm (ProDid)⁵ zur Lehr-Lernforschung *Oppermann (2002)*. In diesem Promotionsprojekt werden sowohl fächerübergreifende fachdidaktische Forschung ermöglicht, als auch Doktoranden gefördert.

„In unserem Forschungsmodell sind dagegen die Anschauungen und inneren Tätigkeiten der Schüler/innen im jeweiligen Sachbereich zentral. Die fachdidaktische Forschung wird gleichsam „vom Kopf auf die Füße“ gestellt, indem die Lernstruktur vor die Sachstruktur platziert wird. (<http://www.diz.uni-oldenburg.de/20512.html>, Stand 7.12.2009)“

All diese Projekte gehen nun mit einer klar strukturierten Methode an die Aufarbeitung spezieller naturwissenschaftlicher Themen (respektive Gegenstände, siehe nachfolgendes Zitat), es ist aber nie das Ziel ein ganzes Praktikum mit mehreren verschiedenen Themenkreisen aufzubauen. Deshalb dienen all diese Projekte nur exemplarisch der Methode des Herangehens an die Gestaltung bestimmter physikalischer Themen.

„Die Gegenstände des Schulunterrichts sind als solche nicht vom Wissenschaftsbereich vorgegeben, sie müssen vielmehr in pädagogischer Zielsetzung erst hergestellt, d.h. didaktisch rekonstruiert werden. Ausgehend von dieser Sichtweise zielen die Vorhaben der didaktischen Rekonstruktion darauf, fachliche Vorstellungen und Schülerperspektiven so in Beziehung zu setzen, dass Unterrichtsgegenstände entwickelt werden, mit denen fruchtbar gelernt werden kann.“ (Homepage Didaktik der Biologie Universität Oldenburg, Stand 20.12.2005)

Ursprünglich und bis heute wird dieses oben erwähnte Modell der Didaktischen Rekonstruktion für die Entwicklung von Unterrichtsgegenständen eingesetzt, um Schülervorstellungen enger mit fachlichen Perspektiven in Beziehung zu setzen und damit ein fruchtbares Lernen zu ermöglichen siehe *Kattmann et al. (1997)*.

Dieses Modell wurde jedoch bei *Theyßen (1999)* erstmals für den Hochschulbereich modifiziert und fand erfolgreich Anwendung auf ein Physikpraktikum für Medizinstudierende, sowie später auf ein physikalisches Praktikum für Physiker, *Neumann (2004)*. Durch die inhaltliche Nähe der Ernährungswissenschaften zur Medizin und die Tatsache, dass ein Praktikum neugestaltet wird, ist Theyßens Dissertationsarbeit maßgebendes Vorbild dieser Neuentwicklung. Die eingehende Beschäftigung mit dem Praktikum für Mediziner hat gezeigt, dass sowohl das Vorwissen der Studierenden (siehe Kapitel

⁵ProDid wurde ins Leben gerufen durch Thomas Oppermann <http://www.diz.uni-oldenburg.de/20512.html>

6.2, auf Seite 54) als auch die Forderungen an die Lernumgebung und deren Struktur (siehe Seite 64) in Düsseldorf und Wien ähnlich sind. Eine Adaption des Düsseldorfer Modells nach Theyßen (siehe Seite 24), im Hinblick auf die Auswahl von Themen für Übungseinheiten, aber auch auf die Praktikumsorganisation in Wien, ist ein guter Ansatz für die Neugestaltung der *Übungen zur Physik*.

3.3 Projektverlauf eLearnEW

Den Anfang dieser Diplomarbeit bildete die Mitarbeit am Projekt eLearnPhysik⁶, welches von 2006 bis 2009 an der Fakultät für Physik durchgeführt wurde. Bereits im Antrag zu eLearnPhysik wurde ein „Fokus des Verstehens fachlicher (physikalischer und mathematischer) Strukturen und Zusammenhänge“ bei ? definiert. In Punkt 2 des Antrages wurde eine Implementierung von eLearning Elementen im Anfängerpraktikum (nachzulesen bei Nagel (2009), siehe auch www.univie.ac.at/anfpra) und den *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaften) formuliert. Mehrere Punkte zur Verbesserung der Lehre sind geplant gewesen (siehe Kutschera et al. (2005), S.5):

- „Verstärkter Ausbau der computerunterstützten Datenaufnahme und Auswertung in den realen Praktikums-Experimenten“
- „Online-Anleitungstexte zu den Praktikumsbeispielen mit Verweisen auf vertiefende Literatur“
- „interaktive Simulationen, Bilder der Experimente und Geräte, Bildschirmexperimente“
- „interaktive Tests zur Selbstüberprüfung des Verständnisses.“

Durch dieses dreijährige Projekt wurden viele innovative Entwicklungsarbeiten initiiert, so auch ab Dezember 2007 die Evaluation und Neugestaltung der *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften unter dem Kurznamen *eLearnEW*⁷.

Das Projekt eLearnEW wurde von Beginn an als internationales Kooperationsprojekt mit der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (Prof. D. Schumacher) und der Technischen Universität Dortmund (PD. H. Theyßen) angelegt. Beide Kooperationspartner waren maßgeblich am Gelingen dieser Neugestaltung beteiligt. In der Arbeitsgruppe

⁶Dokumentation des Projektes unter <http://www.physics.univie.ac.at/eLearning/eLearnPhysik>

⁷Projekthomepage eLearnEW www.univie.ac.at/anfpra/EW/eLearnEW.html

von Prof. Schumacher wurden bereits viele Praktikumsprojekte erfolgreich durchgeführt:

- Interaktive Bildschirmexperimente, M. Tomkowski, E. Saviello, D. Schumacher, *Stieber et al. (2009)*
- Physikpraktikum für Studierende der Medizin, H. Theyßen, S. v. Aufschnaiter, D. Schumacher, *Theyßen & Schumacher (2002)* und *Theyßen et al. (2001)*
- Physikalisches und Physikalisch- chemisches Praktikum für Studierende der Pharmazie, I. Schwarz, D. Schumacher, *Schwarz & Schumacher (2009)*
- Geräte, Methoden, Projekt (GMP), K. Neumann, M. Welzel, D. Schumacher, *Neumann et al. (2004)*
- eTutorial Physik für Mediziner, R. Schlößer, R. Bellin, D. Schumacher
- Hypermedia - Physik für Mediziner, H. Theyßen, D. Schumacher
- Hypermedia contra Praktikum, M. Hüther, E. Sumfleth, H. Theyßen
- Physikpraktikum für Studierende der Biologie und Biochemie, M. Micke, D. Schumacher

Die Arbeitsgruppe um Prof. Schumacher⁸ hat Erfahrung auf dem Gebiet der Neuorganisation von Physikpraktika. Daher plante das Projektteam eLearnEW und die „Experimentelle Grundausbildung Physik der Universität Wien“ zum Teil eine Umsetzung des Düsseldorfer Konzepts der Physik für Mediziner, sowie eine Weiterentwicklung der multimedialen Lernumgebung. Im Jänner 2008 wurde damit begonnen, die *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaften) mittels der *Methode der Didaktischen Rekonstruktion für Hochschulpraktika* nach *Kattmann et al. (1997)* und *Theyßen (1999)* in Zusammenarbeit mit Prof. Schumacher neu zu gestalten.

Der Austausch von Erfahrungen und Informationen im Bereich physikalische Grundpraktika war und ist zentraler Punkt der Kooperationsarbeit und so wurden gemeinsam Ideen, Konzepte und Methoden weiterentwickelt, sowie eine eLearning-Strategie (Blended Learning) für die *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaften) erarbeitet. Für einen intensiven Austausch wurde eine Homepage⁹ eingerichtet und zahlreiche Treffen und Forschungsbesuche wurden organisiert wie in Abbildung 3.1 beschrieben.

Die bestehenden Übungen wurden ab Juni 2008 von einem Entwicklerteam¹⁰ lernerzentriert, den didaktischen Bedürfnissen dieses Bereichs der Physikausbildung entsprechend umgestaltet, indem eine erste Übungseinheit im Stil einer angepassten Lernumgebung getestet und umgesetzt wurde. Unter Mitarbeit der Arbeitsgruppe „Experimentelle Grundausbildung Physik“ der Fakultät für Physik entwickelte das Projektteam im

⁸<http://www.uni-duesseldorf.de/home/Jahrbuch/2001/schumacher/>,
http://www.gpphy.uni-duesseldorf.de/entwicklung_forschung

⁹eLearnEW <http://www.univie.ac.at/anfpra/EW/eLearnEW.html>

¹⁰Wolny, Nagel, Markowitsch, Korner, Malleck

August und September 2008 die ersten „Wiener Interaktiven Bildschirmexperimente“, die bis November 2008 von der Autorin in Lingo¹¹ fertig programmiert wurden. Im Februar 2009 gab es einen ersten Test der Online-Übungseinheit, welcher im Sommersemester 2009 bereits in überarbeiteter Form in den Regelbetrieb der *Übungen zur Physik* übernommen wurde. Somit entstanden im Rahmen dieser Arbeit zwei neue Übungseinheiten und ein organisatorisch neuer, didaktischer Rahmen (vorgestellt in Kapiteln 6 und 7).

Der Verlauf dieser intensiven Entwicklungsarbeit ist hier zur Übersicht in Abbildung 3.1 aufgelistet, welche alle Maßnahmen in der zeitlichen Abfolge abbildet. Um die Reflexivität der Entwicklungsarbeit transparent darzustellen werden über längere Zeit andauernde Phasen, wie *Recherche* von vergleichbaren Projekten, *Praktika* in Düsseldorf und Wien, *Auswertung* von Daten, erste *Testphasen* für die Umsetzung des entwickelten Konzeptes und Erstellung von *Bildschirmexperimenten* und *Lernumgebung* durch Pfeile dargestellt. Einmalige *Kooperationstreffen* zum *Austausch* und *Vorträge*, sowie *Umfragen* werden durch Rauten dargestellt.

Zeitlicher Verlauf der Entwicklung ab 2008

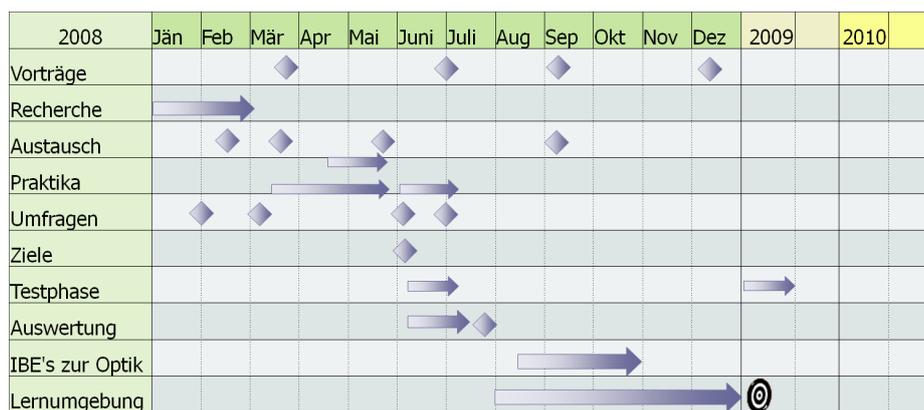


Abbildung 3.1: Zeitstrahl des Projektverlaufs 2008 bis 2010

Die folgenden Punkte beschreiben die in Abbildung 3.1 dargestellte Projektentwicklung in ihrer zeitlichen Abfolge:

- Kennenlernen der Inhalte und Experimente in Düsseldorf
Vom 5.2.2008 bis 9.2.2008 informierte sich die Autorin über die Experimente (und IBE's¹²) und physikalischen Inhalte des Physikpraktikums für Mediziner an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf vor Ort.
- Gastvortrag, Seminar und Arbeitstreffen in Wien
Vom 17.03.2008 bis 20.03.2008 hielt Prof. D. Schumacher an der Fakultät für Physik der Universität Wien einen Gastvortrag zum Themenbereich „Neugestaltung

¹¹Programmiersprache von Shockwave

¹²Das Interaktive Bildschirmexperiment (IBE) wurde 1996 an der FU- Berlin Institut für Fachdidaktik Physik und Lehrerbildung entwickelt siehe *Kirstein & Nordmeier (2007)*.

eines physikalischen Praktikums (Physik für Mediziner - real und virtuell)“ und im Anschluss einen Workshop für interessierte Betreuer im Praktikum. Weiters fand ein Arbeitstreffen aller Mitwirkenden des Kooperationsprojektes statt.

- **Praktikum an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf**
Vom 28.4.2008 bis 10.5.2008 stattete die Autorin nochmals dem Praktikum an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf einen Besuch ab (siehe 3.4 auf Seite 24). In einem circa 14-tägigen Aufenthalt an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf war die Autorin selbst in den Praktikums-Lehrbetrieb eingebunden. Zusätzlich wurde ein drei-tägiges Kooperationstreffen aller Mitwirkenden in Düsseldorf organisiert.
- **ED-Media Konferenz**
Ende Juni 2008 fand in Wien die ED- Media¹³ Konferenz statt, im Rahmen derer ein Vortrag zu den Entwicklungsprojekten der Physikpraktika an der Universität Wien gehalten wurde, *Nagel & Wolny (2008)*.
- **IBE- Woche**
Ein einwöchiger Workshop im September 2008 in Wien stellte einen weiteren Entwicklungsschritt dar. PD. H. Theyßen und Prof. D. Schumacher gestalteten diesen zum Thema Interaktive Bildschirmexperimente. Dabei entstand ein erstes IBE zur geometrischen Optik (Teilexperiment des Aufbaus eines Mikroskops der ersten neuen Online-Übungseinheit).
- **Gastvortrag, Seminar und Arbeitstreffen in Wien**
Ein weiterer Gastvortrag, Seminar und Arbeitstreffen in Wien informierten über interaktive Online-Praktika. Vom 11.12.2008 bis 12.12.2008 hielt H. Theyßen an der Fakultät für Physik der Universität Wien einen Gastvortrag zum Thema „Hypermedia contra Praktikum? Lernmedien im Vergleich am Beispiel Physik für Mediziner“ und im Anschluss einen Workshop für interessierte Betreuer im Praktikum. Weiters fand ein Arbeitstreffen aller Mitwirkenden des Kooperationsprojektes statt.
- **Kooperationsbesuch an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf**
Vom 25.2.2009 bis 3.3.2009 arbeitete die Autorin in Düsseldorf. Eine erste Installation der weiterentwickelten multimedialen Praktikums-Lernumgebung konnte durchgeführt werden.
- **DPG- Schule**
Im Anschluss wurde auch die DPG¹⁴-Schule in Bad Honnef besucht. Vom 4.3.2009 bis 6.3.2009 wurde das Projekt „Neugestaltung des Physik-Praktikums für Ernährungswissenschaften an der Universität Wien“ (*Wolny (2009a)*, *Wolny (2009b)*) präsentiert und in einer Postersession „Neugestaltung des Physik-Praktikums für Ernährungswissenschaften an der Universität Wien“ (*Wolny (2009c)*) auf der

¹³World Conference on Educational Multimedia

¹⁴Deutsche Physikalische Gesellschaft- Schule „Physikalische Praktika“ gefördert von der Heraeus-Stiftung unter der Leitung von Ilja Rückmann, Universität Bremen, und Dieter Schumacher, Heinrich Heine Universität Düsseldorf, <http://www.physikalische-praktika.de/index.html>

DPG-Schule dargestellt. Ein intensiver Austausch erfolgte mit Kollegen im Bereich der Physikpraktika.

- DPG- Schule
Ein Jahr später, vom 3.3.2010 bis 5.3.2010 wurde zu einer Postersession auf der DPG-Schule die neu entwickelte „PC-gestützte Übungseinheit zur Spektroskopie in den Übungen zur Physik“, *Wolny (2010)* präsentiert und es erfolgte ein intensiver Austausch mit Kollegen im Bereich der Physikpraktika.
- Aufarbeitung und Qualitätssicherung
Während der gesamten Entwicklung in 2009 und 2010 wurden alle Erkenntnisse aufgearbeitet (siehe Kapitel 8) und zur Nachhaltigkeits- und Qualitätssicherung herangezogen. Außerdem wurde das gesammelte Wissen in Form von Tutoren- und Betreuer-Workshops weitergegeben.

3.4 Physikpraktikum für Mediziner an der Heinrich Heine Universität in Düsseldorf

Im Februar 2008 erkundete die Autorin selbst den Ablauf des Physikpraktikums für Mediziner an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf. In der Rolle einer Studentin wurden die einzelnen Aufgaben selbst durchgeführt und die kleinschrittige Anleitung des Praktikums kennengelernt. Ende April beziehungsweise Mai 2008, während eines längeren Aufenthalts, war sie dann selbst in das Praktikumsgeschehen eingebunden und konnte alle inhaltlichen und organisatorischen Elemente in der Rolle einer Tutorin erfahren und Anregungen für die *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften sammeln. Schließlich kamen auch A. Korner, W. Markowitsch und C. Nagel aus Wien als externe Beobachter in die einzelnen Praktikumseinheiten, um das dortige Betreuungssystem kennenzulernen und aus ihrer Perspektive zu analysieren (Beobachtungsfaden siehe A.2).

In dieser Zeit wurde das Düsseldorfer Konzept grundlegend unter die Lupe genommen, um mögliche Ansatzpunkte und einen Transfer des Erfahrungswissens nach Wien zu ermöglichen.

Ziele dieses Aufenthaltes waren das Kennenlernen der Unterrichtsart, der Modus des Praktikums sowie die sprachlich und methodische Analyse der Arbeitsbücher. Durch Beobachtung der Studierenden im Praktikum sollten die unterschiedlichen Experimente und Arbeitsweisen erfasst werden. Es stellten sich folgende Fragen, auf welche durch Beobachtung und teilnehmende Beobachtung, Antworten gefunden wurden:

- *Wie kann ein Praktikum funktionieren, in dem Studierende ohne Vorwissen Physik erarbeiten?*
Aufgrund der kleinschrittigen Anleitung können Studierende im Praktikumsverlauf gut und zügig arbeiten, es werden die Betreuer seltener konsultiert als dies in Wien der Fall gewesen wäre.

- *Welche Voraussetzungen müssen gegeben sein?*
Die Betreuer müssen mit dem neuen Konzept vertraut sein, um nicht zu viel vorwegzunehmen. Die Studierenden hingegen sind angehalten genau zu lesen.
- *Mit welchem Vorwissen kommen Studierende?*
Studierende kommen mit ihrem Schulwissen ins Praktikum und hören begleitend eine Physikvorlesung.
- *Welcher Text/ welche Anleitung ist in den Arbeitsbüchern gegeben?*
Der Anleitungstext ist so aufgebaut, dass die Theorie -wo möglich- an den Schluss gestellt ist. Die Studierenden müssen diese Anleitung nicht vor Beginn der Lehrveranstaltung durchlesen. Es gibt viele Arbeitsanweisungen, Aufforderungen zur Diskussion und Interpretation der gemessenen Werte. Der Text ist in drei Teile gegliedert: *Medizinischer Bezug und Ziele des Versuchs*, *Versuchsdurchführung* und *physikalische Grundlagen* zur Nachbereitung zu Hause.
- *Wie selbstständig arbeiten die Studierenden?*
Die Studierenden arbeiten zu zweit an den Beispielen und sind großteils sehr selbstständig. Sobald ein Student herausgefunden hat, dass ein Betreuer gerne weiterhilft, beginnt er ständig nachzufragen - was einem Zurückfallen in das „alte“ Betreuungsschema gleich kommt.
- *In welcher Zeit werden die Experimente erledigt?*
Für die einzelnen Beispiele haben die Studenten einen Nachmittag Zeit - vier Stunden (240min).
- *Wie verhält es sich mit der Betreuung?*
In jedem Raum findet nur ein einziges der insgesamt 11 Beispiele statt, an welchem 10 Studentengruppen arbeiten. Diese 20 Studenten werden von einem Assistenten und einem Hilfsassistenten betreut (graduated und undergraduated Studenten).

Das Wissen der Studierenden wird zwei Mal geprüft: nach Vollendung eines Beispiels bekommen die Studenten bei ausreichender Bearbeitung ihres Arbeitsbuches ein *An-testat*, welches die Voraussetzung zum Antritt beim *Abtestat* in der darauffolgenden Woche darstellt. Das *Abtestat* ist ein Multiple-Choice-Test zu dem durchgeführten Beispiel und der dazugehörigen Theorie, den physikalischen Grundlagen aus der Nachbereitung. Am Ende des Kurses steht eine Physikprüfung, bestehend aus drei Typen von Multiple-Choice-Fragen, welche jedoch alle in einem medizinischen Kontext formuliert sind.

Die circa 400 Medizinstudenten, welche jedes Semester die Kurse besuchen, haben alle kleine Kurskarten, auf welchen ihre Beispiele abgezeichnet werden. Die gesamte Organisation wird von einer fachkundigen Vollzeitmitarbeiterin abgewickelt.

Kapitel 4

Theorie und Methodik

Nachdem trotz einer umfassenden Internetrecherche (nach Praktikumsbeschreibungen, Übungsunterlagen und Skripten) kein von klassischen Physikpraktika abweichendes, spezifisch ernährungswissenschaftliches Material verfügbar ist, bietet es sich an in verwandten naturwissenschaftlichen Studienfächern weiterzusuchen. An der Heinrich Heine Universität Düsseldorf wurde, wie bereits erwähnt, von *Theyßen (1999)* das Physikpraktikum für Mediziner neugestaltet und nachfolgend mit neuen Medien unterstützt. Ganz im Sinne dieses Vorzeigebeispiels ist es auch hier Ziel, Studierenden der Ernährungswissenschaft die Relevanz der Physik für ihr Studium und ihr weiteres Berufsfeld erkennbar zu machen, ein sachbezogenes Interesse zu wecken und die Beschäftigung mit physikalischen Inhalten zu intensivieren. Um die Neugestaltung dieser Übung zielführend und zur Zufriedenheit aller Beteiligten umzusetzen, wird das theoretische Modell der didaktischen Rekonstruktion zur Entwicklung von Unterrichtsgegenständen verwendet. Dieses ist im Anschluss näher erklärt.

4.1 Die Methode der didaktischen Rekonstruktion

„Mit dem Modell der didaktischen Rekonstruktion werden fachliche Vorstellungen, wie sie in Lehrbüchern und anderen wissenschaftlichen Quellen Ausdruck finden, mit Schülerperspektiven so in Beziehung gesetzt, dass daraus ein Unterrichtsgegenstand entwickelt werden kann.“ *Kattmann et al. (1997)*, S.3

Der Begriff der *didaktischen Rekonstruktion* wurde erstmals von Kattmann et al. geprägt, hat jedoch schon mehrere Vorgänger in der didaktischen Forschung. In der naturwissenschaftlichen Literatur begann Hering mit der Definition der *didaktischen Vereinfachung*:

„Didaktische Vereinfachung einer wissenschaftlichen Aussage ist der Übergang von einer (in die besonderen Merkmale des Gegenstandes gehenden) differenzierten Aussage zu einer allgemeinen Aussage.“ *Hering (1959)*, S.92

Dieser Begriff wurde weiterentwickelt zur *didaktischen Reduktion* (Grüner, 1967), welcher ursprünglich das Zerlegen komplexer physikalischer Sachstrukturen in einzelne Sinneinheiten bedeutete, also deren Elementarisierung. Die „didaktische Rekonstruktion charakterisiert den Wiederaufbau von Strukturen aus Sinneinheiten“ (*Kircher et al. (2000)*, S.97). Zentraler Schwerpunkt soll dabei das Verständnis der Studenten für einen Vorgang sein, dies bedeutet Erklärungen nicht zu verfrühen (wie bei Wagenschein öfters erwähnt), Staunen zu ermöglichen und zu entschleunigen.

Beim Elementarisieren schwieriger Begriffe oder komplexer Geräte soll auf Grundlage bestimmter Kriterien vereinfacht und in Bestandteile zerlegt werden, es darf jedoch nicht der physikalische Sinn verfälscht, Funktionsweisen auf falsche physikalische Grundlagen bezogen oder trivialisiert werden (*Kircher et al. (2000)*, S.108).

Eine gelungene Rekonstruktion soll *fachgerecht*, *schülergerecht* und *zielgerecht* sein (*Kircher et al. (2000)*, S.111). Unter dem Kriterium „fachgerecht“ wird die fachliche Relevanz verstanden: Ist ein Zusammenhang fachlich relevant darf dieser, gegebenenfalls auf Kosten der fachlichen Richtigkeit, abgewogen werden es sind somit Analogien und Modellvorstellungen durchaus erlaubt. „Fachliche Relevanz ist jedoch nicht immer eindeutig zu klären“, manchmal muss eine „vorübergehend fachlich relevante“ Formulierung akzeptiert werden. Auch auf die Erweiterbarkeit des bereits Erlernten muss geachtet werden um Inhalte fachgerecht aufzuarbeiten. Ein ständiges Umlernen von Begriffen soll vermieden werden. Dabei sei zum Beispiel die sprachliche Einheitlichkeit von Begriffen, Eigenschaften und Gesetzen genannt.

„Der Unterricht kann deshalb den ungebrochenen und bewussten Übergang zu der sterilen Fachsprache nur so erreichen, dass er nicht mit ihr beginnt und auch im Unterrichtsgespräch nicht allein mit ihr operiert [...]“ (Wagenschein, 1970, S.463). „Wenn der Lernende das Gelernte nicht so verstanden hat, dass er es - nach Möglichkeit - auch einfach sagen kann, dann hat er es eben nicht verstanden, trotz mathematischer Verbrämung und theoretischer Verhüllung.“ (Wagenschein, 1970, S.369) zitiert nach *Labudde (2000)*

Es ist also oft sinnvoll auf zu starke Mathematisierungen unter Berücksichtigung aller Lehrziele (siehe unten) zu verzichten, um das allgemeine Verständnis zu fördern. Bei der Entwicklung neuer Lerneinheiten sind Alltagsvorstellungen, das bereits erworbene Wissen und erworbene Fähigkeiten der Lernenden miteinzubeziehen, um ein sinnvolles Verknüpfen von Altem und Neuem, sowie ein Strukturieren von Wissen zu ermöglichen.

„Die Lernenden sollen Naturerlebnisse und altes Wissen mit dem neuen verbinden, sollen dabei Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede zwischen

alt und neu erkennen, sollen Einsicht in die Notwendigkeit neuer Methoden, Begriffe und Theorien entwickeln.“ (*Labudde (2000)*, S.55)

Mit der Kenntnis des Vorwissens der Lernenden, können oben genannte Kriterien besser erfüllt und Ziele für den neu zu erarbeitenden Lehrstoff besser getroffen werden.

„Der wichtigste einzelne Faktor, der das Lernen beeinflusst, ist das, was der Lernende schon weiß“ (nach Ausubel, 1968, *Jung (1980)*).

Für Lehrende an Universitäten ist es oft schwierig einzusehen, was Studierende schon wissen; dies herauszufinden ist unter anderem Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Schließlich führen „unterschiedliche Ziele zu unterschiedlichen Sachstrukturen“ (*Kircher et al. (2000)*, S.103), sodass die didaktische Relevanz einzelner Themen und Vertiefungen zuerst bestimmt werden muss, um eine richtige Auswahl zwischen Allgemeinbildung oder vertiefter technischer Anwendung zu treffen.

Um diesen Forderungen gerecht zu werden, wird die Konstruktionsarbeit in drei Bereiche eingeteilt: (siehe Abbildung 4.1):

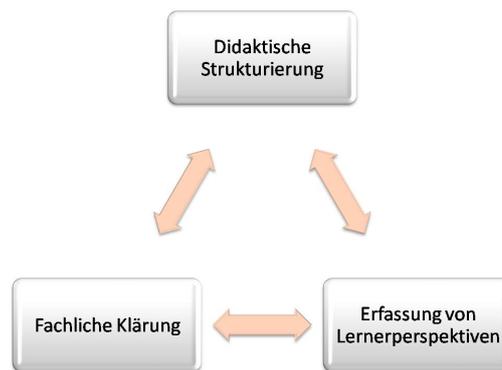


Abbildung 4.1: Didaktische Rekonstruktion (Abbildung nach *Kattmann et al. (1997)*)

1. Die fachliche Klärung: Es werden Fachwissenschaftler und Fachliteratur aus Sicht der Didaktik analysiert.
2. Die Erfassung der Lernerperspektive: Es werden Lerner nach ihren kognitiven und motivationalen Lernbedingungen befragt.
3. Die didaktische Strukturierung: Es wird ein Unterrichtsgegenstand auf Basis der Ergebnisse der beiden anderen Punkte entwickelt.

Alle Punkte fallen in die fachdidaktische Forschung, welche ihrerseits auf eine Vielzahl sozialwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden (teilnehmende Beobachtung, Interviews, Fragebögen, . . .) zurückgreift (siehe Kapitel 5). Die fachlichen Inhalte und die

Lernerperspektive sollen als gleichwertig angesehen werden. Alle drei Komponenten stehen in Wechselwirkung zueinander, beeinflussen einander und sind somit voneinander abhängig. Sind die fachliche Klärung und die Untersuchung der Lernervorstellungen abgeschlossen, fließen die Ergebnisse gleichwertig in eine didaktische Strukturierung ein, welche wiederum fachdidaktisch evaluiert wird. In einem iterativen Prozess entstehen demnach immer vorläufige Entwicklungsergebnisse und nie ein abgeschlossenes Produkt, da dieses immer wieder erprobt, evaluiert und weiterentwickelt werden kann beziehungsweise angepasst werden muss.

Um einen neuen Unterrichtsgegenstand zu entwickeln, in diesem Fall eine *Übung zur Physik*, ist vorerst eine Betrachtung von Physikunterricht sinnvoll. In *Kircher et al. (2000)* (S.67) werden drei Dimensionen dargestellt: Humanes Lernen (Interesse schaffen), Disziplinarität (Begriffe und methodische Strukturen) und Gesellschaftlichkeit der Physik (Objekte, Verfahren und Reflexionen).

4.2 Lernpsychologische Grundannahmen

Um die Vorstellungen der Lehrenden und der Studierenden gleichermaßen zu verstehen und zu erfassen, sowie in eine Strukturierung einzubinden, ist vorab ein Exkurs in die Analyse von Aufnahme-, und Lernprozessen nötig. In zahlreichen Untersuchungen zu Schülervorstellungen geht es zentral um die Entwicklung einer Bedeutung für Lernende aus einer konstruktivistischen Sichtweise, da diese am besten mit dem derzeitigen Stand der Gehirnforschung vereinbar ist.

Kattmann et al. legen ihrem Modell ein konstruktivistisches Konzept von Kognition und Lernen zu Grunde. Aus der Neurophysiologie postuliert man ein kognitiv abgeschlossenes Gehirn (Roth 1992 und 1994), welches sich dadurch auszeichnet, dass externe Signale, Reize in Sinneszellen hervorrufen, welche in neuronale Erregung umgewandelt und verarbeitet werden, jedoch findet eine Interpretation von Bedeutungszuweisung erst innerhalb des Gehirns statt (vgl. *Theyßen (1999)*).

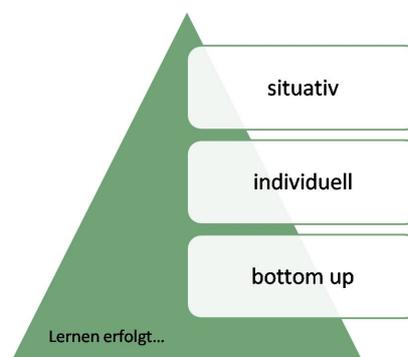


Abbildung 4.2: Konstruktivistisches Lernmodell

„Bedeutungen werden im kognitiven System durch das Gedächtnis kontextabhängig und immer wieder neu konstruiert.“ (Theyßen (1999), S.10)

Bedeutungen selbst sind also nicht im Gedächtnis abgespeichert. Gedächtnisinhalte stellen Strukturen, wie bei Theyßen erwähnt, „Werkzeuge“ dar, mit Hilfe derer Bedeutungen erzeugt werden können. Diese Gedächtnisinhalte können nur durch Diskrepanzen bei Bedeutungskonstruktionen, also in sogenannten Bedeutungsentwicklungen, verändert werden.

In diesem Zusammenhang soll hier kurz das konsequent-konstruktivistische Lernmodell (Stefan von Aufschnaiter 1992) dargestellt werden (Abbildung 4.2). Kognitive Prozes-

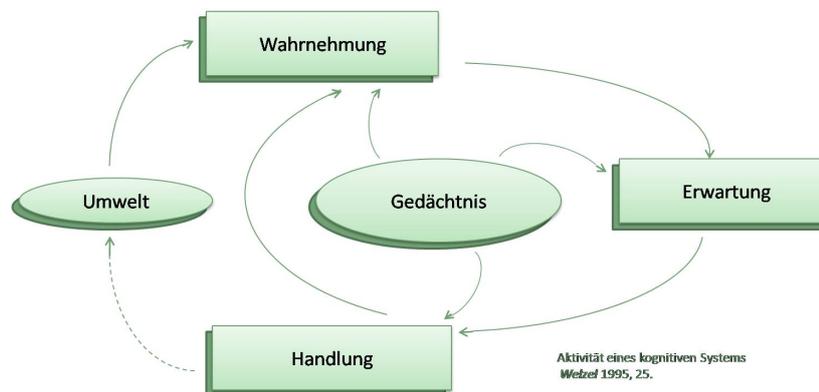


Abbildung 4.3: Zirkulärer Prozess von Wahrnehmung, Erwartung und Handlung (Abbildung nach Theyßen (1999))

se sind situativ *Damasio* (1997), wobei unter einer Situation die Summe aller äußeren Reize in einem Zeitraum einiger Sekunden verstanden wird. Auch im radikalen Konstruktivismus besteht die Grundannahme, dass Bedeutung im kognitiven System immer situativ konstruiert wird, das heißt weder von außen in das System eindringt noch darin gespeichert werden kann (vgl. *Theyßen* (1999), S.8).

Weiters sind Lernprozesse als individuell anzusehen, da jedes Individuum mit seiner persönlichen Umwelt und deren Wahrnehmung (kognitivem System, Gedächtnis), an eine Situation herantritt und eine eigene Erwartung erzeugt (siehe dazu *Abbildung 4.3*). Dies gilt nun nicht nur für Lernende in Praktikumsituationen, sondern vielmehr auch gleichzeitig für Beobachter dieser Situation, also konkret Praktikumsbetreuer, welche sich ihrerseits einen Reim auf das Verhalten der Studierenden im Praktikum machen (*Abbildung 4.4*). Erwartungen wiederum beeinflussen Handlungen, welche neue Wahrnehmungen initiieren. Diese Wahrnehmungen erzeugen neue Erwartungen, welche mit vorangegangenen verglichen werden, womit sich ein zirkulärer Prozess (siehe *Abbildungen 4.3* und *4.4*) ergibt, der aber „auf sehr kleinen Zeitskalen im kognitiven System“ *Neumann* (2004) abläuft. Prozesse der Bedeutungskonstruktion können bewusst oder unbewusst und auf unterschiedlichen Zeitskalen ablaufen.

„Bewusstseinsfähig sind jedoch nur solche Prozesse, die länger als etwa 300 Millisekunden dauern.“, *Roth* (1997), S.243

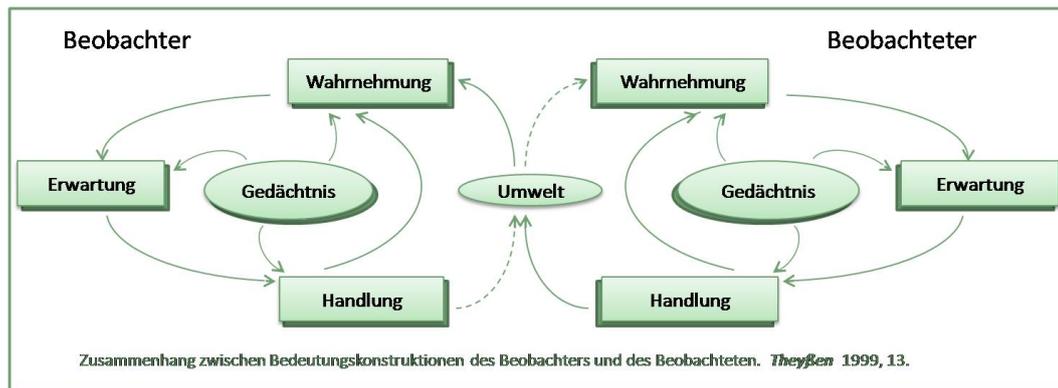
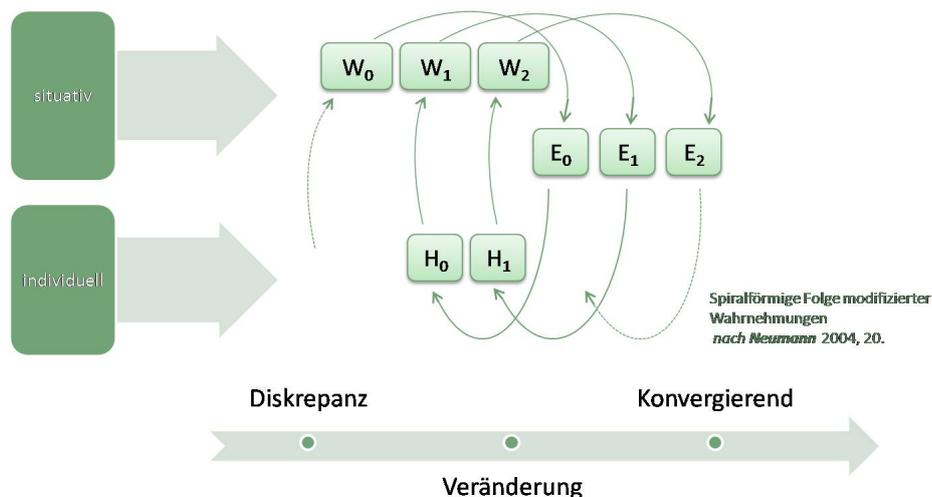


Abbildung 4.4: Bedeutungsrekonstruktion durch Beobachter

Bei Diskrepanz mehrerer aufeinanderfolgender Erwartungen (E_i), reagiert das System notwendiger Weise mit einer Veränderung der nachfolgend ausgeführten oder vom kognitiven System simulierten (*von Aufschneider (2001), S.256*) Handlungen (H_i), wodurch eine spiralförmige Folge zirkulärer Prozesse mit immer kleiner werdenden Diskrepanzen entsteht. Diesen Vorgang nennt man Bedeutungskonstruktion, er wird bei Neumann graphisch beschrieben (Abbildung 4.5).

Abbildung 4.5: Spiralförmige Folge modifizierter Wahrnehmungen, Erwartungen und Handlungen nach *Neumann (2004), S.20*

Folgen mehrere Bedeutungsentwicklungen aufeinander, so gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Falls Diskrepanzen gleich bleiben oder sich vergrößern, ist die Bedeutungskonstruktion nicht viabel (im konstruktivistischen Sinn), bewährt sich also nicht. Es werden neue Bedeutungskonstruktionen erzeugt.

- Konvergieren die Bedeutungskonstruktionen, indem Diskrepanzen immer kleiner werden, so handelt es sich um eine viable Bedeutungskonstruktion.
- die Folge von Bedeutungskonstruktionen, die sich auf denselben Inhalt beziehen, nennt man Bedeutungsentwicklung (nach Welzel, 1995); sie ist ebenfalls situativ und individuell.

Um ein Niveau einer Aktivität näher zu definieren zitiert Neumann das *Bremer Komplexitätsmodell*, welches in vier Hauptebenen mit jeweils zwei untergeordneten Ebenen eingeteilt ist und nach Theyßen eine Diskretisierung einer kontinuierlichen Skala darstellen soll. Diese Ebeneneinteilung findet *von Aufschnaiter (1999)* bereits 1999 und beschreibt diese genauer. (siehe Abbildung 4.6)

Ebene	Beschreibung
Systeme	Konstruktion stabiler Netze variabler Prinzipien
Vernetzungen	Systematische Variation eines Prinzips im Hinblick auf andere Prinzipien
Beziehungen	Verknüpfung mehrerer Prinzipien mit denselben oder unterschiedlichen Eigenschaften
Prinzipien	Konstruktion stabiler Ko-Variationen von zwei variablen Eigenschaften
Programme	Systematische Variation einer Eigenschaft im Hinblick auf andere stabile Eigenschaften
Ereignisse	Verknüpfung mehrerer Eigenschaften derselben oder unterschiedlicher Objektklassen
Eigenschaften	Konstruktion von Objektklassen durch eine diesen gemeinsame stabile Eigenschaft
Operationen	Systematische Variation von Objekten im Hinblick auf Objektmerkmale
Fokussierung	Verknüpfung mehrerer Objekte, Identifikation von Objektmerkmalen
Objekte	Konstruktion stabiler Figur- Hintergrund-Unterscheidungen

Abbildung 4.6: Komplexitätsebenen nach *von Aufschnaiter (1999)* (Abbildung nach *Neumann (2004)*)

„Damit eine Bedeutungskonstruktion in einer gegebenen Situation konvergiert, muss sie eine gewisse Komplexität erreichen.“, *Neumann (2004)*, S.23

Diese Tatsache lässt sich an einem Beispiel besser beschreiben: Anhand von möglichen Bedeutungskonstruktionen, die zur Bearbeitung der Aufgabe „*Messen Sie die Körpertemperatur mit Hilfe eines Ohrthermometers*“ erzeugt werden könnten, sind in

Ebene	Beschreibung	
Ereignisse	Mit einem Ohrthermometer wird die Temperatur des Trommelfells eines/einer Patienten/ Patientin gemessen.	
Eigenschaften	Das Trommelfell hat eine bestimmte Temperatur	Mit dem Ohrthermometer kann man Körpertemperatur im Ohr messen
Operationen	Mit dem Ohrthermometer kann man die Temperatur des Trommelfells eines/einer Patienten/Patientin messen	
Fokussierung	Das Trommelfell hat eine bestimmte Temperatur	Mit diesem Thermometer kann man Körpertemperatur messen
Objekte	Das ist ein Ohr eines/einer Patienten/ Patientin	Das ist ein Ohrthermometer

Abbildung 4.7: Bedeutungskonstruktionen niederer Komplexität

Abbildung 4.7 niedrige Komplexitätsebenen beschrieben. Eine Weiterentwicklung der Bedeutungskonstruktionen zu höherer Komplexität könnte man zum Beispiel durch eine Variation der Patienten oder der Messtechnik mit dem Ohrthermometer mit folgenden Fragestellungen erreichen:

- Wie muss das Ohrthermometer gehalten bzw. positioniert werden und warum?
- Wenn man es richtig hält, so variieren die Messergebnisse trotzdem? Warum?

„Besonders intensives und effektives Lernen erfolgt in der „Begegnung“ mit den Dingen der Realität.“, *Kircher et al. (2000)*, S.65

Eine (dauerhafte) Veränderung kognitiver Teilstrukturen wird als Lernprozess beschrieben. Dieser „setzt die mehrfache, emotionsbegleitete Wiederholung der veränderten, viableren Bedeutungskonstruktionen bzw. -entwicklungen in sehr ähnlichen Kontexten voraus“ (*Theyßen (1999)*, S.12). Neumann beschreibt Lernen folgendermaßen:

„Lernen hat dann stattgefunden, wenn Bedeutungskonstruktionen zu einem späteren Zeitpunkt in einer ähnlichen Situation schneller und mit der gleichen Komplexität erzeugt werden.“, *Neumann (2004)*, S.23-24

4.3 Anwendung der Methode auf Hochschulpraktika

Die im vorangegangenen Kapitel diskutierte Methodik und die lernpsychologischen Annahmen bilden die Grundlage eines Transfers auf die Neuentwicklung der *Übungen zur Physik*.

Die Methode der didaktischen Rekonstruktion für einen Unterrichtsgegenstand *Kattmann et al. (1997)* wurde erstmals von *Theyßen (1999)* für den Hochschulbereich adaptiert und in einer Dissertation veröffentlicht. Gegenstand dieser innovativen empirischen

Forschung war ein Hochschulpraktikum: „*Physik für Mediziner*“. Hierbei handelte es sich, so wie bei den Übungen zur Physik, um ein adressatenspezifisches Praktikum. In ihrer umfangreichen Forschungsarbeit über die fachlichen Anforderungen und die Lernvoraussetzungen, erarbeitete Theyßen ganz bestimmte Forderungen an das Design der neuen Lernumgebung *Physikpraktikum für Mediziner*. Durch eine begleitende Evaluation wurde in mehreren Schritten das Erreichen dieser Ziele überprüft und die Lernumgebung gegebenenfalls angepasst.

Eine weitere Umsetzung der Methode auf ein Hochschulpraktikum findet sich bei *Neumann (2004)*, welcher diesselbe Methode, nach dem Vorbild von Theyßen auf ein Physikpraktikum anwandte. In „*Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*“ beschreibt *Neumann (2004)* die Entwicklung eines neuen Physikpraktikums mittels eines konstruktivistischen Ansatzes.

Im Ausblick von Theyßens Dissertation wird konkret die Untersuchung der Übertragbarkeit ihrer Ergebnisse auf andere Bereiche der physikalischen Nebenfachausbildung vorgeschlagen:

„Es stellt sich die Frage, in wieweit die didaktische Strukturierung auf solche Physikpraktika in anderen Studiengängen übertragen werden kann.“, *Theyßen (1999)*, S.128

Die beiden weiteren Komponenten der didaktischen Rekonstruktion, nämlich die *Fachliche Klärung* und die *Erfassung der Lernerperspektive* sind systematisch neu zu erfassen, da sich das Hauptfach Medizin von der Ernährungswissenschaft unterscheidet und auch die Zusammensetzung der Lerngruppe eine ganz andere sein kann. Die fachliche Ziel- und Schwerpunktsetzung ist somit, trotz der ähnlichen vor allem biologischen Kontexte, zu untersuchen und die motivationalen Aspekte der Lernenden sind zu erfassen, um spezifisch angepasste Inhalte und Methoden auszuwählen.

„Eine Übertragung der Ergebnisse auf die physikalische Nebenfachausbildung im Allgemeinen ist daher nur insofern sinnvoll, als es die *Vorgehensweise* betrifft.“, *Theyßen (1999)*, S.129

In den nun folgenden Kapiteln wird die Neuentwicklung *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften mit Hilfe derselben Vorgehensweise (siehe Seite 29) beschrieben, in Kapitel 7 diskutiert und in Kapitel 8 evaluiert.

Kapitel 5

Arbeits- und Forschungsmethoden

Dieses Kapitel dient dazu die verwendeten Methoden dieser forschungsgeleiteten Entwicklungsarbeit kurz zu skizzieren. Es wird auf den Ablauf in einzelnen Arbeitsschritten konkret Bezug genommen, um die Vorgehensweise in diesem Projekt zu dokumentieren und eventuell anderen Projekten als Leitfaden zu dienen. Im zweiten Teil dieses Kapitels wird der Prozess der Herstellung geeigneter Forschungsinstrumente, hier im konkreten das Erstellen der Fragebögen, beschrieben und auf konkrete Beispiele im Projekt verwiesen.

5.1 Strategie zur Praktikumsentwicklungsarbeit

In Kapitel 3 wird bereits auf den straffen Zeitplan hingewiesen, unter welchem das Projekt eLearnEW¹ startete. Da diese Erneuerungen in den *Übungen zur Physik* inhaltlich und auch durch den Projektantrag eng mit eLearnPhysik² der Fakultät für Physik verknüpft sind, sollen die Entwicklungs- und Testphasen (Blockkurs des Sommersemesters 2008 und Folgesemester) bis Jänner 2009 abgeschlossen werden. Unter diesen Vorgaben wird ein schnelles effizientes Zeitmanagement angestrebt, wobei die Untersuchungen und Befragungen der einzelnen betroffenen Interessensgruppen stark an die Praktikumszeiten gebunden sind.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Entwicklungsarbeit ist der enge Kontakt mit Projektpartner Heinrich Heine Universität Düsseldorf. Alle Ergebnisse, sowie Ideen zur inhaltlichen Umsetzung der gefundenen Ziele werden in vielen Gesprächen weiterentwickelt und in Wien, wie auch in Düsseldorf (siehe Abbildung 3.1) gemeinsam diskutiert. Zu Beginn der Übungen im Sommersemester 2008 werden die Studierenden befragt, um mehr über ihre Erwartungen und ihre Motivation, wie auch exemplarisch über ihr

¹Projekt zur Neugestaltung der *Übungen zur Physik* (für Ernährungswissenschaften)

²eLearning Projekt der Fakultät für Physik

Vorwissen³ herauszufinden (mehr dazu in Kapitel 6).

Nach eingehender Analyse der gesammelten Informationen im April 2008 werden erste Schlüsse gezogen und mögliche Ziele festgesetzt. Die erste Testeinheit, welche als Prototyp für alle sieben Übungseinheiten dient, wird festgelegt: *M1: Grundlagen der Messtechnik*⁴. Hier ist ein starker Bezug zum Praktikum für Mediziner in Düsseldorf erkennbar *Theyßen & Schumacher (2003)*, jedoch werden die Themen in den Kontext der Ernährungswissenschaften übertragen und somit die Messaufgaben verändert.

Ziel ist es, im Juniblockkurs (siehe dazu ursprüngliche Organisationsstruktur 2.2) des Sommersemesters 2008 erstmalig den Prototyp einer neuen *Übungseinheit* zu testen, und somit wird bereits Ende April mit der Anschaffung und Erstellung neuer angepasster Lehrmaterialien begonnen.

Nach Gesprächen mit der Studienprogrammleitung der Ernährungswissenschaften⁵ zeigt sich, dass die Studierendenzahlen in den nächsten Jahren weiter ansteigen werden und somit auch der Andrang auf die *Übungen zur Physik* weiter steigen wird. Da in den vorhandenen Übungen nur 120 Studierende während jeweils des Sommer- und Wintersemesters, sowie weitere 48 Studierende in Blockkursen im Jänner und Juni betreut werden können, ist eine Forderung an die neue Struktur, die Schaffung mehrerer neuer Übungsplätze. Da dies auf Grund von Zeit- aber vor allem Platzmangels in den Räumlichkeiten des Anfängerpraktikums an der Fakultät für Physik nicht leicht möglich ist, muss ein komplett neuer Ansatz gefunden werden.

Mit Unterstützung der Gruppe Experimentelle Grundausbildung⁶ an der Fakultät für Physik wird angestrebt einige ausgewählte Übungseinheiten online anzubieten und damit in Zukunft zwei Übungskurse zeitgleich anzubieten. Auf Basis der multimedialen Lernumgebung Düsseldorf wird ein Autorentool zur „Befüllung“, besser gesagt zum Editieren dieser Online-Experimentiermodule, entwickelt. Ab August 2008 beginnen diese Programmier- und Entwicklungsschritte unter Rücksprache mit dem Team eLearnPhysik und Erfinderin der multimedialen Lernumgebung Heike Theyßen. Mitwirkende in speziellen Aufgabengebieten waren: Peter Reisinger, Harald Höller, Brigitte Wolny, Marion Malleck, Martin Tampier, Dieter Schumacher, Heike Theyßen, sowie Clemens Nagel, Wilhelm Markowitsch und Alfred Korner. Die Aufgaben waren Wissenschaftliche Leitung, Technische Leitung, MediaWiki und Serveradministration, Usability des PhysikWiki, Erstellung der Interaktiven Bildschirmexperimente und Programmierung in Lingo (Shockwave) und später Flash, Programmieren des Autorentools, Technik der Erstellung von Interaktiven Bildschirmexperimenten, Medientechnik: Photographieren. An dieser Stelle knüpft das Projekt eLearnEW aktiv an eLearnPhysik an, welches sich nicht nur erfolgreich mit der Entwicklung neuer Lehr- Lernszenarien eingehend auseinandersetzt, sondern auch mit dem Physik-Wiki⁷ der Fakultät für Physik einen neuen Lernort für Studierende schafft. Es wird versucht die *Übungen zur Physik* Online mit dem Physikwiki zu verknüpfen mit dem Ziel ein Onlinepraktikumstool für die gesamte Fakultät anbieten zu können.

³Im Speziellen ist hier Vorwissen abgefragt, welches nach subjektiver Einschätzung der Experten aus ersten Fragebögen an Lehrende, eine Schwachstelle sein könnte

⁴Später im Sommersemester 2010 bekommt diese Einheit das Kürzel „M“

⁵Prof. Wagner, Prof. Rust

⁶<http://physik.univie.ac.at/index.php?id=622>

⁷www.univie.ac.at/physikwiki

Zusammenfassend sind folgende strategischen Schritte ausschlaggebend für das Projekt:

- Eingehende Analyse der infrastrukturellen Gegebenheiten in den Räumen des Anfängerpraktikums
- Erstellung und Evaluierung geeigneter Fragebögen an Experten und Studierende
- regelmäßige Kooperations- und Arbeitstreffen
- ständiger kommunikativer Austausch mit allen Beteiligten
- Beobachtungen in den *Übungen zur Physik*, sowie Analyse vorangegangener Übungen
- Erfahrungen mit dem Praktikum für Mediziner (Präsenz- und Onlinepraktikum)
- Treffen mit Vertretern der Studienrichtung der Ernährungswissenschaften
- Überzeugen der Studienkommission, dass Physik wichtig ist für das Studium der Ernährungswissenschaften (Weiterführung der Lehrveranstaltungen im Bachelorstudienplan) durch ein Informationsblatt zur Neuentwicklung siehe Anhang A
- Erstellung Interaktiver Bildschirmexperimente
- Entwicklung eines Autorentools für die Befüllung einer multimedialen Lernumgebung
- Organisation von Lehrmaterialien
- Präsentation von Zwischenergebnissen
- ständiger Reflexionsprozess der einzelnen Arbeitsschritte

5.2 Untersuchungsinstrumente

Zu Beginn der Entwicklungsarbeit steht die Erstellung geeigneter Untersuchungsinstrumente, wie in diesem Fall angepasster Fragebögen. Hier werden bereits bewährte Fragebögen auf die Situation *Übungen zur Physik* angepasst und mittels verschiedener Pretestingmethoden auf ihre Qualität/Validität überprüft und umgearbeitet. Bereits Anfang Jänner 2008 ist ein erster Fragebogen⁸ an die Experten⁹ ausgesendet, um

⁸Fragebogen in Anlehnung an die Befragungen der Experten zum Physikpraktikum der Studierenden für Medizin *Theyßen (1999)*

⁹In diesem Fall Betreuer der vorangegangenen Übungen, sowie Studienprogrammleitung und Praktikumsbetreuer der Ernährungswissenschaften

nach deren Erfahrungen, Wünschen und Empfehlungen offen zu fragen und daraus eine mögliche fachinhaltliche Zieldefinition (siehe Kapitel 6) für die neuen Übungen zu entwickeln. Nachdem leider auch nach mehrmaligen Erinnerungen nur eine Rückmeldung aus dem Fach Ernährungswissenschaften zu bekommen ist, werden die vorwiegend von physikalischer Seite eingebrachten Rückmeldungen zusammengefasst und inhaltlich analysiert (Siehe Kapitel 6).

Die verwendeten Testingmethoden der angewandten Untersuchungsinstrumente sind nachfolgend kurz zusammengefasst (5.2.1).

Insgesamt werden folgende Untersuchungsmethoden und Befragungen durchgeführt:

- Zur fachlichen Klärung
 - Narrative Interviews mit Vortragenden der Physikvorlesung für Ernährungswissenschaftler (Prof. Wielke, Prof. Philipp)

In einem narrativen Interview und auch durch eMail Kontakt konnten die Sicht von Prof. Wielke, seine Erfahrungen mit Studierenden und die Auswahl seines Vorlesungsstoffs beziehungsweise das Vorlesungsskript der ursprünglichen *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaftler erfasst werden.
 - Narratives Interview mit Lehrender der Übungen zur Botanik für Ernährungswissenschaftler

Rekonstruktion der Themenschwerpunkte der ersten Online-Übungseinheit *geometrische Optik - Mikroskop*
 - Gruppendiskussion des ersten Konzepts zur Neugestaltung

Das erste Konzept wurde gemeinsam mit Lehrenden der Physik und der Ernährungswissenschaften diskutiert um die Themenauswahl auf sieben Themenschwerpunkte einzukreisen.

Es werden zwei offizielle Treffen zur Abstimmung und Präsentation mit den beiden Vizestudienprogrammleitern¹⁰ für Ernährungswissenschaften (Prof. Wagner und Prof. Rust) im Sommersemester 2008 (März und Mai) arrangiert, welche einmal Gruppendiskussionscharakter aufweisen (vgl. *Lamek (1995)*) und das zweite Mal durch ein problemzentriertes Leitfadenterview in die Arbeit einfließen. Die Ergebnisse werden von der Autorin reduktiv interpretierend notiert.
 - Themenanalysen der Vorlesungsunterlagen aus Physik und den Ernährungswissenschaften mittels selektiv kodierter deduktiver Kategoriendefinition
 - Expertenbefragung zu Inhalten und Zielen der *Übungen zur Physik*: eMail-Fragebogen an die Betreuer der Übungen zur Physik (siehe A.1)
 - Expertenbefragung zu Inhalten und Zielen der *Übungen zur Physik*: eMail-Fragebogen an die Betreuer der Praktika in den Ernährungswissenschaften, sowie an Lehrende (siehe A.1)
 - Problemzentriertes Leitfadenterview mit den Studienprogrammleitern für Ernährungswissenschaften

¹⁰Mit Ernährungswissenschaftsexperten sind Lehrende in Ernährungswissenschaftsvorlesungen und Tutoren in praktischen Übungen der Ernährungswissenschaft gemeint.

- Erfassung der Lernerperspektive
 - Studierendenfragebogen zur Erfassung der Zielgruppe, ihrer Motivation und ihres Vorwissens (siehe [A.1](#) und [A.1](#)).
Onlinefragebogen über BSCW-Server: Pretest
Um die Vorkenntnisse und Motivation, wie in Kapitel [4.1](#) beschrieben, näher erfassen zu können, füllen alle Studierenden des Sommersemesters 2008 den genannten Onlinefragebogen aus. Diese Umfrage soll Aufschluss über deren sozioökonomischen Hintergrund geben um die Zielgruppe näher zu definieren. Die Motivation in Bezug auf Physik und Mathematik soll erfasst werden, um diese auch später in einem Posttest überprüfen zu können oder mit möglichen Auswirkungen einer neuen Lernumgebung vergleichen zu können. Weiters wird versucht mit dem Fragebogen exemplarisch mathematisches Vorwissen mit Schwerpunkt auf Gleichungen zu testen und die Bereitschaft beziehungsweise Fähigkeit zu physikalischem Interpretieren zu erfassen.
 - Studierendenfragebogen zur Erfassung der Motivation nach den Übungen im alten Schema Mai 2008 (siehe [A.3](#)).
Direkt nach der letzten Übungseinheit in den Räumlichkeiten des Anfängerpraktikums: Posttest1
 - Studierendenfragebogen zur Erfassung der Einstellungen nach den Übungen mit neuer Testübungseinheit *M1* (siehe [A.3](#)).
Direkt nach der letzten Übungseinheit in den Räumlichkeiten des Anfängerpraktikum: Posttest2
Eine erste Testgruppe von 23 Studierenden hat im Blockkurs des Sommersemesters 2008 das damalige Beispiel *M1* getestet und hernach einen Fragebogen (siehe [A.3](#)) ausgefüllt. In diesem Fragebogen wurden die Unterschiede zwischen neuem und altem Beispiel erfragt (12 Items), wobei die Daten auch mit der großen Gruppe an Studierenden im Sommersemester ohne *M1* verglichen werden. Weiters wurden diesselben drei Items zur Organisation des Praktikums gestellt, wie auch schon in der Vergleichsgruppe. Zum Abschluss des Fragebogens konnte keine Assoziationsanalyse mehr durchgeführt werden, da die Gruppe sehr klein war, keine Vorfragebögen ausgeteilt wurden und eine große Untersuchung für die Zukunft angestrebt wird. Jedoch war es wichtig, zu überprüfen, ob das Ziel von *M1*, die Grundlagen für die nachfolgenden Versuche zu erarbeiten, erreicht wurde und inwiefern das noch nicht erneuerte Beispiel *M2* (später *E*) dieses Ziel erfüllte.
 - Beobachtungen und Begleitende Beobachtungen
Zur genauen Analyse der Praktikumsituation im (vorbildlichen) Physikpraktikum für Mediziner in Düsseldorf, wurde diese Methode eingesetzt. Ein objektives Bild der Praktikumsabläufe wird durch Vergleich dreier Perspektiven, der Studenten-, Tutoren- und Professorensicht erhalten. Auch während der *Übungen zur Physik* in Wien ist die Autorin im Sinne einer Aktionsforscherin sowohl im Geschehen eingebunden, als Tutorin, als auch

als externe Beobachterin eingesetzt. Zur Überprüfung der entwickelten Methoden und vor allem zur Verbesserung der Anleitungstexte spielen diese Analysen eine wichtige Rolle als zusätzliche Reflexionsmethode im Sinne der Aktionsforschung nach *Altrichter & Posch (1998)*. Auch das Erfahrungswissen anderer Tutoren und Betreuer wird in vielen Nachbesprechungen gesammelt und fließt direkt in die Textgestaltung und Neuorganisation ein.

5.2.1 Entwicklung der Befragungsinstrumente

Zur Entwicklung der Fragebögen wurden jene aus *Theyßen (1999)* entnommen und umgearbeitet, sowie nachfolgend getestet. In diesem Projekt wird anfangs mittels konkreter Befragung von Ernährungswissenschaftsstudierenden mit ähnlichem Studienfortschritt (das heißt im 1.-5. Semester laut Studienplan) gearbeitet. Anschließend werden zwei think-aloud Interviews von Studierenden als Pretesting-Methode der schriftlichen Befragungen eingesetzt

Bevor einzelne Items eines Fragebogens allerdings getestet werden können, müssen diese erst einmal entwickelt sein. In dem Arbeitsbericht der ZUMA¹¹ werden acht Punkte aufgelistet, anhand derer man eine „gute“ Frage beurteilen kann, beziehungsweise auf welche man achten sollte, wenn man sie stellt. Dabei wird bei *Prüfer & Rexroth (2000)* eine gute Frage folgendermaßen definiert:

„Eine gute Frage führt zu einer Antwort, die das, was wir beschreiben oder erklären wollen, reliabel und valide misst.“

Auf die im oben erwähnten Arbeitsbericht genannten acht Punkte wird hinsichtlich der Fragestellung, wie folgt, Rücksicht genommen:

1. Um ein konsistentes Verständnis der Fragen zu garantieren werden diese immer von einem Team an Experten¹² erstellt und von mehreren Personen gegengelesen.
2. Wichtig ist, ist dass die Fragen an die Studierenden auch von diesen immer gleich gut beantwortbar sind. Diese Konsistenz in der Erhebung der Antworten ist schwer überprüfbar. Es wird jedoch beim Pretesting der Fragebögen speziell darauf geachtet, wie bestimmte Items beantwortet werden und eventuell nachgefragt.
3. Es muss eindeutig erkennbar sein, um welchen Fragetyp es sich handelt und es muss beschrieben sein, in welcher Form geantwortet werden soll: Dies ist entweder durch die konkrete Vorgabe von Antwortmöglichkeiten (Multiple/Single Choice), wie bei fast allen Fragen im Studierendenfragebogen (siehe [A.1](#)), oder durch

¹¹Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, Mannheim

¹²Darunter versteht man im Rahmen dieser Arbeit Physik- und Ernährungswissenschaftslehrende, sowie Physikdidaktiker und Tutoren.

Skalierung (metrisch oder nominell) (siehe Motivationsanalyse im Studierendenfragebogen), sowie durch Aufforderung zu einer konkreten Stellungnahme, zum Beispiel die konkrete Fragestellung an Lehrende (siehe [A.1](#) und [A.1](#)), möglich. Auch hierfür ist das Pretesting von entscheidender Bedeutung.

4. Im Fall der Fragestellungen an Lehrende und Studierende werden nur solche Fragen gestellt, für deren Beantwortung die Testpersonen ausreichend Information besitzen, da selbst Erlebtes, Durchgeführtes und Empfundenes gefragt wird. Ausnahme bildet hierbei der Fall, dass tatsächlich Wissen abgefragt wird, wie es bei der Erfassung des Vorwissens in Physik und Mathematik der Fall ist, siehe [A.1](#).
5. Studierende müssen bereit sein korrekte Antworten zu geben. Es wird hierbei besonders auf die Anonymität der Studierenden verwiesen- sowohl bei Online- als auch bei Papierfragebögen wird darauf geachtet.
6. Eine große Rolle bei der Beantwortung von Fragebögen spielt die Motivation. Jedoch soll hier vor allem auf konstante Rahmenbedingungen geachtet werden. Es ist wichtig bei allen Umfragen, die selbe einführende Person und auch die gleichen einleitenden Worte zu finden, sodass hier keine Instabilitäten auftreten. Bei dieser Arbeit übernimmt die Autorin selbst diese Rolle. Um die Konzentrationsfähigkeit der Befragten nicht zu stark zu strapazieren, sind die Fragebögen in maximal sieben Minuten zu bearbeiten und werden meist am Beginn der Übung durchgeführt. In einer Blocklehrveranstaltung ist dieses Kriterium allerdings sehr schwer zu erfüllen. Die Studierenden sehen klarerweise die Zeit, welche sie im Praktikum verbringen, als definiert an und wollen keine außerordentlichen Verlängerungen. Außerdem bleibt nach der Bearbeitung der Übungsbeispiele nicht mehr so viel Konzentration für einen Fragebogen übrig. Der Pretest findet sowieso vor der ersten Übungsinheit statt, es wird aber auch beim Posttest versucht ihn möglichst früh anzukündigen.
7. Kontexteffekte können in erster Linie durch die Abfolge der Fragen gemindert werden, sind aber doch eher für die Konstrukteure versteckt. Erst durch ein Pretesting mit Ernährungswissenschaftsstudierenden können solche Effekte tatsächlich gefunden werden. Was jedoch nicht auszuschließen ist, dass bestimmte Items miteinander korreliert sind, dies ist im Gegenteil sogar sehr hilfreich für die Analyse und Auswertung des Fragebogens, siehe Kapitel 8.
8. Durch Einbettung der Umfragen in den Übungsablauf gab es keine Probleme bei der Erhebung der Umfrage, da diese, organisiert durch eine Person, immer zur selben Zeit im Übungsverlauf statt fanden.

5.2.2 Pretesting

Nach der erfolgreichen Erstellung der Fragebögen ist es unbedingt nötig -wie bereits in [5.2.1](#) erwähnt- diese im Feld zu testen. Dies geschieht durch kognitive Interviews, siehe *Prüfer & Rexroth* (2005), wobei in dieser Entwicklungsarbeit hauptsächlich Probing

und Think Aloud als Nachfragetechniken zum Einsatz kommen. Um die einzelnen Fragen zu gestalten wird schon im ersten Reflexionsschritt darauf geachtet möglichst viele Personen zum Verständnis zu befragen (Nachfragen zum Verständnis (Comprehension Probing)). Bei den Skalierungen wird darauf geachtet eher eine gerade Anzahl von Antwortkategorien vorzugeben, da eine Mittenbevorzugung bei der geringen Anzahl an Probanden zu vermeiden ist (Nachfragen zur Wahl der Antwortkategorie/des Skalenswertes (Category Selection Probing)), jedoch werden bei den Studierendenfragebögen auch fünf Antwortmöglichkeiten vorgegeben, da mit über 100 Teilnehmern zu rechnen ist. Nachfragen zur Informationsbeschaffung/-gewinnung (Information Retrieval Probing) ist in diesem Fall gar nicht nötig, da zum Beispiel das Vorwissen der Studierenden in den ersten Semestern zum Großteil aus der Schule stammt (speziell was mathematische Überlegungen betrifft) und hier auf diesen Aspekt nicht näher eingegangen werden soll. Es interessiert vielmehr, welches Vorwissen besteht und weniger woher es kommt. Zur Übergrüfung der fertigen Fragebögen werden mehrere kleine think-alloud Interviews mit Studierenden in den ersten Semestern (Ernährungswissenschaftlerinnen, Wirtschaftsinformatikerin, Chemikerin) durchgeführt. Die fertigen Befragungsinstrumente finden sich in [A.1](#).

5.2.3 Auswertung und Qualitätssicherung

Die erworbenen Datensätze liegen in verschiedenen Formen vor (Word-Formulare, exportierte csv.-files der BSCW- Onlineumfrage, transskribierte Interviews, Papierfragebögen). Zur Auswertung dieser gesammelten Daten wird versucht passende Methoden zu finden, die Daten zweckdienlich schnell auswerten zu können. Dafür wird vorwiegend mit SPSS und Excel gearbeitet; es werden Themenanalysen nach *Forschauer & Lueger (2003)* durchgeführt und Antworten induktiv kategorisiert zusammengefasst. Die Daten wurden hauptsächlich mit Excel aber auch mit SPSS (*Janssen & Laatz (2007)*) vor allem verwendet für Teststatistiken und Korrelationsrechnung nach Pearson) ausgewertet. Neben einer deskriptiven Analyse der Daten wurden auch Mittelwerte einzelner Items auf Unabhängigkeit getestet (Chi^2 - und t-Test) und die Stichproben auf Normalverteilung getestet. Bei Stichproben, welche nicht normalverteilt waren, wurde versucht mit Chi^2 -test auf Unabhängigkeit zu testen.

Die Analyse der Einstellungen der Studenten zu physikalischen Experimenten und rechnerischem Auswerten wurden offen kodiert und auf Reliabilität und Validität untersucht. Die Gültigkeit wurde durch Außenkriterien geprüft, dabei wurden gegensätzliche Fragen gestellt, welche auch gegensätzliche Antworten ergaben („fad“ - „interessant“). Die Zuverlässigkeit wurde durch eine Konsistenzprüfung mittels „split-half“ in SPSS getestet, wobei der Datensatz in zwei Hälften geteilt und dabei unabhängig ähnliche Ergebnisse erzielt wurden.

Nach *Altrichter & Posch (1998)* müssen drei Gütekriterien für eine „Weiterentwicklung der untersuchten Situation (Praxis) im Sinne aller von ihr Betroffenen“ erfüllt sein:

„*Erkenntnistheoretische (epistemologische) Kriterien, pragmatische Kri-*

terien und ethische Kriterien“, *Altrichter & Posch (1998)*, S.116

Erkenntnistheoretische Kriterien werden durch Erprobung in der Praxis, sowie durch Validitäts- und Reliabilitätsprüfung (siehe oben) sichergestellt. Es wird besonders darauf geachtet, dass die Ergebnisse mit Perspektiven aller Beteiligter in den Übungen zur Physik konfrontiert werden. Objektivität ist durch die Beobachtung mehrerer Personen mit gleichen Feststellungen gegeben.

Wie bei *Nagel (2009)*, beziehen sich pragmatische Kriterien „in erster Linie auf die angewandten Methoden: Forschungsprozess und Untersuchungsmaterialien sind derart gestaltet, dass sie von professionellen Praktikern (den lehrenden und forschenden Personen) ohne übermäßigen Zeitaufwand für die Weiterentwicklung ihrer Praxis genutzt werden können“.

Für die Evaluation der neuen Übungseinheit *M1* mittels 23 Fragebögen wurden die Mittelwerte der einzelnen Items verglichen und auf Gleichheit getestet um Aussagen über Ergebnisse in großen Grundgesamtheiten treffen zu können. Weiters wurde eine umfassende Korrelationsanalyse nach Pearson in SPSS gerechnet um herauszuarbeiten, welche Items sich positiv beziehungsweise negativ aufeinander auswirken und mögliche Prognosen oder auch Hypothesen für die Zukunft abzuleiten wie auch einen Vergleich mit Hilfe einer zweiten Korrelationsanalyse der großen Studierendengruppe ohne *M1* anzustellen.

Kapitel 6

Ergebnisse

In den vorangegangenen Kapitel wird die grundlegende Methode dieser Entwicklungsarbeit theoretisch erklärt. In diesem Kapitel wird der Weg von den ersten Umfragen über viele Reflexionsschritte bis zur Gestaltung der neuen beispielgebenden Übungseinheit *M1* (später *M*) geschildert. Dabei wird nach dem in Kapitel 4.3 beschriebenen Konzept der didaktischen Rekonstruktion von Hochschulpraktika *Theyßen (1999)* vorgegangen und in die drei geforderten Bereiche *fachliche Klärung*, *Lernerperspektive* und *didaktisches Design* (siehe Abbildung 4.1) eingeteilt.

Es wird versucht die vielen einzelnen Arbeitsschritte so zusammenzufassen um dann das neue Design transparent zu präsentieren.

6.1 Fachliche Klärung

„Lehrziel war immer eine gewisse Allgemeinbildung in Anlehnung an Kapitel der Physik. [...] Kernstoff war das Wissen um Radioaktivität, sowie Energie, Energieerzeugung und Ernährung.“, Interview Prof. Wielke 2009

Für eine umfangreiche Analyse der fachlichen Inhalte werden sowohl die vorhandenen Vorlesungsunterlagen studiert, als auch die Lehrenden einzeln befragt, wie in Kapitel 5 beschrieben. Die Vorlesung aus Physik für Ernährungswissenschaftler (Prof. Wielke und später Prof. Philipp) und auch die vorangehenden ernährungswissenschaftlichen Vorlesungen werden einer Inhaltsanalyse (wie in Kapitel 5 beschrieben) unterzogen, das heißt nach Inhaltsgebieten durchsucht, welche für die *Übungen zur Physik* interessant und passend scheinen.

Vor allem sind die Vorlesungen der Studieneingangsphase (STEP¹) des Bachelorstudiums für Ernährungswissenschaften von besonderem Interesse. Die Analyse der Unter-

¹Allgemeine und organische Chemie, Anatomie und Histologie des Menschen, Grundlagen der Physiologie des Menschen, Ernährungslehre angewandt und multidisziplinär

lagen erfolgt nach mehreren Kriterien. Zu Beginn werden diejenigen Vorlesungen und Praktika ausgewählt, welche im Studienplan zeitlich in der Nähe der Physiklehrveranstaltungen (Modul 4) angesiedelt sind (Studieneingangsphase: Module 1, 2, 3 und 5) Es wird in vorhandenen Skripten nach physikalischen *Grundbegriffen*, *Messgrößen* und *Maßeinheiten* gesucht. Weiters wird der Kontext, in welchem diese physikrelevanten Themen vorkommen erfasst und einem Bereich der Physik zugeordnet.

- **Chemie für Ernährungswissenschaftler (Prof. Lorbeer)**

- Atombau
- Elektrochemie: Ionenkonzentration, Elektroden, Potentialdifferenz=Spannung, Voltmeter, Dielektrizitätskonstante
- Thermodynamik: Wärme, Temperatur, Druck, Gasgesetze: Boyle Mariotte und Gay Lussac, Partialdrücke, Zustandsdiagramme
- Physikalische Trennmethode: Destillation (Dampfdruck, Temperatur), Kristallisation, Chromatographie (Wärmeleitfähigkeit, Kapillaren, Manometer), sublimieren, verdampfen, sieden, kondensieren
- Zustandsgrößen: Siedepunkt, Brechungsindex (abhängig von Temperatur, Refraktometer von ABBE), Schmelzpunkt (Reinheitskriterien)
- Optische Aktivität
- Spektroskopische Methoden: UV-Vis (Ultraviolett-Visuell), IR (Infrarot), NMR (Nuclear Magnetic Resonance), MS (Mass Spectroscopy), Molekülschwingungen, Anregung von Elektronen, Fourier Transformation und Resonanz, Dia- und Paramagnetismus, Spin, Wellenzahl und Wellenlänge
- Einheiten: Volums- und Massenprozent, Mol, Parts per Million (ppm), Volt, Milligramm, Nanometer

- **Anatomie (Prof. Windisch)**

- Mechanik: Beweglichkeit (Motorik), Belastbarkeit (Statik)
- Festkörperphysik: Membranen, Oberflächen und Kapillaren (Querschnitt, Druck), Dehnbarkeit, Festigkeit, Spannung, elastisch, amorph, fest, (Fasern, Bänder, Sehnen, Knochen und Knorpel)
- Energie/-verbrauch: Elektrolythaushalt, Leistung, Gastransport (Stoffwechsel)
- Strömungslehre: Wirbel, Strömung (Flüssigkeiten)
- Elektrizitätslehre: Erregungsleitung, Leitfähigkeit, Impuls, Sinusrhythmus, Frequenz (Nervensystem)

- **Physiologie des Menschen (Prof. Ekmekcioglu)**

- Membranen: Ionenkanäle, Permeabilität, elektrochemischer Gradient, Protonengradient, Membran-Potentiale, Diffusion, Poren, Druck, Kapillarlänge

- Wärme und Energiehaushalt: Energiestoffwechsel, Energiegewinnung, Körpertemperatur, Wachstumskurven
 - Flüssigkeiten: Konzentrationen (mMol/l), Durchblutung (ml/min), Elektrolythaushalt, Blutdruck (mmHg), Filtration, Molekülgröße (nm), osmotischer Gradient, Osmolarität, hydrostatischer Druck
 - Elektrischer Strom: Widerstand, Potential, Spannung, Ladungsausgleich, elektrische Synapsen (Reizweiterleitung)
 - Einheiten: Aktionspotential (mV, mV/ms), Permeabilität, Zeit, Geschwindigkeit, Leitfähigkeit, Druck (mmHg), Volumen (ml)
- **Ernährungslehre angewandt und multidisziplinär (Prof. Rust)**
 - Körpergewicht (Masse!), Körperzusammensetzung (Intra- und Extrazelluläre Masse/Flüssigkeit), Body Mass Index (BMI)
 - Energiebedarf des Menschen (kJ/d), Grundumsatz, Brennwert, Energieumwandlung
 - Anteile, Prozente, Stoffdichten, Relativwerte, Dosierungen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht/Tag), Bedarf ($\mu\text{g}/\text{d}$)
 - **Biostatistik (W. Timischl) und Statistik (A. Baierl und A. Futschik)**
 - Mittelwert (arithmetisches Mittel), relative Häufigkeit, Prozent, Verteilungsformen, Streumaße (Varianz, Standardabweichung), Messfehler (Normalverteilung $N(\mu, \sigma^2)$), Box-Plots, Konfidenzintervalle, Erwartungswert

Des Weiteren dienten Bücher wie Physik für Mediziner, Lebensmittelphysik *Figura & Teixeira* (2007) und Standardwerke wie Demtröder *Demtröder* (1998) und Tipler *Tipler* (1994) zur weiteren Festlegung und Recherche interessanter Kapitel aus der angewandten Physik.

6.1.1 Auswertung der Fragebögen für Physikexperten

Mit dem Fragebogen: “Ermittlung von Zielen in den Übungen für ErnährungswissenschaftlerInnen“ (siehe A.1), welcher an Physikexperten, also an Lehrende in den *Übungen zur Physik* ausgesendet wurde, können folgende Ergebnisse zusammengefasst werden.

Es nahmen insgesamt 13 Personen an der Befragung teil, sechs Vortragende, drei Assistenten und vier Tutoren, welche alle in den *Übungen zur Physik* involviert waren, beziehungsweise sind.

Bei der Analyse des Hauptziels der Übungen werden zwei Fragen zur Bewertung gestellt:

- Item 1
Die Studierenden erlernen experimentelle Fähigkeiten (technische Fähigkeiten, Aufbau von Experimenten)

- Item 2
Die Studierenden vertiefen physikalische Kenntnisse (in einer lernwirksameren Umgebung werden physikalische Zusammenhänge mit ihrem Fach hergestellt)

Tabelle 6.1: Auswertung der Zieldefinition der *Übungen zur Physik* (1...trifft sehr zu bis 4...trifft nicht zu)

Item 1	Item 2
$1,8 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$

Ein Tutor enthielt sich der Stimme bei der Beantwortung dieses Items, auch ist bei der Auswertung (siehe Tabelle 6.1) ergänzend zu bemerken, dass die Gruppe der Vortragenden eher zum *Erlernen experimenteller Fähigkeiten* tendiert, während Tutoren und Assistenten stark das *Vertiefen physikalischer Kenntnisse* favorisieren. Unter diesem Aspekt ist das durchaus sehr knappe Ergebnis zu sehen. Für die Übungen kann also nicht ein einziges Ziel im Mittelpunkt stehen, sondern es sollten sowohl Lernwirksamkeit und Vertiefung physikalischer Kenntnisse, als auch experimentelle Fertigkeiten berücksichtigt werden.

Im Anschluss werden die gesammelten Antworten themenspezifisch zu den einzelnen Frageitems an Physikexperten zusammengefasst, wobei jeweils die erstgenannten Bereiche öfter vorkamen. Wegen der geringen Anzahl an Befragten, sind viele Argumente nur einmal genannt.

1. *Welche Kenntnisse nehmen Studierende derzeit aus den „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ mit?*
Studierende behalten neben des Erlernens der Bedienung von Geräten, einfache physikalische Aufbauten, einige wenige Begriffe, meist auswendig gelerntes Detailwissen, sowie die Bewertung von Messergebnissen (dh. Umgang mit numerischen Daten). Außerdem kann eine gewisse Einsicht in das experimentelle Arbeiten (dh. eine grundlegende Experimentiertechnik) und das Üben von Form und Aufbau von Protokollen² gewonnen werden. Einige wenige Studierende, die genügend Vorkenntnisse mitbringen, können wirklich profitieren.

2. *Was schätzen Studierende Ihrer Meinung nach derzeit an den Übungen zur Physik?*

²Zur Zeit der Umfrage besuchten noch viele Studierende das Chemiepraktikum vor/oder gleichzeitig zu den *Übungen zur Physik*. Im neuen Studienplan sind diese Übungen die erste Lehrveranstaltung, in der das korrekte Protokollieren gelernt wird.

Abgesehen davon, dass Physik als „Randfach“ angesehen wird, oft äußerst unbeliebt ist oder als lästig empfunden wird und die Motivation dementsprechend niedrig ist, schätzen Studierende aus der Sicht der Lehrenden *die entspannte Atmosphäre* im Praktikum, wie auch die *individuelle Betreuung mit anschaulichen ausführlichen Erklärungen*. Das Wissen, über den doch meist positiven Abschluss der Lehrveranstaltung wurde auch genannt.

3. *Wo haben Studierende der Ernährungswissenschaften die größten Verständnisprobleme mit Physik?*

Die meisten Probleme finden sich wohl im mathematischen Formalismus und dem Fehlen von mathematischen Fertigkeiten wie *Gleichungen umformen* und *Differenzen bilden*. Basiswissen fehlt oftmals, *Faktenwissen* überwiegt gegenüber dem *Kontextuellen Wissen* eindeutig. Das heißt unter anderem fehlt *der Blick für die Notwendigkeit oder Sinnhaftigkeit* genauso, wie das Verständnis für die Methodik der Physik. Generell bestehen große Probleme beim Umgang mit *Dimensionen physikalischer Größen und Größenordnungen (Zehnerpotenzen)*. Bei der Angabe von *Fehlern und dem Verständnis von Unsicherheiten* mangelt es auch.

4. *Welche Experimente fallen den Studierenden der Ernährungswissenschaften besonders schwer und was sind mögliche Gründe dafür?*

Das problematischste Beispiel (vgl. mit alter Übungsstruktur Abbildung 2.1 auf Seite 13) ist das „*Wechselstrombeispiel*“ (es wurde von fast allen Betreuern genannt) und das „*Oszilloskop*“. Allgemein, alle elektrischen Beispiele bereiten Schwierigkeiten. Weiters treten bei den „*Flüssigkeiten*“ und auch bei der „*Brechung*“ Probleme auf.

Mögliche Ursachen für die oben genannten Mängel können durch unpassende Methodenwahl (*wenig bis fehlende Anschaulichkeit, Ablesen von Werten, Kochrezept befolgen, fehlende Handlungskompetenz Geräteumgang, Schaltungen*) und unzureichende Übungsunterlagen (*fehlende Erklärung im Anleitungsheft, fehlendes Verständnis der Zusammenhänge*) zusammengefasst werden.

5. *Welche Bereiche der Physik müssten aus Ihrer Sicht in den „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ behandelt werden?*

Zuerst wurden Beispiele genannt, die nicht mehr oder zu mindest reduziert vorkommen sollen:

- Elektrik, das heißt Wechselstrombeispiele
- Fehlerrechnung
- Oszilloskop
- Pendel
- Flüssigkeiten

Weiters wurde der Wunsch nach mehr Koordination mit der Vorlesung zur Physik geäußert und folgende neue Beispielbereiche mit dem Motto „*weniger ist mehr*“ vorgeschlagen:

- Thermodynamik: Wärmelehre, Kalorimetrie, Schmelzwärme

- Phasenübergänge
- Energie
- Grundlegendes Messen, Fehlerrechnung: Konzept der Unsicherheiten
- Physik des menschlichen Körpers + Ernährung, Lebensmittelphysik
- Elektrische Leitfähigkeit
- Fluide, Oberflächenspannung
- Wechselstromimpedanzen
- Mechanik
- Optik
- Molekularkräfte

6. *Was sollten Ihrer Meinung nach die übergeordneten Ziele der „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ sein?*

Hier liegt der Schwerpunkt mehrheitlich auf der Vermittlung von Prinzipien, statt der Vertiefung in Spezielles (das bedeutet mehr Kontextuelles-, Konzeptuelles- und Methodenwissen statt des Erwerbs von reinem Faktenwissen und Einüben von Fehlkonzepten). Es werden kognitive Ziele formuliert, wie zum Beispiel *Verständnis physikalischer Zusammenhänge und physikalischer Formeln, Gefühl für Einheiten und Größenordnungen entwickeln* sowie der *Umgang mit Messergebnissen und deren Interpretation* und ein *Konzept von Unsicherheiten entwickeln, Grundkenntnisse der Laborarbeit bzgl. Datenerfassung (Messung) und deren kritischer Auswertung* erwerben. Unter die affektiven Ziele fällt *Physik fürs tägliche Leben und Bewusstseinsbildung fördern, Neugierde wecken*. Auch prozessorientierte Ziele werden genannt wie *selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten, Denken und Handeln fördern, wissenschaftliche Geräte bedienen lernen* und *Protokollieren lernen und üben*. Eines der interessantesten, wenn auch metafachlichen Ziele findet sich in *Zusammenhang mit Ernährungswissenschaften erkennbar machen*.

7. *Welche Eigenschaften soll eine ideale Übung für Ernährungswissenschaftler haben?*

Hier wurden sehr vielschichtige Vorschläge gemacht, beginnend bei einem Motto: *„Weg von dem Image des lästigen faden Pflichtfachs, hin zum interessanten Praktikum!“* Es wurden aber auch organisatorische Vorschläge eingebracht *„Es wäre ideal, wenn zwischen Vorlesung und Übung weniger zeitlicher Abstand bestünde.“*

- Organisatorische Eigenschaften:
 - „*Verpflichtender eLearning-Teil, damit die Übung stressfrei für „Aha-Erlebnisse“ bleibt.*“
 - „*Permanente Rückmeldungen*“
 - „*Anpassung an das Studium und berufliche Tätigkeitsbereiche*“
 - „*Gute Ausstattung, Infrastruktur*“
- Inhaltliche Eigenschaften:
 - „*Implizite Vermittlung von Messgeräten, - methoden und - größen*“
 - „*Weniger Beispiele aber selbstständigere Durchführung*“

-
- „Einsicht in den Nutzen der Lehrveranstaltung: Bezug zur Ernährungswissenschaft“
 - „Unmittelbar erzielbare und interpretierbare Ergebnisse“
 - „Inhaltliche Kopplung von Vorlesung und Übung“
 - „Soll Spass machen“
 - Eigenschaften des Anleitungstextes:
 - „Klare Aufgabenstellung und klar motivierte und nachvollziehbare Erläuterung theoretischer Grundlagen“
 - „Sichere Durchführung von überschaubaren Experimenten“
 - „Dauerhaft und wirksam Inhalte und Verständnis vermitteln“
 - „Unmittelbar erzielbare und interpretierbare Ergebnisse“
 - „Hilfestellungen bei Problembewältigung“
 - „Kurz, klar, verständlich, manchmal spannend, interessant, anspruchsvoll und lehrreich“

6.1.2 Auswertung der Fragebögen an Ernährungswissenschaftsexperten

In persönlichen Gesprächen, Gruppendiskussionen und (Leitfaden-) Interviews ergeben sich folgende Themenschwerpunkte: Anthropometrie, Spektrometrie und Photometrie, sowie Mikroskopie und anwendungsorientierte Beispiele.

Leider kann von Seiten der Ernährungswissenschaften kaum eine Beteiligung an der Zielfindung per Fragebogen festgehalten werden, da keine Fragebögen zurückgesendet werden. Nach einem Treffen mit mehreren Tutorinnen für Übungen auf der Ernährungswissenschaft (im April 2008), und einer Präsentation eines ersten -von Seiten der Physik entwickelten- Konzepts (siehe A) wird *eine einzige* Fragebogenrückmeldung zurückgesendet:

Hierbei ist das Vertiefen physikalischer Inhalte als sehr wichtig eingestuft und das Experimentieren mit eher unwichtig bewertet.

Da die wissenschaftliche Mitarbeiterin, welche als einzige geantwortet hat, Studierende im chemischen Labor mit Lebensmittel- und Blutanalysen betreut, arbeiten die Studierenden hauptsächlich mit Waagen und Photometern (Kjehldahl-Protein, ASE- Fett, AAS-Selen). Wichtige Voraussetzungen für ein besseres Verständnis ihrer betreuten Lehrveranstaltung wären: „*Basiswissen, Umgang mit Zahlen, Konzentrationen, Messen, ...*“

Bei der Frage nach wichtigen physikalischen Bereichen bezieht sie sich auf die Präsentation (siehe Abbildung 6.13) der Autorin, wobei ihr die Themenbereiche: Grenzflächenphysik und Leitfähigkeit als nicht so wichtig erscheinen.

Bei einem zweiten Treffen mit der Studienprogrammleitung Ernährungswissenschaft wird besonders darauf Wert gelegt, dass, das mit Hilfe der bereits gesammelten Rückmeldungen der Physiklehrenden und Ernährungswissenschaftsstudierenden, entwickelte Konzept, gut vorgestellt ist und vor allem die Prioritäten der einzelnen Themengebiete diskutiert werden. So kann auch die Auswahl der sieben Übungseinheiten aus ursprünglich acht bis neun verschiedenen Themenkreisen besser getroffen werden. Mehr dazu siehe 6.3.

Für die Weiterentwicklung der ersten Onlineeinheit „Mi -Geometrische Optik- Mikroskop“ (später „O -Geometrische Optik“) ist Prof. Till, welche die Übungen zur Botanik der Ernährungswissenschaften leitet, in einem narrativen Interview zu den Zielen einer Grundlageneinheit Optik und Mikroskopie, sehr hilfreich.

6.2 Lernendenperspektive

An dieser Stelle sind die Ergebnisse der Umfrage an Studierende zur Erfassung ihrer Vorkenntnisse und Motivationen zusammengefasst:

Der Großteil der Studierenden sind Frauen, die Männer sind mit einem Anteil von etwa 17% vertreten, wie in Abbildung 6.1 zu sehen. Die Studierenden kommen meist aus Wien und Umgebung (85%), wobei auch 10% Studierende aus Deutschland und weitere 5% aus anderen europäischen Ländern in Wien Ernährungswissenschaften stu-

Studierende der Ernährungswissenschaft in den Übungen zur Physik

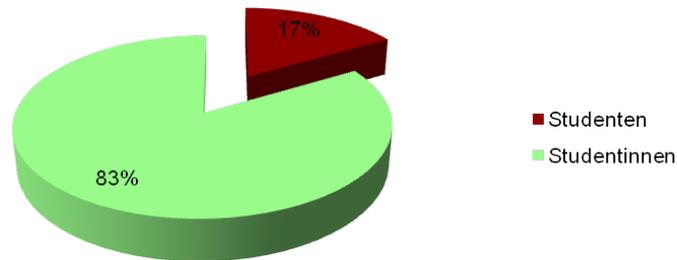


Abbildung 6.1: Das Verhältnis von Studentinnen und Studenten in den *Übungen zur Physik*

dieren. Die meisten Praktikumsteilnehmer sind im zweiten Semester manche im vierten

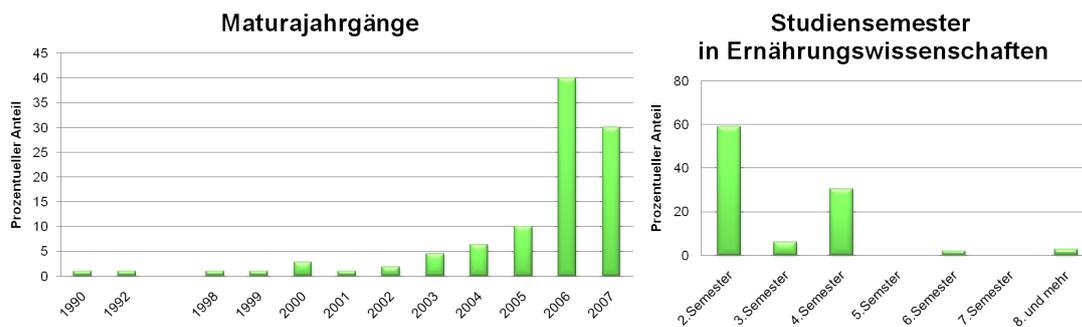


Abbildung 6.2: Maturaabschluss und Anzahl an bereits inskribierten Semestern in Ernährungswissenschaften

Semester ihres Studiums (siehe Abbildung 6.2). Das liegt vor allem daran, dass Physik im alten Studienplan im vierten Semester und im neuen Curriculum im zweiten Semester vorgeschlagen ist. Die Vorbildung der Studierenden liegt mit der Matura meist nicht mehr als drei Jahre zurück, wobei 24% naturwissenschaftliche und jeweils 21% neusprachliche bzw. wirtschaftskundliche Gymnasien besuchten. Ein weiteres Drittel der Studierenden besuchte sportliche, musische, grafische, umweltökonomische, technische und sogar lebensmitteltechnische Zweige, welche oft ein Jahr längere Schulzeit in Anspruch nahmen.

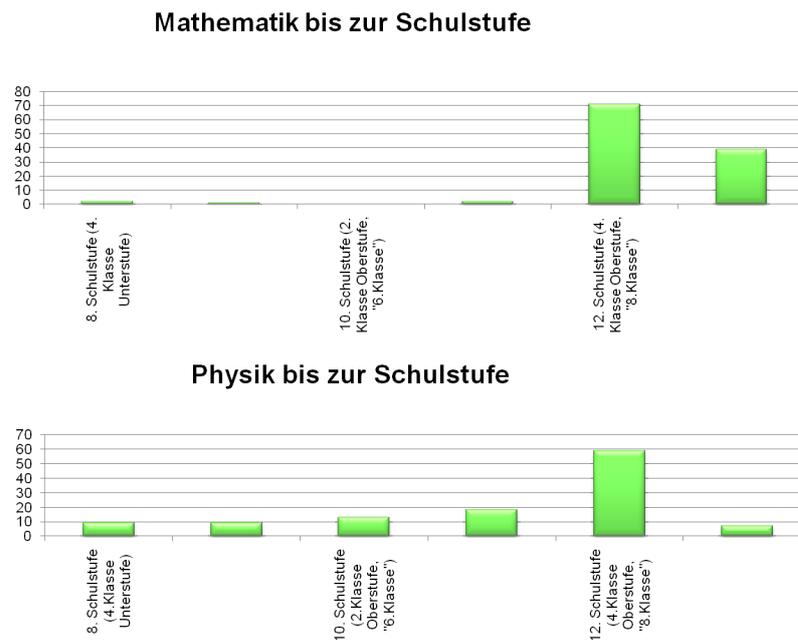


Abbildung 6.3: Vergleich der letzten Unterrichtseinheiten in Mathematik und Physik

Da Lehrende der *Übungen zur Physik* besonders in Mathematik fehlendes Wissen vermuten, wird auch dieses näher untersucht. Die Studierenden hatten fast alle bis zum letzten Schuljahr Mathematik (Abbildung 6.3) und davon sogar 9% mit Freiarbeit und 6% Projektunterricht (Abbildung 6.4). Der Physikunterricht hingegen ist schon etwas breiter gestreut und meist weiter zurückliegend, außer bei Absolventen der Gymnasien. Erfreuliches Ergebnis ist die Methodenvielfalt im Physikunterricht: 20% gaben an, Demonstrationsexperimente gesehen zu haben, 16% haben bereits Schülerexperimente selbst durchgeführt, 14% hatten Projekt und Gruppenarbeiten im Unterricht gemacht (Doppelnennungen waren möglich!). 17% der Ernährungswissenschaftsstudierenden haben sich über den Schulunterricht hinaus mit Physik beschäftigt, 5% sogar in Physik maturiert (siehe Abbildung 6.5).

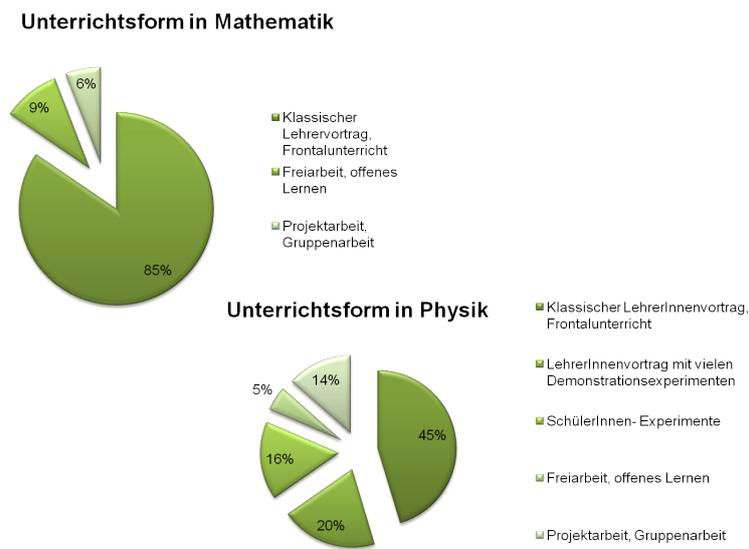


Abbildung 6.4: Methodenvielfalt im Mathematik- und Physikunterricht

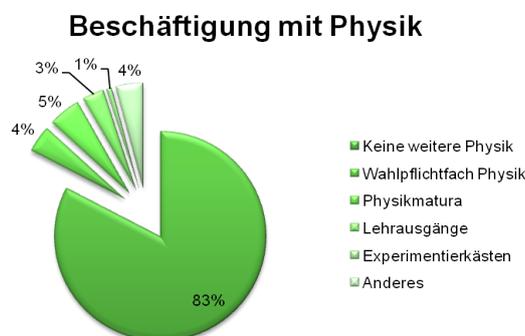


Abbildung 6.5: Beschäftigung mit physikalischen Themen über den Schulunterricht hinaus

Um die mathematischen Fähigkeiten insbesondere das viel benötigte Umformen von Gleichungen zu überprüfen, sind in dem Fragebogen drei Fragen zu folgendem Sachverhalt formuliert:

Das Bild (siehe Abbildung 6.6) zeigt die Fußabdrücke einer gehenden Person. Die Schrittlänge P entspricht dem Abstand zwischen den hintersten Punkten von zwei aufeinander folgenden Fußabdrücken. Für das individuelle Gehen von Männern drückt die Formel $\frac{n}{P} = 140$ die ungefähre Beziehung zwischen n und P aus, wobei n = Anzahl der Schritte pro Minute und P = Schrittlänge in Meter.

1. Wenn die Formel auf Daniels Gangart zutrifft und er 70 Schritte pro Minute macht, wie viel beträgt dann seine Schrittlänge?
Daniels Schrittlänge beträgt einen halben Meter.
2. Bernhard weiß, dass seine Schrittlänge 0,80 Meter beträgt. Die Formel trifft auf Bernhards Gangart zu. Berechnen Sie Bernhards Gehgeschwindigkeit in Metern pro Minute (m/min) und in Kilometern pro Stunde (km/h).
Bernhards Gehgeschwindigkeit beträgt 112 m/min oder 6,72 km/h.
3. Lesen Sie die Schrittlänge P von Jasmin aus dem Bild (Abbildung 6.7) ab! Die Schrittlänge beträgt wie viele Zentimeter (cm)? Bitte Einheiten beachten! *Jasmins Schrittlänge beträgt 44 cm.*

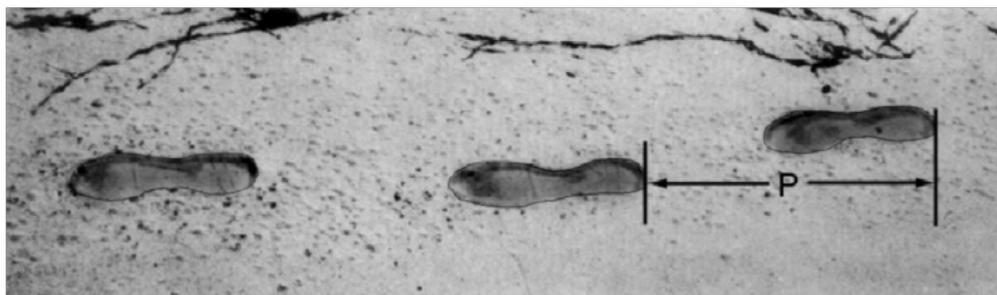


Abbildung 6.6: Fußabdrücke im Sand (Aufgabe aus PISA 2006)

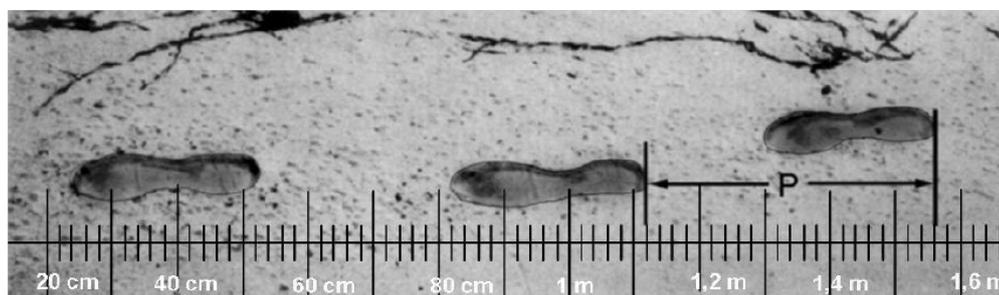


Abbildung 6.7: Fußabdrücke im Sand mit Maßstab

Die erste Frage (Item 14) beantworten noch zwei Drittel der Studierenden richtig, die zweite Frage (Item 15) haben nur mehr knapp 15% richtig und den Maßstab (Item 16)

lesen mehr als die Hälfte der Studierenden falsch ab (siehe Abbildung 6.8).

Dieses Ergebnis bestätigt die Erlebnisse und subjektiven Eindrücke der Lehrenden aus dem Praktikum.

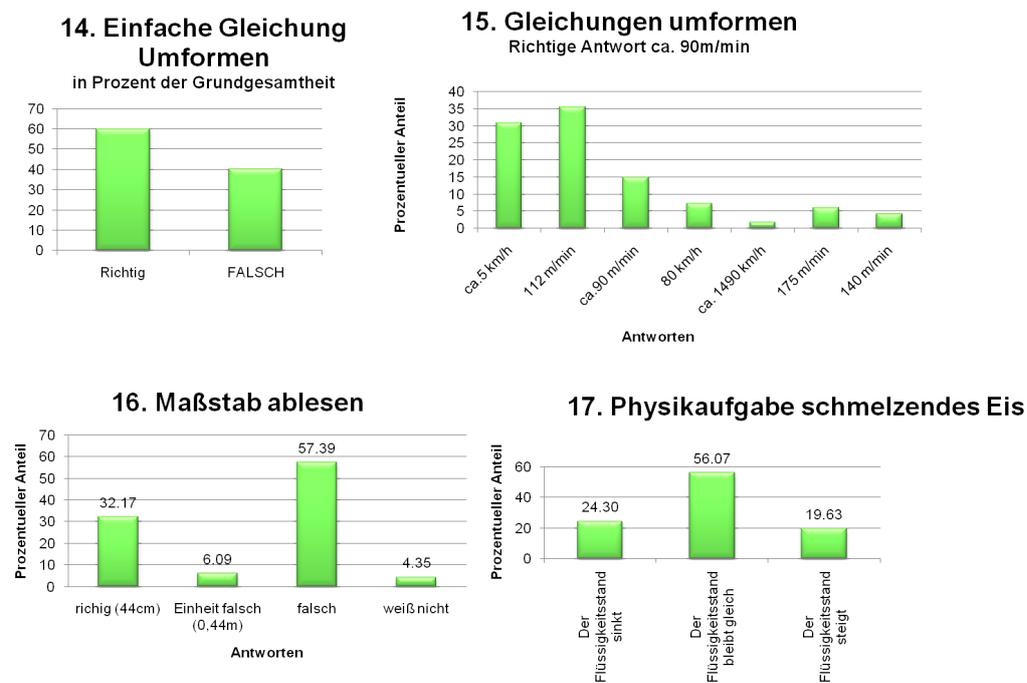


Abbildung 6.8: Auswertung der Items 14 bis 17

Ein erfreulicheres Ergebnis lieferte die Frage aus der Physik (Item 17):

Der Flüssigkeitsstand in einem Glas Orangensaft reicht bis zur Marke A. Nachdem ein großer Eiswürfel ins Glas gefallen ist, schwimmt der Eiswürfel, und der Flüssigkeitsstand steigt bis zu einer neuen Marke B. Was geschieht mit dem Flüssigkeitsstand, wenn der Eiswürfel schmilzt?

Eine Hälfte der Studierenden hatte mehrere Antwortmöglichkeiten vorgegeben (57 Studierende), der zweite Teil (56 Studierende) durfte eine freie Antwort angeben, jedoch war immer eine Begründung der Antwort verlangt. In Abbildung 6.8 sind die Ergebnisse aus Item 17 dargestellt. Beide Gruppen konnten die Frage mit 55% beziehungsweise 57% richtig beantworten. Die erste Gruppe, welche Antwortvorgaben hatte, tendierte eher zum Sinken des Flüssigkeitsspiegels (34% aller Antworten) und die Gruppe der Studierenden, welche freie Antworten gaben, bevorzugte mit 30% aller Antworten ein Ansteigen des Flüssigkeitsspiegels. Mehr als die Hälfte der Studierenden hatte aber unabhängig von der Antwortmöglichkeit eine richtige Antwort gegeben, vier Fünftel bemühten sich eine erklärende Formulierung zu finden, wobei nur sehr wenig richti-

ge Antworten darunter waren, wie zum Beispiel: „Der Eiswürfel verdrängt gleich viel Wasser, wenn er schmilzt.“, „Weil Eiswürfel genauso viel Wasser verdrängt, wie der geschmolzene Eiswürfel einnimmt“ oder „Der Eiswürfel hat ein bestimmtes Volumen und verdrängt im Glas die Flüssigkeit. Schmilzt der Eiswürfel, so nimmt die entstandene Flüssigkeit des Eiswürfels das Volumen des festen Eiswürfels ein.“ sowie „Anomalie des Wassers; ...“.

Einige Antworten waren bemüht, aber noch sehr unschlüssig beziehungsweise mit Fehlkonzepten behaftet, wie zum Beispiel: „Eiswürfel schwimmt im Wasser, da er höhere Schwerkraft hat.“, „Da das Wasser schmilzt, wird der Stand höher, aber nicht genauso wie mit dem Eiswürfel“, „Eis im flüssigem Zustand nimmt ungefähr das gleiche Volumen ein, wie im festen Zustand.“ beziehungsweise „... Dichte des Eises größer als Dichte des Wassers“ oder „Wenn der Eiswürfel im Glas ansteigt muss er im geschmolzenen Zustand sinken, weil er flüssig wird und weniger Masse hat.“

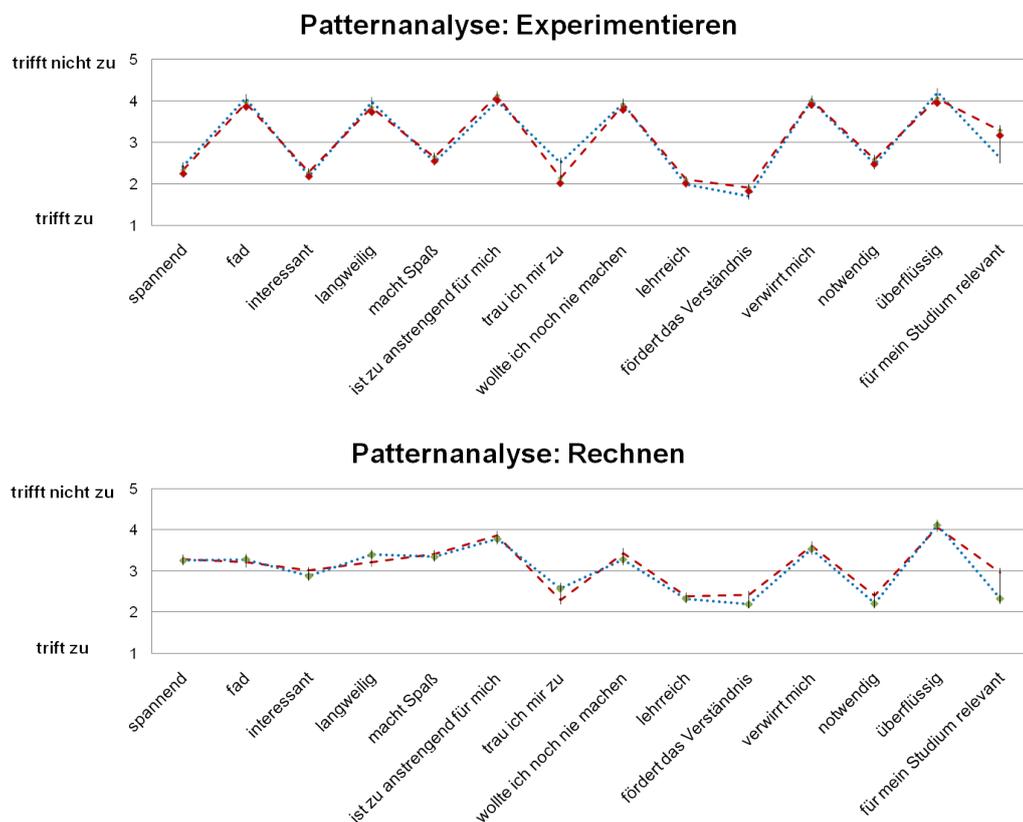


Abbildung 6.9: Patternanalyse der einzelnen Assoziationen der Studierenden vor und nach den *Übungen zur Physik*: 1 bedeutet sehr zutreffend, 5 bedeutet nicht zutreffend. Die gepunktete blaue Linie stellt die Situation vor der Übung dar und die rote strichlierte Linie die Angaben nach den *Übungen zur Physik* im Sommersemester 2008

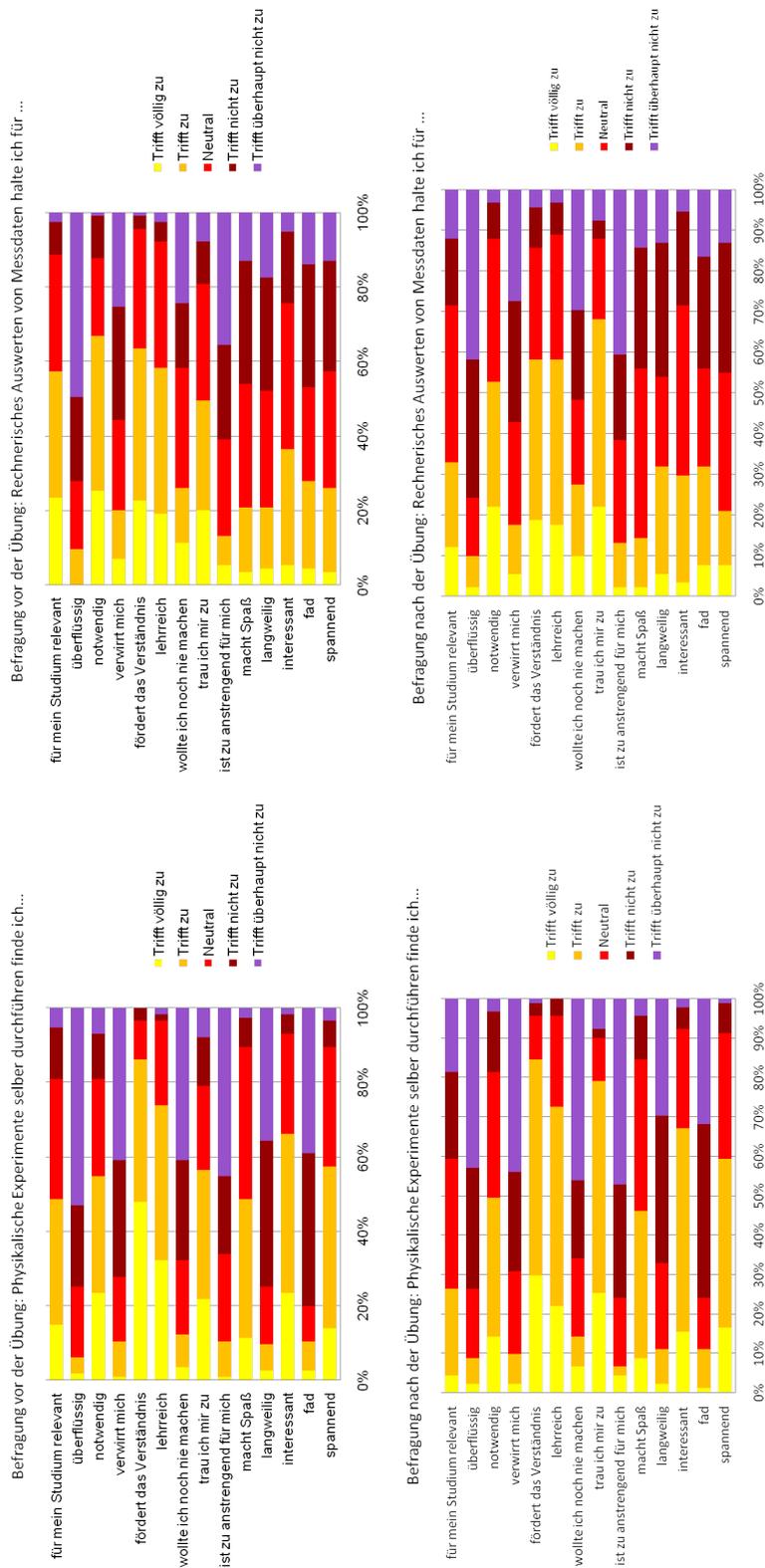


Abbildung 6.10: Überblick über das erhobene Datenmaterial zu Assoziationen mit Experimentieren und rechnerischem Datenauswerten vor und nach den *Übungen zur Physik* im Sommersemester 2008

Außerdem wurden die Assoziationen, welche Studierende mit physikalischen Experimenten und mathematischen Berechnungen verbinden erfasst und ausgewertet. Es konnten bei der Gruppe an Studierenden, welche noch keine neue Übungseinheit in den Übungen durcharbeiten konnten, einige Auswirkungen festgestellt werden, welche in Abbildung 6.9 in Form einer Patternanalyse dargestellt sind (der gesamte Datensatz ist in Abbildung 6.10 dargestellt).

So ist zu bemerken, dass die Praktikums Umgebung sich positiv auf das Selbstwertgefühl der Studierenden auswirkt, nämlich dahingehend, dass sich Studierende nach dem Praktikum mehr zutrauen. Gleichzeitig wirkt sich die alte Form von *Übungen zur Physik* negativ auf die Erkenntnis von Zusammenhängen zwischen Physik und Ernährungswissenschaften aus, was in der Patternanalyse durch den Abstand zwischen den Einstellungen vor und nach der Übung deutlich zu erkennen ist (siehe Abbildung 6.8) und mittels statistischer Testverfahren (siehe Kapitel 5) überprüft wurde. Alle weiteren Einstellungen beziehungsweise Assoziationen bleiben gleich.

Sieht man auf die Assoziationen zu mathematisch rechnerischen Methoden, so fällt eine ganz andere Einstellung auf. Man könnte behaupten, dass die Mathematik völlig emotionslos und mit einem gewissen Grad an Gleichgültigkeit aufgenommen wird, sowohl vor, wie auch nach der Übung. Auch hier zeigt sich, dass die ursprüngliche Form der *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaftler scheinbar einen Trend auslöst, weniger Relevanz für das Studium der Ernährungswissenschaften zu erkennen oder diese vor der Übung überschätzt zu haben.

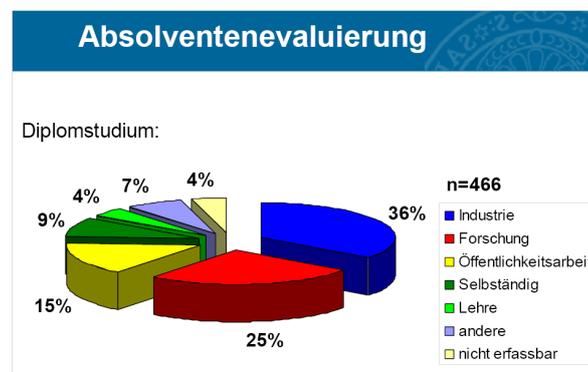


Abbildung 6.11: Arbeitsplätze von Ernährungswissenschaftsabsolventen nach UNIPORT

Eine Analyse der Berufsfelder, in welchen Studierende der Ernährungswissenschaften später einen Job finden sprengt den Rahmen dieser Arbeit. Leider war es auch nicht möglich, Kontakt mit Absolventen aufzunehmen, welche nicht an der Universität arbeiten, deshalb ist an dieser Stelle auf eine Online-Umfrage von UNIPORT zum Thema „Vom Studium in den Beruf“ (April/Mai 2009, 1468 Teilnehmer) verwiesen. Diese Umfrage hat ergeben, dass Ernährungswissenschaftstudierende hauptsächlich in den Branchen Gesundheitswesen und Lebensmittelindustrie tätig sein wollen. Nur ein Viertel der Befragten würden sich einen Job in der Lehre beziehungsweise Forschung oder in der Pharmaindustrie wünschen. Die Überzeugung einen Job zu finden liegt bei noch

nicht berufstätigen Ernährungswissenschaftsstudierenden unter allen anderen Naturwissenschaften bei 26% (N=709). Absolventen des Ernährungswissenschaftsstudiums bekommen zum überwiegenden Anteil in Industrie und Forschung einen Arbeitsplatz (siehe Abbildung 6.11, *Rust & Wagner (2009)*). Mit dem Wissen dass ein Viertel aller Absolventen in der Forschung einen Arbeitsplatz finden wird, ist der Fokus auf eine fundierte physikalische Grundbildung durchaus gerechtfertigt. Geht man davon aus, dass auch in der Industrie sicher Messungen durchgeführt werden, so ist dies ein guter Grund sich mit physikalischen Grundlagen, physikalischen Grundgrößen und Fehlern auseinanderzusetzen, da man dieses Wissen wieder brauchen wird.

6.3 Didaktische Strukturierung - Neues Praktikumsdesign

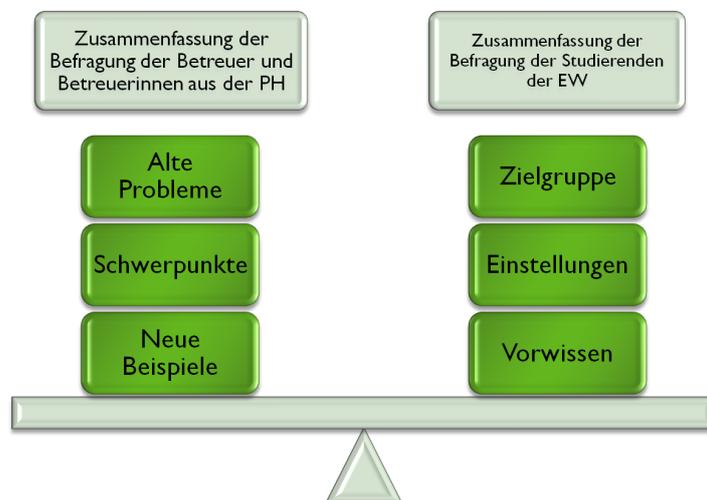


Abbildung 6.12: Ergebnisse der ersten beiden Schritte der didaktischen Rekonstruktion fließen gleichwertig in die didaktische Strukturierung

Nach eingehender Analyse der beiden zuvor behandelten Kriterien *fachliche Klärung* (6.1) und *Lernendenperspektive* also Motivation beziehungsweise Vorkenntnisse (6.2) der Studierenden kann eine Struktur und ein didaktischer Rahmen für die neuen *Übungen zur Physik* entworfen werden (Abb. 6.12), ausgehend von der *didaktischen Strukturierung*, welche *Theyßen* (1999) vorgeschlagen hat. In ihrer Arbeit werden sechs Forderungen (siehe Tabelle 6.2) an die didaktische Strukturierung gestellt, welche auch in vorliegende Entwicklungsarbeit mit einfließen. Durch die vorangegangenen Untersuchungen (siehe Kapitel 6.1 und 6.2) und der diskutierten lernpsychologischen und physikdidaktischen Grundlagen können bestimmte Wünsche formuliert werden, siehe dazu Tabelle 6.3.

Während sich die Wünsche 1-3 hauptsächlich auf inhaltliche Ausrichtung und Neuorientierung der Übungen beziehen, fokussieren die Wünsche 4-7 auf organisatorische Umsetzung der neuen Struktur und verlangen nach Einbettung in den üblichen Praktikumsablauf im Anfängerpraktikum. Der erste Wunsch nach Nähe zur Vorlesung konnte nicht gänzlich umgesetzt werden. Die Vorlesung zur Physik wurde mit den Übungen nur inhaltlich abgestimmt, sodass sich Themenbereiche ergänzen.

Die sieben neuen Übungseinheiten wurden auf Basis der Inhaltsanalyse und aus der Lehrendenperspektive heraus rekonstruiert. Auf der Grundlage der Lernenden- und der Lehrendenperspektive können mehrere Themengebiete vorgeschlagen werden, wie sie in Abbildung 6.13 zu sehen sind. Nach Kooperationsgesprächen und Diskussionen (auf Basis von Abbildung 6.14) werden schließlich sieben Übungseinheiten inhaltlich festgelegt (siehe Tabelle 6.4). Es können jedoch nicht alle auf einmal umgesetzt werden, da dies aus personaltechnischer und organisatorischer Sicht die finanziellen Möglichkeiten des Anfängerpraktikums sprengen würde. So wird in der Projektarbeit für jeweils

Tabelle 6.2: Forderungen an die zu entwickelnde didaktische Strukturierung nach *Theyßen (1999)*, S.121

Abkürzung	Inhalte
F1	Die Versuche sollen sich auf medizinisch/ ernährungswissenschaftlich relevante physikalische Inhalte konzentrieren.
F2	Der medizinische/ ernährungswissenschaftliche Bezug soll in allen Phasen des Versuches durchgängig transparent gemacht werden.
F3	Die Aufgabenstellungen sollen die zu erwartende Komplexitätsentwicklung der Studierenden berücksichtigen und ausgehend von einfachen, qualitativen Versuchsteilen nur allmählich zu höherer.
F4	Die Beschäftigung mit den theoretischen Grundlagen sollte in experimentellen Erfahrungen stattfinden.
F5	Die Versuchsanleitung soll eine kleinschrittige Strukturierung der Versuchsdurchführung in Teilaufgaben vorgeben und detaillierte „Arbeitsanweisungen“ zur jeweils bevorstehenden Teilaufgabe enthalten.
F6	Die während der Versuchsdurchführung zu bearbeitenden Teilaufgaben sollen Fragen enthalten, die die Formulierung von Beobachtungen und aus den Messungen abgeleiteten Ergebnissen verlangen.

einen Übungseinheitstypen ein Prototyp entwickelt: *Grundlagen der Messtechnik M* als Übungseinheit, welche real in den Praktikumsräumlichkeiten abgehalten wird (Gegenstand vorliegender Diplomarbeit) und später, nachdem das geeignete Online-Tool fertig entwickelt ist, *Geometrische Optik O* als Übungseinheit, welche online zu absolvieren ist.

Die Übungsstruktur wird auch allmählich verändert und sieht nun nach jeder Übungseinheit eine Lernzielkontrolle mit vier Multiple-Choice-Fragen vor (siehe Abbildungen 6.15 und 6.16 auf Seite 69). Weiters wird am Ende der Übungseinheit ein Test abgehalten, der sich aus jeweils zwei Multiple-Choice-Fragen pro Übungseinheit zusammensetzt. So wird das erworbene Wissen immer wieder in kleinen Portionen wiederholt, bevor es am Schluss gemeinsam abrufbar sein soll. Der genaue Ablauf der Übungen und die Möglichkeit eine Übungseinheit zu verpassen sind in einem eigenen Dokument auf der jeweiligen Praktikumsinternetseite des laufenden Semesters abrufbar und dieser Arbeit hinzugefügt (siehe A.4.1).

Die infrastrukturellen Bedingungen, das heißt vor allem Raum- und Materialressourcen, bilden den engsten Rahmen, in welchem die neuen Übungen eingegrenzt sind. Mit steigender Anzahl an Studierenden, aber nur begrenzter Raummöglichkeit, ist es unmöglich mehr als 5 Kurse zu je 24 Studierenden während des Semesters anzubieten. Zusammen mit zwei weiteren Blockkursen können also maximal 168 Studierende die Übungen absolvieren. Diese Anzahl kann nur steigen, indem man verpflichtende

Tabelle 6.3: Wünsche an das neue Design der *Übungen zur Physik*

Abkürzung	Inhalte
W1	Nähe zur Vorlesung, sowohl inhaltlich als auch zeitlich
W2	Sieben neue Übungseinheiten im Kontext der Ernährungswissenschaften
W3	Angepasste, sowohl kleinschrittige, als auch kontextualisierte Anleitungstexte
W4	Neue Übungsstruktur
W5	Real und Onlinephasen
W6	Neue Prüfungsstruktur
W7	Online-Umgebung mit Interaktiven Bildschirmexperimenten. Diese IBE's sind abfotografierte Experimentausgänge, die in einem Programm interaktiv erforscht werden können, wie bei einem realen Experiment.
W8	Neues Betreuungsmodell mit zwei Tutoren

Tabelle 6.4: Neue Übungseinheiten der *Übungen zur Physik*

Abkürzung	Inhalte	Blended Learning
M	Grundlagen der Messtechnik	Präsenzeinheit
E	Elektrizitätslehre	Präsenzeinheit
F	Flüssigkeiten	Präsenzeinheit
S	Spektrometrie	Präsenzeinheit
W	Wechselstrom	Onlineeinheit
O	Geometrische Optik	Onlineeinheit
K	Kalorimetrie	Onlineeinheit

eLearning-Einheiten dazwischen bzw. gleichzeitig stattfinden lässt.

Mit dem Vorteil, dass eLearning-Einheiten zeit- und ortsunabhängig absolviert werden können, wird in den ersten Testphasen (Blockkurs des Sommersemesters 2008, sowie Folgesemester 2009 und 2010) eine gute Akzeptanz bei den Studierenden festgestellt (siehe auch [A.4.1](#)).

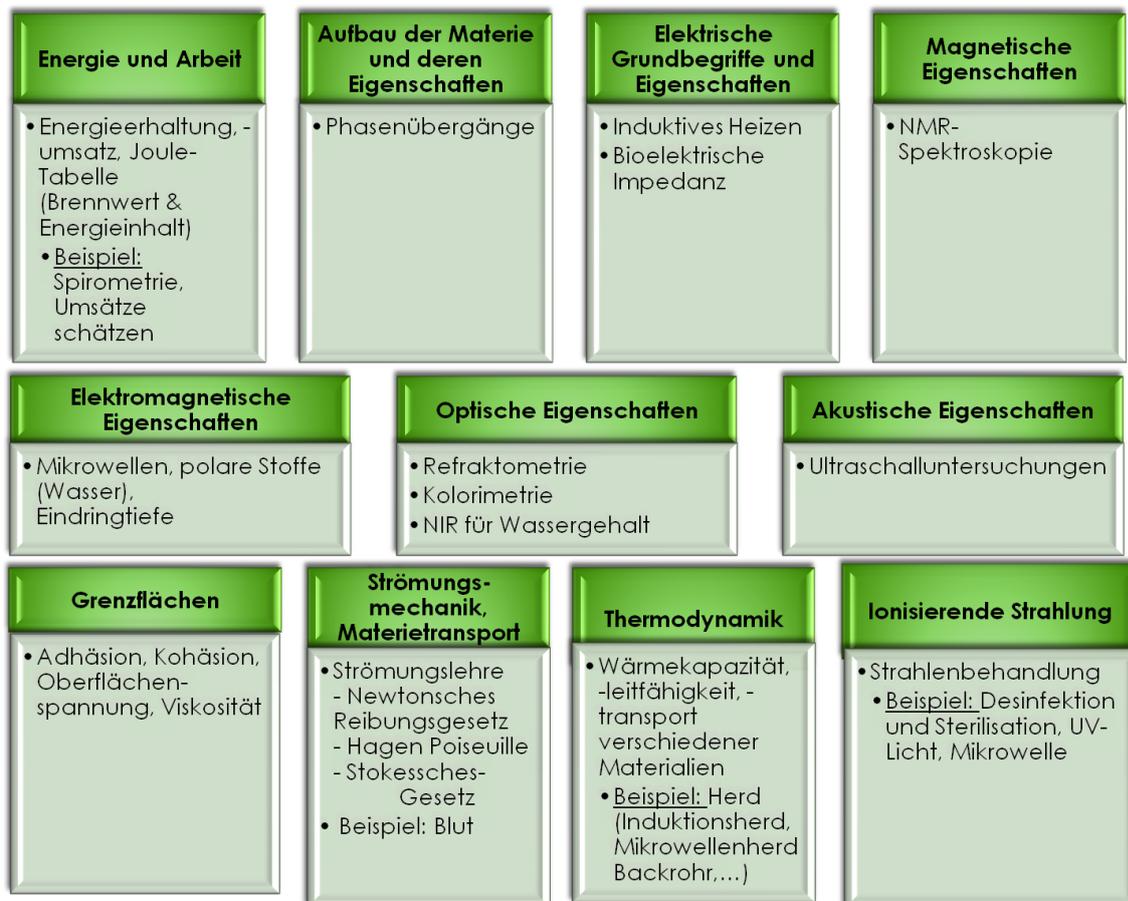


Abbildung 6.13: Mögliche Gebiete aus der Physik, welche als neue Inhalte in den *Übungen zur Physik* in Frage kommen.



fakultät für
physik

Projekt zur Entwicklung eines adressatenspezifischen Praktikums



Projekt eLearnEW
W. Markowitsch, A.Korner, C. Nagel, B. Wolny

www.univie.ac.at/anfpra/EW/elearnEW.html

Abbildung 6.14: Übersicht über Entwicklung und neue physikalisch thematische Schwerpunktsetzung der *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften

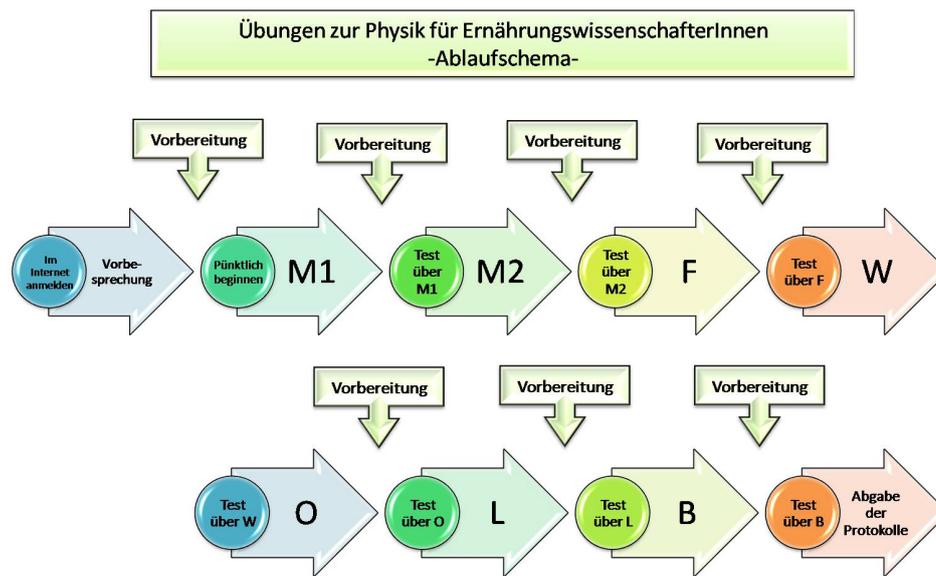


Abbildung 6.15: Neuer Ablauf der *Übungen zur Physik* im Blockkurs des Sommersemesters 2008, wie in Tabelle 2.1 beschrieben.

Termin Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Kurs 1. Hälfte	M	O	E	K	S	W	F	A
1. Kurs 2. Hälfte	M	O	E	W	F	K	S	A
2. Kurs 1. Hälfte		M	O	E	K	S	W	F
2. Kurs 2. Hälfte		M	O	E	W	F	K	S
Termin Nr.		1	2	3	4	5	6	7

WO wird WAS erledigt?	1. Termin		2. Termin
Kursteilnehmer/innen 1-12	<i>im Praktikum</i>	<i>zu Hause</i>	<i>zu Hause</i>
Kursteilnehmer/innen 13-24	M	Nachbereitung	O
	M	Nachbereitung	O
WO wird WAS erledigt?	3. Termin		4. Termin
Kursteilnehmer/innen 1-12	<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>	<i>zu Hause</i>
Kursteilnehmer/innen 13-24	Test über M & O	E	Nachbereitung
	Test über M & O	E	Nachbereitung
WO wird WAS erledigt?	5. Termin		6. Termin
Kursteilnehmer/innen 1-12	<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>	<i>zu Hause</i>
Kursteilnehmer/innen 13-24	Test über E & K	F	Nachbereitung
	Test über E & W	S	Nachbereitung
WO wird WAS erledigt?	7. Termin		8. Termin
Kursteilnehmer/innen 1-12	<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>
Kursteilnehmer/innen 13-24	Test über F & W	S	Abschlusstest
	Test über S & K	F	Abschlusstest

Abbildung 6.16: Neuer Ablauf der *Übungen zur Physik* ab Wintersemester 2010, wie in Tabelle 2.1 beschrieben.

Kapitel 7

Didaktische Rekonstruktion einer Übungseinheit zum Thema Messen und Messfehler

In diesem Kapitel wird die erste neue Übungseinheit vorgestellt, sowie deren Struktur und Aufbau dargestellt. Der Anleitungstext, welchen Studierende in Form eines Arbeitsbuches erhalten (siehe [A.4.2](#)), wird anschließend auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse aus Kapiteln [4](#), [5](#) und [6](#) argumentiert.

7.1 Einleitung einer Übungseinheit

Jede neue Übungseinheit hat einen einheitlichen Aufbau, der sich stark an den drei Merkmalen von Lernen orientiert: *situativ*, *individuell* und *bottom up* (siehe Kapitel [4.2](#) Abbildung [4.2](#)). Jeweils das erste Kapitel soll die *Ziele* und den *ernährungswissenschaftlichen Bezug* der Einheit darstellen. Dieser Teil des Anleitungsbuches ist als Vorbereitung auf die Übung gedacht, er soll klar definieren, was zu erwarten ist und möglichst transparent darstellen, warum diese Übungseinheit für Studierende der Ernährungswissenschaften wichtig ist. Bei *M - Grundlagen der Messtechnik* ist das Hauptziel ein Heranführen an die korrekte Angabe von Messergebnissen, weshalb bewusst einfache bereits bekannte Messgrößen herangezogen werden.

„[...] es wird in dieser Übungseinheit von Instrumenten und Größen die Rede sein, die Ihnen bereits vertraut sind, mit denen Sie aber auch im weiteren Studium und im Beruf konfrontiert werden. Es handelt sich um die physikalischen Größen der Temperatur, Länge, Masse, Zeit und Volumen.“

Der einleitende Absatz muss keineswegs lange sein, soll sich aber auf die gesamte Übungseinheit beziehen um einen Überblick zu geben.

7.2 Messaufgaben einer Übungseinheit

Nachfolgend kommt der Hauptteil an Übungsaufgaben, bestehend aus Einleitungen, Messungen und Interpretationen. Dieser Teil ist im Praktikum durchzuführen und benötigt, im Gegensatz zu einem klassischen Physikpraktikum, keinerlei theoretische Vorbereitung. Dieser Teil soll mit seiner Interaktivität den Lernprozess unterstützen. Studierende können selbst aktiv werden und sich kompetent erleben. Bereits bei der Auswahl der Messaufgaben wird auf ernährungswissenschaftlich relevante Messgrößen fokussiert: *Körpertemperatur* (T), *Body-Mass-Index* (l, m), *Fließgeschwindigkeit* (l,t). Diese Messgrößen passen mit den einführenden Vorlesungen aus der Ernährungswissenschaft (siehe Kapitel 6.1) gut zusammen und stellen keine neuen Begriffe dar. Die physikalischen Größen, welche hier gemessen werden, sind bekannt, die Übung zielt auf ein Üben der korrekten Messung, Interpretation einer Messung und ihrer Fehlermöglichkeiten, sowie die nachfolgende korrekte Angabe des Ergebnisses in einer bestimmen, physikalisch relevanten Einheit ab. Es wird versucht vom Objekt auszugehen, diesem Eigenschaften zuzuordnen und langsam zu verknüpfen, wie in Kapitel 4.2 in Abbildung 4.7 beschrieben. In möglichst kurzen „Leseintervallen“ sollen Studierende mit inhaltlichen Bezügen zur Ernährungswissenschaft motiviert werden. Auch ist die Anleitung zu den Messaufgaben kleinschrittig formuliert, um den Studenten mehr Selbsttätigkeit zu ermöglichen und ein ständiges Nachfragen bei Betreuern zu minimieren. Besonders mathematische Umformungen werden genau beschrieben oder mit einem Beispiel untermauert, da so die Wahrscheinlichkeit für Erfolgserlebnisse stark steigt. Es wird beispielsweise in der ersten Aufgabe, der Messung der Körpertemperatur mittels eines Ohrthermometers, nicht nur die richtige Angabe einer physikalischen Größe „Maßzahl mal Einheit“ vorgestellt, sondern auch die „klinische“ Wiederholbarkeitsgenauigkeit anhand der eigenen Messungen diskutiert. Durch konkretes Auffordern zur Diskussion der Messvorgänge bleibt der fachliche Diskurs lebendig, welcher Bedeutungsentwicklungen in Gang setzt. Studierende sind angehalten nicht rezeptartig durchzuarbeiten, sondern auch innezuhalten und ihre Ergebnisse zu hinterfragen und eventuell ihrem Übungspartner zu erklären.

„[...] sollten sich folgende Fragen stellen

1. Wie kommt es zu unterschiedlichen Resultaten bei Wiederholungsmessungen?
2. Welches Resultat gebe ich an?
3. Wie gebe ich das Resultat der gesamten Messung (aus mehreren Einzelmessungen) korrekt an?

Diskutieren Sie mit Ihrem Übungspartner/Ihrer Übungspartnerin diese Fragen und stellen Sie Vermutungen oder Hypothesen an! (5 Minuten)“

Nach Beobachtung der ersten Studentengruppe, die dieses Beispiel durchführte, stellte sich heraus, dass es sinnvoll ist, in Klammern die ungefähre Zeit der Diskussion anzugeben, da sonst Extremwerte, wie zum Beispiel gar keine Diskussion, nicht ausgeschlossen werden konnten. Nach dieser praktischen aktiven Einführung, lesen Studierende zwei Seiten zu Messfehlertypen, deren Unterscheidung, Fehlervermeidung und Umgang mit Messreihen. Auch in diesem theoretischen Teil wird versucht immer wieder praktische Beispiele miteinzuflechten oder Inhalte mit anderen Lehrveranstaltungen zu verknüpfen, wie zum Beispiel der *Biostatistikvorlesung*.

„Praktisches Beispiel: Fühlen Sie Ihren Puls am Handgelenk oder der Halsschlagader. Zählen Sie nun die Schläge, die Sie in einem Zeitraum von 15 Sekunden spüren: z.B. 19 Schläge mit einer Ungenauigkeit von einem Schlag. Das bedeutet in der Minute 76 Schläge mit einer Ungenauigkeit von 4 Schlägen. Zählen Sie nun die Anzahl der Pulsschläge in 60 s = 1 min: Sie erhalten z.B. 74 Schläge mit einer Ungenauigkeit von einem Pulsschlag.“

Obwohl auch in anderen Vorlesungen des Studiums für Ernährungswissenschaften oft komplexe Formeln und mathematische Schreibweisen verwendet werden, hat sich in der Untersuchung des Vorwissens der Studierenden herausgestellt, dass gerade die Mathematik zum Stolperstein wird und oft den Grund für ablehnende Haltungen darstellt. Deshalb wird in dem Anleitungsheft versucht, nur den absolut nötigen Formalismus aus der Mathematik zu bringen und diesen aber in möglichst kleinen Schritten aufzubereiten, um ein Verständnis von kurzen Darstellungsformen zu erreichen, anstatt Angst einzujagen.

Im laufenden Praktikum hat sich gezeigt, dass Studierende trotz Aufforderung nicht immer Taschenrechner in die Übung mitbringen und diese dann auch nicht besonders gut benutzen können. So wird die Standardabweichung in einzelnen Rechenschritten erklärt, und nicht mit Taschenrechnerfunktionen gerechnet, da dies bei der Vielzahl an Taschenrechnern am Markt nicht allgemein erklärbar wäre und auch nicht das Umgehen mit Rechenoperationen schult.

Alle Studierenden haben einen Maturaabschluss, daher sollte die Standardabweichung einer Messreihe noch keinen neuen Lehrinhalt darstellen, der *Fehler des Mittelwertes* ist jedoch ein neuer Begriff. Die Studierenden erlernen die Qualität einer Messung besser zu beurteilen und untersuchen die Abhängigkeit der Messunsicherheit von der Anzahl der Messungen bevor sie zu einem weiteren neuen Begriff gelangen, nämlich dem *Gerätefehler*. Die korrekte Angabe des Resultats einer Messung wird schließlich erklärt und durch zwei Beispiele $l = (310, 16 \pm 0, 15) \text{ m}$, $R = (7360 \pm 630) \Omega$ untermauert.

$$\underbrace{x}_{\text{Formelzeichen}} = \left(\underbrace{\{\bar{x}\}}_{\text{Mess-/Mittelwert}} \pm \underbrace{\{\Delta x\}}_{\text{abs.Messfehler}} \right) \underbrace{[x]}_{\text{Einheit}}$$

Die vorgerechneten Beispiele stellten sich als sehr wichtig heraus, da sowohl die Entscheidung zwischen Messunsicherheit und Gerätefehler, als auch das richtige Runden der Zahlenwerte immer wieder problematisch waren. Es wurden schließlich in einem der letzten Überarbeitungsschritte auch bei der Angabe des relativen Fehlers die oben genannten Beispiele fortgeführt. Zur Ergänzung und Vollständigkeit wird am Ende der ersten Messaufgabe auf die SI-Einheit der Temperatur verwiesen. Beim Relativfehler der Körpertemperatur spielt die Wahl der Maßeinheit noch keine große Rolle, jedoch bei der Angabe eines relativen Fehlers eines eingefrorenen Produktes um die 0°C, kann dies problematisch werden und die Kelvinskala als sinnvoller erscheinen lassen.

Die erste Messaufgabe ist in Anlehnung an das Düsseldorfer Physikpraktikum für Mediziner *Theyßen* (1999) adaptiert worden, die weiteren Messaufgaben wurden jedoch im Rahmen dieser Arbeit vollständig neu in kleine Handlungs- und Abstraktionsschritte zerlegt und rekonstruiert.

Im Laufe der Übung sollte die Kompliziertheit ansteigen (siehe Bremer Komplexitätsmodell 4, Abbildung 4.6) und gezielt in ähnlichen Kontexten wiederholt werden, um viablere Bedeutungskonstruktionen herbeizuführen und Lernen zu ermöglichen. Daher wird in der zweiten Messaufgabe zum Body-Mass-Index - man erkennt den ernährungswissenschaftlichen Bezug schon im gewählten Index - das Ziel etwas höher gesteckt, indem an die Fortpflanzung von Messfehlern in zusammengesetzten Messgrößen herangeführt wird. Es werden hierfür zwei Messgrößen nach dem Vorbild der ersten Messaufgabe bestimmt und protokolliert. Es werden eben diese beiden Messgrößen gewählt und in einem bekannten Index vereinigt, was die Diskussion des Fehlers des Body-Mass-Indexes aufwirft. Mittels einer *Größtfehlerabschätzung*, welche keinen großen mathematischen Aufwand darstellt, wird eine erste Abschätzung getroffen. Das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz wird erwähnt und für Interessierte später erklärt, stellt aber kein direkt relevantes Gesetz für Ernährungswissenschaftler dar.

$$BMI(Min) = \frac{m - \Delta m}{(l + \Delta l)^2} \quad , \quad BMI(Max) = \frac{m + \Delta m}{(l - \Delta l)^2}$$

In der dritten und letzten Messaufgabe kommen schließlich noch weitere Komponenten hinzu: Auf der operationalen Ebene wird die Messwerterfassung mittels PC eingeführt und auf der physikalisch inhaltlichen Ebene wird eine neue Messmethode eingeführt. Es wurde eine Video-Datenanalyse gewählt, welche mit möglichst geringem Programmaufwand (Coach6¹) durchgeführt werden kann. In einem Video beobachten die Studenten den Füllprozess eines Glases mit Eistee. Es werden wieder zwei Messgrößen erfasst, wobei eine davon -die Zeit - bereits durch den PC vorskaliert wird. Die Studenten messen per Mouseklick in gleichen Zeitabständen (durch den PC gesteuert) die Füllstandshöhe in ml im Glas. Nach der Messung wird die Messkurve aller Datenpunkte dargestellt. Diese neue Methode, die indirekte Messgrößenbestimmung aus der Steigung einer Messkurve, ist für Studierende sehr schwer zu erfassen. Das Hauptproblem scheint aber darin zu liegen, dass Funktionen, also konkrete Zuordnungen eines Wertes zu einem anderen, nur langsam verstanden werden. Das Verwenden der in der Schule (AHS) gebräuchlichen Notation x- und y- Achse anstatt von Zeit- und Volumenachse, hilft den Studierenden erheblich weiter, jedoch ist das Verständnis der Steigung

¹Coach6 ist eine Software zur Auswertung naturwissenschaftlicher Messdaten der niederländischen Firma CMA.

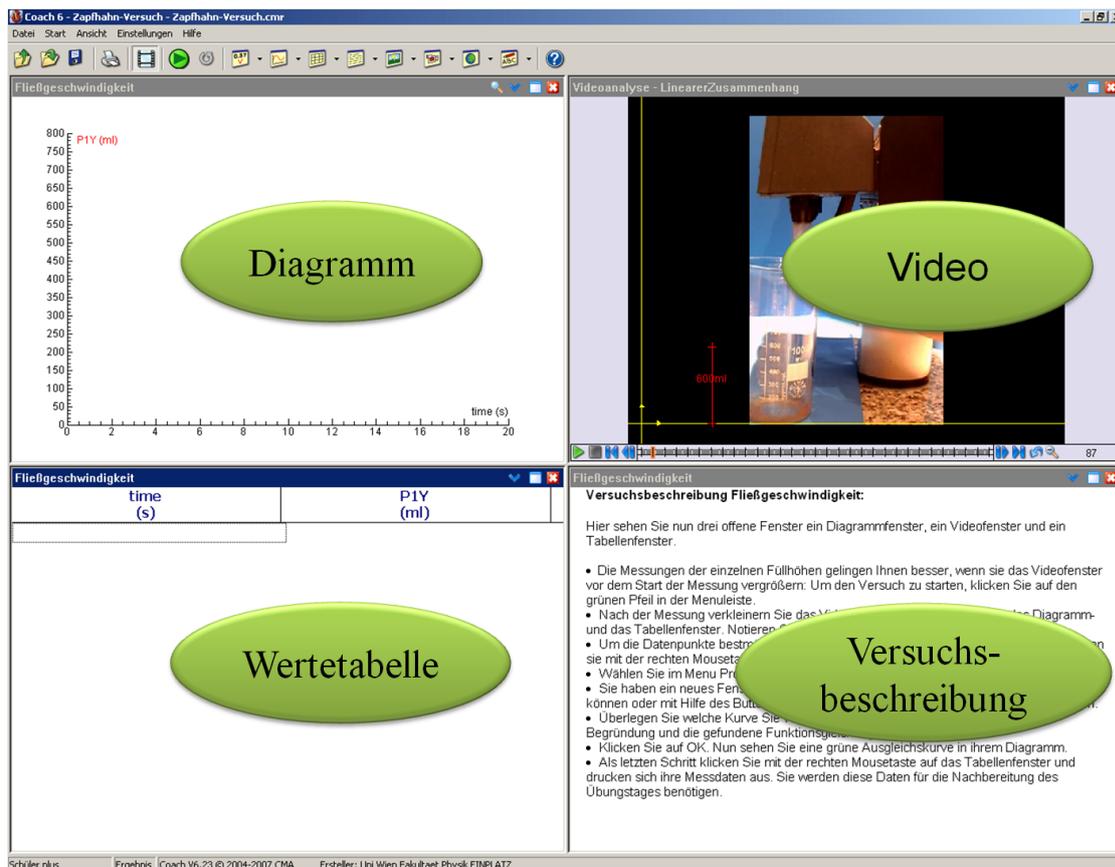


Abbildung 7.1: Screenshot aus Coach6 mit vier Arbeitsflächen: Diagramm, Video, Wertetabelle und Versuchsbeschreibung

als Differenzenquotient $\Delta y/\Delta x$ im praktischen Teil eine Schwierigkeit geblieben. Da dieses Problem von Tutoren, Betreuern und Beobachtern unabhängig voneinander beobachtet wurde, ist im letzten Teil der Übungseinheit eine detaillierte Aufgabe zur selbstständigen Auswertung der gesammelten Datenpunkte vorgesehen.

7.3 Nachbereitung einer Übungseinheit

Am Ende jeder Übungseinheit steht eine abschließende *Nachbereitung und Vertiefung* des praktischen Teils. Das Konzept sieht kein explizites Vorwissen am Beginn einer Übungseinheit vor, sondern baut auf den konkreten Erfahrungen, welche während der *Übungen zur Physik* gemacht werden, auf. Deshalb wird der Theorieteil zu den behandelten Themen erst an den Schluss der Präsenzeinheit gesetzt und ist zur Bearbeitung zu Hause gedacht.

Studierende setzen bestimmte Erwartungen in eine Übung, welche durch Situationen und individuelle Wahrnehmung der Umwelt beeinflusst werden. In dieser Anleitungsstruktur soll durch den ernährungswissenschaftlichen Bezug zu Beginn und die komplexere ergänzende Theorie am Ende eine motivierende Erwartungshaltung erzielt und

Lernen bestmöglich gefördert werden. Es wird bewusst auf den individuellen Beobachtungen und Handlungen der Studierenden aufgebaut, da gemäß des konstruktivistischen Ansatzes diese Erfahrungen Strukturen im Gehirn gebildet haben, mit deren Hilfe neue viable Bedeutungskonstruktionen in ähnlichem Kontext gebildet werden sollen (siehe Kapitel 4.1).

Die Nachbereitung hält sich an den inhaltlichen Verlauf des praktischen Teils und ist in mehrere kleine Kapitel aufgeteilt. In *Auswertung statistisch verteilter Messgrößen* werden alle Begriffe der Übungseinheit *M* nochmals zusammengefasst und auf die Möglichkeit hingewiesen, die Kennzahlen mit einem Hilfsmittel, wie einem Taschenrechner schneller zu berechnen. Es folgt die Wiederholung der *Angabe von Messgrößen deren Einheiten und Größenordnungen*, wobei die Grundeinheiten nach dem SI-System und die Abkürzungen der Zehnerpotenzen tabellarisch zusammengefasst übersichtlich dargestellt werden.

Da sich in den Testphasen (Blockkurs des Sommersemesters 2008, sowie Folgesemester 2009 und 2010) herausstellte, dass die Messwertangabe auf Grund von Umrechnungsproblemen der Einheiten nicht immer gelingt, wurde eine Rechenaufgabe mit Beispiel ergänzt, siehe Abbildung 7.2. Alle Aufgaben haben ein einheitliches Format in der Nachbereitung bestehend aus einem Beispiel, einer Lösung und einer Aufgabe.

Aufgabe zur Umwandlung von Größen

Beispiel
Die Konzentration einer Lösung beträgt $c = 14 \text{ nMol/ml} = \dots \text{ Mol/l}$

Lösung
Zunächst rechnen Sie die Einheiten in SI-Grundgrößen um, mit Hilfe der Zehnerpotenzen, siehe dazu Tabelle 1, dann *kürzen* Sie die Zehnerpotenzen:

$$c = \frac{14 \cdot 10^{-9} \text{ Mol}}{10^{-3} \text{ l}} = \frac{14 \cdot 10^{-9} \text{ Mol} \cdot 10^3}{\text{l}} = 14 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Mol}}{\text{l}}$$

Aufgabe 1
Aus einem Zapfhahn fließen 1,5 hl/h wieviele l/s sind das?

Aufgabe 2
Eine Flüssigkeit hat eine Dichte von $1,2 \text{ g/mm}^3$. Berechnen Sie die Dichte in kg/dm^3 .

Abbildung 7.2: Aufgaben in der Nachbereitung der Übungseinheit

Das zweite Beispiel der Übungseinheit beschäftigt sich mit dem Body-Mass-Index, so ist auch in der Nachbereitung der nächste Abschnitt *Fehlerrechnung bei zusammengesetzten Größen*. Physikalische Größen als Funktion mehrerer einzelner Messgrößen

werden allgemein behandelt und die Berechnung des Gesamtfehlers besprochen. Auch soll nun ein Zusammenhang zwischen der bereits durchgeführten Größtfehlerabschätzung aus dem Präsenzteil und dem, mittels Formel zur Fehlerfortpflanzung berechneten Messfehler hergestellt werden. Das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz wird kurz auf einer Seite für Interessierte kleinschrittig erklärt, bevor nochmals genau auf *absolute und relative Fehler* fokussiert wird. Um Aussagen über verschiedene Messergebnisse treffen zu können, werden absolute und relative Fehler und Fehlerintervalle wiederholt, sowie durch Beispiele klar dargestellt, worauf geachtet werden soll:

„Wenn Sie zwei korrekte Messergebnisse miteinander vergleichen sollen, achten Sie darauf, dass diese nur dann als unterschiedlich zu betrachten sind, wenn sich die Fehlerintervalle nicht überschneiden. So sind zum Beispiel die beiden Messwerte $l=(24,5 \pm 0,3)$ dm und $l=(24,9 \pm 0,2)$ dm gleich, während sich $t=(34 \pm 3)$ ms und $t=(39 \pm 1)$ ms schon unterscheiden.“

Durch ein konkret vorgerechnetes Beispiel und eine anschließende Aufgabe wird versucht den Studierenden, mit ihren Schwierigkeiten der Unterscheidung zwischen absolutem und relativem Fehler, eine Hilfestellung zu geben.

Der letzte Teil der Nachbereitung beschäftigt sich mit der *Auswertung linearer Zusammenhänge*, welcher aus der dritten Messaufgabe über die Fließgeschwindigkeit von Eistee in ein Glas entstand. Studierende nehmen Ihre Messwerte während der Übung auf und bekommen sie ausgedruckt für eine vertiefende Analyse mit nach Hause. Im Anleitungsheft wird in sechs Arbeitsschritten, unterstützt durch vier Auswertungsabbildungen (siehe Abbildungen 7.3 und 7.4) erklärt, wie man die Steigung einer Geraden, also einer linearen Funktion bestimmt. Durch Einsetzen der physikalischen Größen

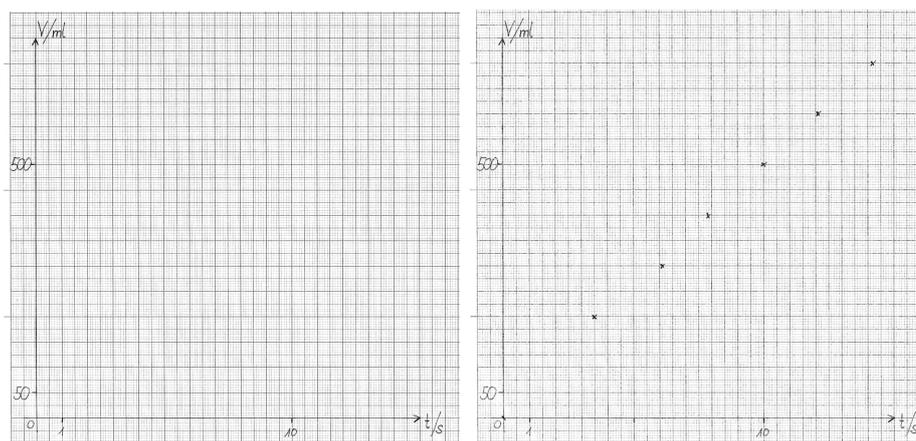


Abbildung 7.3: Schrittweise vorgehen (1.+2. Schritt): Lineare Regression

wird erkennbar, dass das Ergebnis in ml/s eine Füllgeschwindigkeit beziehungsweise Fließgeschwindigkeit darstellt. Auf diese physikalische Messmethode, der Bestimmung einer zusammengesetzten Größe, durch Berechnung der Ausgleichskurve einer Messung soll im weiteren Verlauf der *Übungen zur Physik* wieder zurückgegriffen werden können.

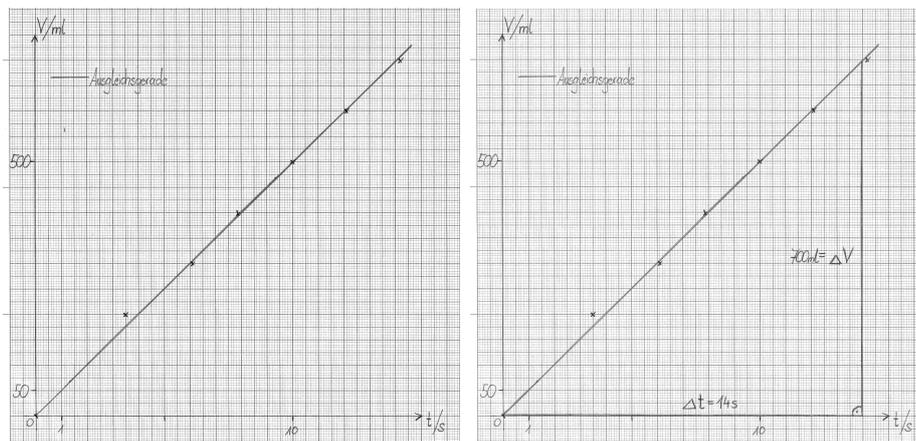


Abbildung 7.4: Schrittweise vorgehen (3.+4. Schritt): Lineare Regression

Kapitel 8

Evaluation

Es bleibt nun die Frage nach dem Erfolg dieser neu entwickelten Struktur. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der ersten Evaluation der entwickelten neuen Übungseinheit *M1 Grundlagen der Messtechnik*¹.

Im Blockkurs des Sommersemesters 2008 konnten 23 Studierende die *Übungseinheit M1* als erste Übungseinheit absolvieren. Der in Kapitel 5 beschriebene Evaluationsbogen (A.3) wurde mittels in Kapitel 5.2.3 beschriebenen Methoden ausgewertet, es werden hier die Ergebnisse dargestellt und interpretiert.

8.1 Vergleich der neuen Übungseinheit mit den alten Experimenten

Abbildung 8.1 stellt drei Items zu den, von Studierenden angegebenen, experimentellen und inhaltlichen Anforderungen, sowie dem Arbeitsaufwand für die Übungseinheiten gegenüber. Es ist zu bemerken, dass alle Mittelwerte um einen, als „angemessen“ gesehenen Wert, streuen, wobei die neue Übung einen Trend zu mehr experimentellem Aufwand vermuten lässt. Dies kann mit Hilfe dieser Auswertung später begründet werden.

Des Weiteren hat sich auch die Bearbeitungszeit (Abbildung 8.2, Item 12), welche für die einzelnen Experimente, laut Angaben der Studierenden, aufgewandt wird, nicht geändert und wird in beiden Konzepten mit ausreichend bewertet. Der Vergleich der Übungseinheit *M1* mit den übrigen Versuchen zeigt keine signifikanten Unterschiede beim Herstellen physikalischer Zusammenhänge.

Ein eindeutig verbessertes Ergebnis liefern die Items 4: „Die Versuche machten mir den

¹später *M*

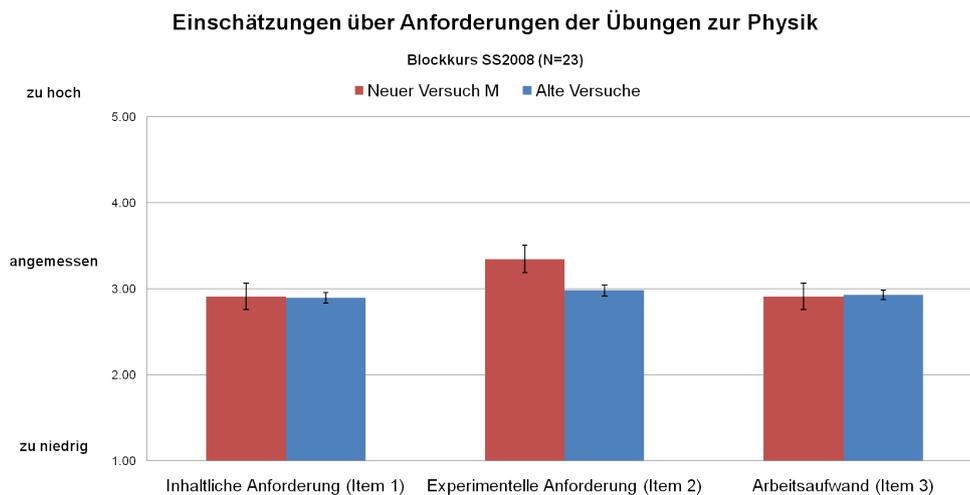


Abbildung 8.1: Vergleich der empfundenen Anforderungen an Studierende für die Umsetzung der alten beziehungsweise des neuen Versuches.

ernährungswissenschaftlichen Bezug deutlich.“ und Item 10: „Die Art der Versuchsdurchführung ermöglichte das selbstständige Erarbeiten der Ergebnisse.“ (Abbildung 8.3), welche beide signifikant unterscheidbare Mittelwerte aufweisen: Der Bezug zu den Ernährungswissenschaften wurde mit den neu gestalteten Versuchen wesentlich besser hergestellt, als dies mit den alten Versuchen der Fall war. Das selbstständige Arbeiten an Experimenten konnte ebenfalls stark gefördert werden. Diese Ergebnisse haben scheinbar einen Einfluss auf das Kompetenzerleben und die Selbstständigkeit der Studierenden, was auch in einem subjektiv empfundenen Mehraufwand, siehe Abbildung 8.1 erkennbar wird.

Die neue Struktur der ersten Einheit scheint einen positiven Effekt auf die gesamten *Übungen zur Physik* zu haben. Betrachtet man die beiden Studentengruppen getrennt Abbildung 8.4, so zeigt sich, dass der Blockkurs in allen Items geneigt ist, mehr zuzustimmen. In Abbildung 8.4 sind deshalb die Mittelwerte zusammen mit den Standardfehlern der Mittelwerte für die Gruppe der Studierenden, ohne neue Übungseinheit, von den Ergebnissen der Testgruppe (23 Studierende mit *M1*) getrennt dargestellt.

Da Items 6 bis 11 alle eine Verbesserung der Lernumgebung beschreiben, war es besonders interessant Korrelationen, der einzelnen Angaben herauszufinden, um eine Empfehlung für zukünftige Entwicklungsschritte geben zu können.

Die Korrelation der Items wird für beide Studierendengruppen durchgeführt, wobei nicht immer ein ähnlicher Korrelationsgrad erzielt wird. Abbildung 8.5 auf Seite 83 zeigt die Korrelationstabelle der Antworten des Blockkurses, wobei die Werte über 50% rot dargestellt sind und diejenigen Korrelationen gelb unterlegt sind, welche weniger als 10% von den Korrelationswerten der großen Sommersemestergruppe abweichen. In der unteren Dreiecksmatrix dieser Korrelationstabelle (Abbildung 8.5) ist zu erkennen, dass sich der ernährungswissenschaftliche Bezug mit jeweils über 50% positiv auf die Items 5: „Die Versuche machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich.“, 10: „Die Art der Versuchsdurchführung ermöglichte das selbstständige Erarbeiten der

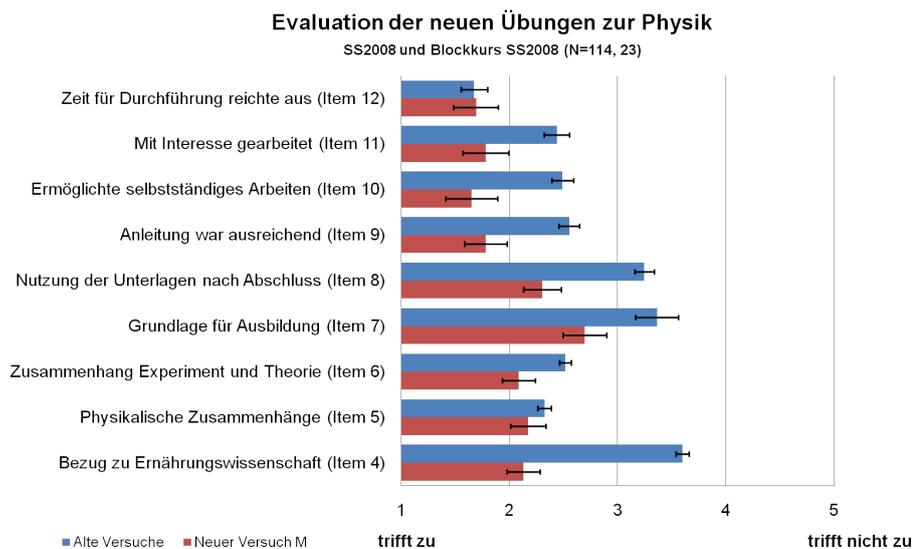


Abbildung 8.2: Gegenüberstellung des neuen und der alten Versuche, deren Eigenschaften und des Übungsverlaufes.

Ergebnisse.“, 11: „Ich habe die Versuche mit Interesse bearbeitet.“ und 12: „Die Zeit für die Durchführung der Experimente war ausreichend“ auswirkt. In dieser Spalte bleiben Items 6 bis 9 fast unverändert im Vergleich mit der Studentengruppe ohne *M1*, was den Schluss zulässt, dass diese Items, tatsächlich nicht stark korreliert sind.

Das Erkennen physikalischer Zusammenhänge wirkt sich positiv auf das Verknüpfen von Experiment und Theorie aus, aber auch auf das Interesse und, wie auch bei der zweiten Studierendengruppe, auf das Erkennen von Bezügen zur Ernährungswissenschaft.

Da Item 4 und Item 10 sich so eindeutig zum Besseren veränderten, ist auch wichtig zu bemerken, dass deren Korrelation von ursprünglich 16% im alten Übungsschema nun auf 53% gestiegen ist. Deshalb wird vermutet, dass eine Korrelationstabelle der untersuchten Items in Zukunft, wenn alle Studierenden der Ernährungswissenschaften ausschließlich neue, didaktisch rekonstruierte Aufgaben bearbeiten, derer der Testgruppe aus dem Blockkurs 2008 ähneln wird.

Eine weitere interessante und auch mit Abstand die stärkste Korrelation, besteht zwischen dem Zeitaufwand für Übungseinheiten und der Art der Anleitung. Dies entspricht gänzlich den Darstellungen in bereits durchgeführten didaktischen Rekonstruktionen, wie bei *Theyßen (1999)*.

Die gewählte neue Form der kleinschrittigen Experimentieranleitung mit nachfolgender Theorie bewirkt auch ein verstärktes selbstständiges Erarbeiten und eine bessere Verknüpfung von Experiment und Theorie. Trotzdem ist an dieser Stelle nicht vorzuenthalten, dass der Wunsch der Studierenden nach einer bestimmten Form von Übungsunterlagen und Bearbeitungsform, wie die Abbildungen 8.6, 8.7 und 8.8 auf Seite 84 zeigen, immer noch zur Vorbereitung tendiert.

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
1 Inhaltliche Anforderung - INH_neu	-.261	.915	.191	-.657	.135	-1.367	22	.186
2 Experimentelle Anforderung - EXP_neu	-.435	.843	.176	-.800	-.070	-2.472	22	.022
3 Arbeitsaufwand - AUF_neu	-.174	.576	.120	-.423	.075	-1.447	22	.162
4 Bezug zu Ernährungswissenschaft - BEZUG_neu	1.217	1.043	.217	.767	1.668	5.600	22	.000
5 Physikalische Zusammenhänge - PHYSIK_neu	.043	.638	.133	-.232	.319	.327	22	.747
6 Zusammenhang Experiment und Theorie - EXP_THEO_neu	.522	.790	.165	.180	.863	3.166	22	.004
7 Grundlage für Ausbildung - GRUNDL_neu	.391	1.033	.215	-.055	.838	1.817	22	.083
8 Nutzung der Unterlagen nach Abschluss - NUTZEN_neu	.217	1.126	.235	-.270	.704	.926	22	.365
9 Anleitung war ausreichend - ANL_neu	.652	1.071	.223	.189	1.115	2.921	22	.008
10 Ermöglichte selbstständiges Arbeiten - SELBST_neu	.826	.887	.185	.443	1.210	4.467	22	.000
11 Mit Interesse gearbeitet - INTERESSE_neu	.174	.778	.162	-.162	.510	1.073	22	.295
12 Zeit für Durchführung reichte aus - ZEIT_neu	.087	.596	.124	-.171	.345	.699	22	.492

Abbildung 8.3: Test über die Verlässlichkeit und Unterscheidbarkeit der Mittelwerte aus Abbildung 8.2. Blau unterlegt sind Mittelwerte, die nicht unterscheidbar sind. Dunkelgrün unterlegt sind diejenigen Items, welche mit 95%iger Sicherheit in einer großen Grundgesamtheit ungleiche Mittelwerte liefern.

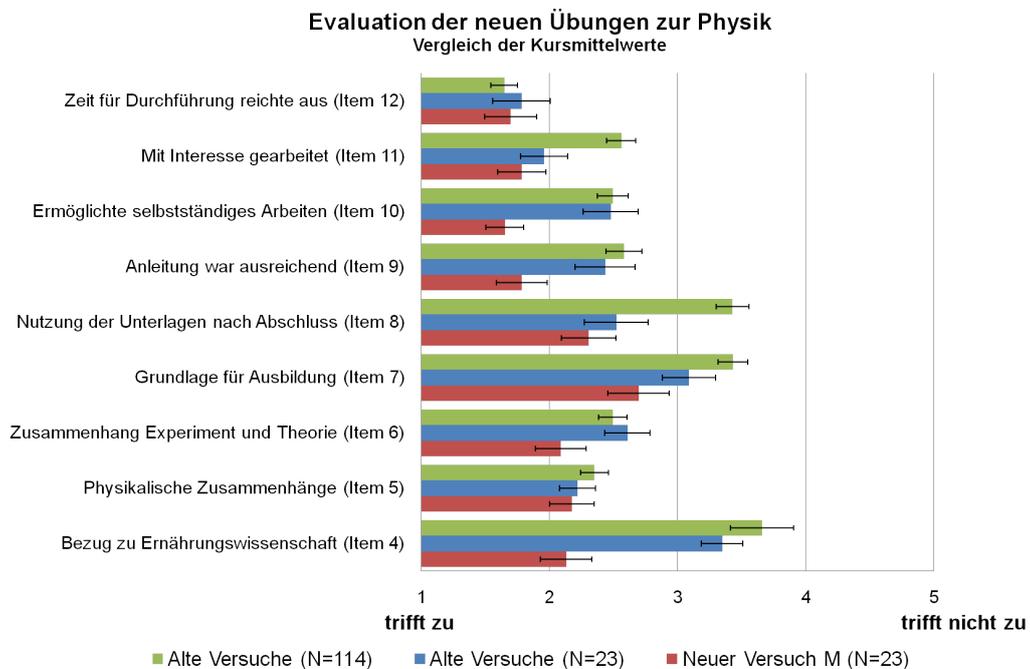


Abbildung 8.4: Vergleichende Evaluation zweier Studierendengruppen

Korrelationen zwischen den einzelnen Items 1-12 der Evaluation im Blockkurs SS 2008 (N=23)

Korrelation nach Pearson	INH_neu	EXP_neu	AUF_neu	BEZUG_neu	PHYSIK_neu	EXP_THEO_neu	GRUNDL_neu	NUTZEN_neu	ANL_neu	SELBST_neu	INTERESSE_neu	ZEIT_neu
INH_neu (Item 1)	1											
EXP_neu (Item 2)	.376	1										
AUF_neu (Item 3)	.324	.376	1									
BEZUG_neu (Item 4)	-.368	.179	.273	1								
PHYSIK_neu (Item 5)	-.271	-.238	.175	.590	1							
EXP_THEO_neu (Item 6)	-.119	-.043	-.119	.432	.612	1						
GRUNDL_neu (Item 7)	-.033	.022	-.141	.365	.201	.318	1					
NUTZEN_neu (Item 8)	-.206	-.025	.037	.326	.202	.253	.161	1				
ANL_neu (Item 9)	-.419	-.263	-.419	.378	.451	.676	.187	.118	1			
SELBST_neu (Item 10)	-.408	.064	-.234	.529	.488	.583	.143	.152	.753	1		
INTERESSE_neu (Item 11)	-.167	-.017	.108	.502	.656	.660	.065	.421	.472	.512	1	
ZEIT_neu (Item 12)	-.421	-.215	-.421	.526	.404	.522	.158	.006	.808	.756	.490	1

Abbildung 8.5: Korrelationstabelle der 12 untersuchten Items im Blockkurs des Sommersemesters 2008

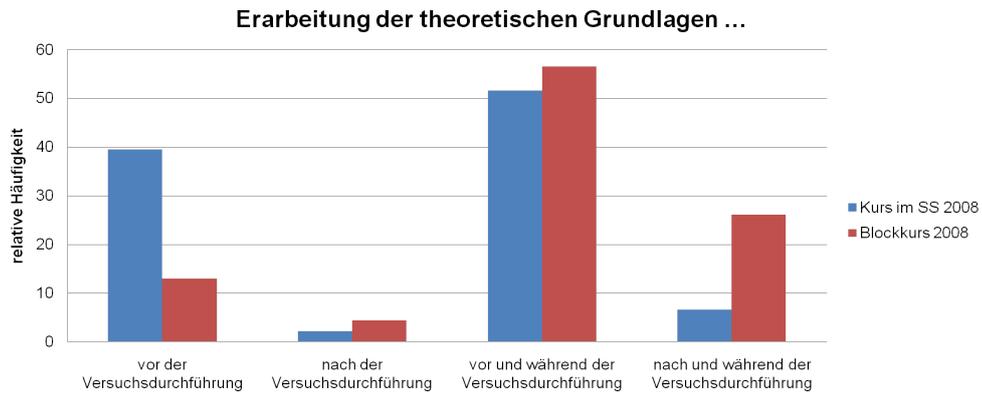


Abbildung 8.6: Bevorzugte Form der Erarbeitung von physikalischen Grundlagen

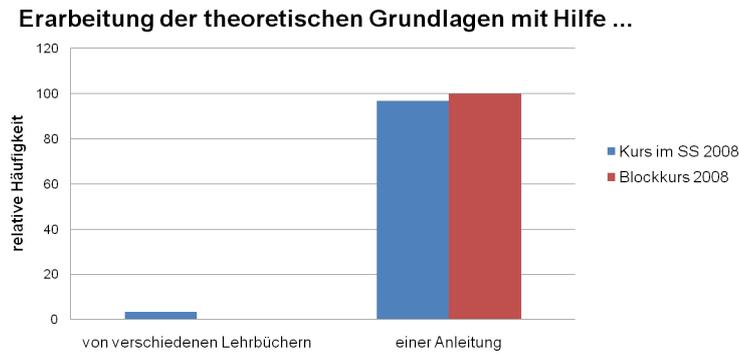
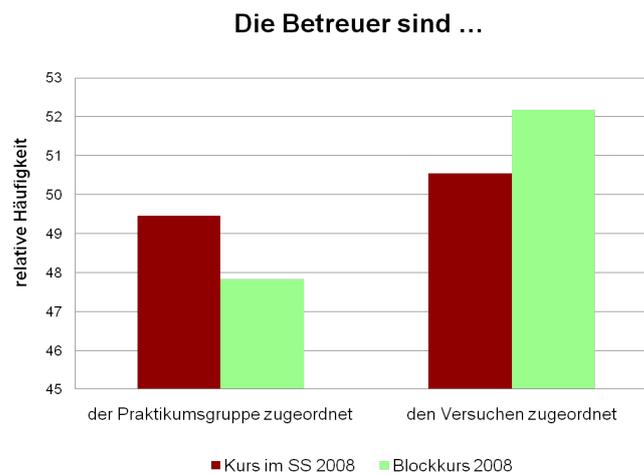


Abbildung 8.7: Hilfsmittel zur Erarbeitung physikalischer Zusammenhänge

Abbildung 8.8: Organisation der Betreuung in den *Übungen zur Physik*

Da jedoch zwischen den beiden untersuchten Gruppen bereits ein großer Stimmungsumschwung stattgefunden hat, liegt die Vermutung nahe, dass das „Nichtkennen“ dieser neuen Lernform eine Rolle spielt, was wiederum ausführlicher untersucht werden muss. Bei der Wahl an Hilfsmitteln für die *Übungen zur Physik* sind sich alle Studierenden einig, dass ein Anleitungsheft, die bevorzugte Form ist (Abbildung 8.7).

Ein weiterer wichtiger Faktor in den ursprünglichen *Übungen zur Physik*, waren die Hilfestellungen der Betreuer, welche durch die neue Form des Anleitungsbuches minimiert werden. Studierende gaben im Mittel an, keine spezielle Betreuungsform (siehe Abbildung 8.8) zu bevorzugen, was die Praktikumsorganisation erleichtert. Ganz zum Schluss steht die essenzielle Frage:

„Wurden die verfolgten Ziele erreicht; stellt *M1* eine adäquate Übungseinheit, als Grundlage für die gesamte Übung zur Physik, dar?“

Die Studierenden beantworten diese Frage mit breiter Zustimmung. Die Übungseinheit *M2*, welche zu diesem Zeitpunkt noch nicht neu rekonstruiert wurde, erfüllte diese Anforderung nicht so herausragend, wie Abbildung 8.9 zeigt.

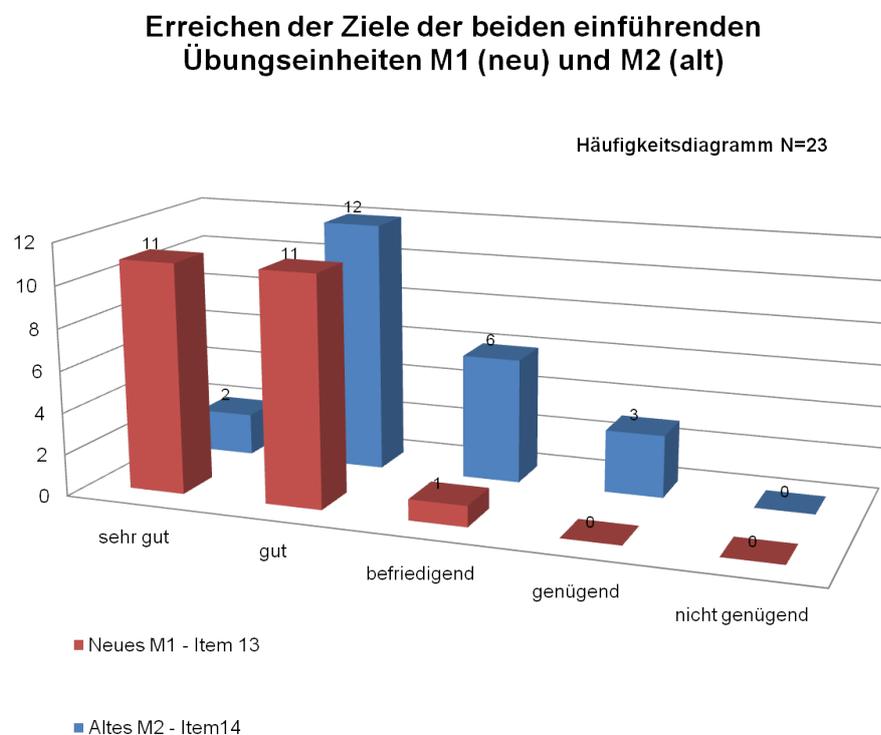


Abbildung 8.9: Vergleich der beiden einführenden Übungseinheiten als Grundlageneinheiten im Blockkurs des Sommersemesters 2008

Abschließend kann der Nutzen dieser Neuentwicklung nicht besser formuliert sein als mit dem Zitat einer Studentin:

Der „neue Versuch *M1* hat mir besser gefallen, man konnte sich alles selbst erarbeiten ohne viel fragen zu müssen.“

und ein Betreuer dazu:

„Studierende fragen nun nicht mehr *Wie soll ich das machen?*, sondern *Habe ich das richtig durchgeführt?*“

Kapitel 9

Zusammenfassung und Ausblick

Das Anfängerpraktikum der Fakultät für Physik an der Universität Wien bietet Lehrveranstaltungen für die praktische Ausbildung von Studierenden des Lehramtes Physik, des Bachelor Studiums Physik, der Meteorologie und der Ernährungswissenschaften. Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, nämlich ein aktuelles und erfolgversprechendes Lehrangebot für die Anforderungen oben genannter, verschiedener Studiengänge, zu stellen, wurden in den letzten Jahren mehrere Projekte zur Neugestaltung dieser Praktika ins Leben gerufen. Da die Physikausbildung im Rahmen des Ernährungswissenschaftsstudiums Aufgabe der Fakultät für Physik ist, wurde im Projekt eLearnPhysik die Entwicklung einer eLearning Strategie für die *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften umgesetzt. Den didaktischen Rahmen dieser Neuentwicklung bildet die vorliegende Diplomarbeit. Ziel ist es, die *Übungen zur Physik* an die Anforderungen des Ernährungswissenschaftsstudiums anzupassen, die Studierenden zu mehr Selbstständigkeit zu motivieren und aus der Physik heraus einen transparenten Bezug zum Hauptfach beziehungsweise späteren Berufsfeld herzustellen. Um die Relevanz der Lehrveranstaltung für eine naturwissenschaftlich grundlegende Ausbildung transparenter und in der Übung deutlich erkennbar zu machen, wird eine verstärkte Kontextualisierung mit dem Fach der Ernährungswissenschaften gefordert.

Die Physikausbildung von Ernährungswissenschaftsstudierenden besteht aus einer verpflichtenden Physikvorlesung, welche zum Besuch der *Übungen zur Physik* berechtigt. Die in dieser Arbeit behandelte Lehrveranstaltung wird im 2. Semester des Studiums empfohlen und stellt somit eines der ersten Praktika dar, bestehend aus sieben Übungseinheiten à drei Stunden und einer Abschlussprüfung. Die ursprüngliche Ausrichtung der Übungen sah ansatzweise Bezüge zur Ernährungswissenschaft vor, orientierte sich jedoch gänzlich an den Versuchsbeschreibungen der Studierenden des Diplomstudiums der Physik. Sowohl von Studierenden als auch von Betreuerseite wurde in den letzten Jahren vermehrt bemerkt, dass die umgesetzte Unterrichtsmethode und die vorliegenden Vorbereitungsunterlagen eine Überforderung der Studierenden darstellen, was sich in unzureichender Vorbereitung auf die Übung widerspiegelte.

Mit Hilfe der Methode der didaktischen Rekonstruktion von Hochschulpraktika *Theyßen* (1999) wurde die Neugestaltung der Übung im Jänner 2008 begonnen. Ein konstruktivistisches Lernmodell bildet die Basis für das Konzept zur Entwicklung neuer Methoden und Strukturen. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, ist die Erfassung der Lernendenperspektive, die Analyse der Meinungen der Lehrenden und die Entwicklung einer, auf vorangehenden Untersuchungen basierenden, didaktischen Strukturierung nötig. Mit dieser Arbeit soll gezeigt werden, dass die didaktische Strukturierung des Physikpraktikums für Mediziner bei *Theyßen* (1999) auch auf den Bereich der Ernährungswissenschaften anwendbar ist. Hierzu wurde die Situation in den *Übungen zur Physik* mittels wiederholter begleitender Beobachtung erfasst. Die Lehrenden aus Ernährungswissenschaft und Physik gaben Auskunft zu Inhalten und Zielen in Form von Interviews und Fragebögen. Die Analyse der Lerngruppen gründet ebenfalls auf den Ergebnissen von Fragebögen, welche vor und nach den *Übungen zur Physik* ausgegeben wurden. Nach Auswertung der erfassten Daten, konnten neue Inhalte und Ziele definiert werden, um eine optimale Anpassung an die Bedürfnisse der Lernenden und Wünsche der Lehrenden zu erreichen. Die *Übungen zur Physik* sollen sowohl das Erlernen experimenteller Fähigkeiten, als auch verstärkt ein Vertiefen physikalischer Kenntnisse durch Kontextualisierung mit dem Fach der Ernährungswissenschaften ermöglichen. Die didaktische Strukturierung aus *Theyßen* (1999) wird auf die vorliegenden *Übungen zur Physik* für Ernährungswissenschaften transferiert, erweitert und angepasst.

Die Umfrage der Lehrenden ergab zusammengefasst, dass vom „alten“ Praktikumsdesign „nur wenige [Studierende] wirklich profitieren können“, womit wohl eher das Entwickeln von langfristigem Verständnis für physikalische Zusammenhänge gemeint ist. Positive Aspekte, die Studierende aus der Sicht von Lehrenden angeblich schätzen, sind die nette und freundlich entspannte Atmosphäre und das „an der Hand führen“ der Studierenden. Hierbei könnte schon ein gewisser Mangel an Wissensvermittlung aufgespürt werden. Interessanter Weise liegen die größten Probleme während der Übungen auf überfachlicher Ebene, nämlich den mathematischen Fähigkeiten. Gründe für Schwierigkeiten sehen Lehrende hauptsächlich in inadäquaten Praktikumsunterlagen und Abstraktionsproblemen der Studierenden beim Ablesen von jedweder Skalierung. Obwohl hier nach neuen geeigneten Bereichen aus der Physik gefragt wurde, werden von Lehrenden zuerst die zu streichenden Gebiete genannt. Es wird mehr Thermodynamik und weniger Elektrizitätslehre vorgeschlagen. Eine neue Idee ist Lebensmittelphysik, wobei mit diesem umfassenden Begriff auch keine genaue Spezifizierung gegeben ist. Ziele werden eher allgemein formuliert und Spezielles bewusst ausgespart. Zusammenhänge in der Physik und mit den Ernährungswissenschaften sollten genauso Ziel sein, wie naturwissenschaftliches Arbeiten mit all seinen Facetten¹. Im Idealfall sollte die Übung sowohl zeitlich wie auch inhaltlich näher an der Physikvorlesung orientiert sein. Die Aufgaben sollten kurz, klar motivierend und verständlich sein.

Die Zielgruppe in den *Übungen zur Physik* sind eher Studentinnen (nur 17% Studen-

¹Messen, Protokollieren, Berechnen, Interpretieren, ...

ten), welche größtenteils AHS-Absolventen sind. Gut zwei Drittel der Studierenden haben Probleme mit Schlussrechnungen („Dreisatz“ in Deutschland). In Berührung mit physikalischen Experimenten waren zumindest 45% mit Demonstrationsexperimenten, aber auch 25% mit Schülerexperimenten, jedoch haben sich kaum Studierende außerhalb der Schule mit Physik beschäftigt. Es wurden wenig Mathematikvorkenntnisse festgestellt, wobei auch Einheiten und Größenordnungen ein Problem darstellen. Einheiten sind allerdings schon in der vorangegangenen verpflichtenden Vorlesung Physik ein wichtiger Bestandteil der Lehrveranstaltung. Die größten Schwierigkeiten liegen beim Ablesen von Zahlenwerten und der nachfolgenden Analyse des Messwertes. Die Grundgrößen der Physik sind den Studierenden am Beginn der *Übungen zur Physik* nicht durchgehend klar.

Die Motivationsanalyse der Lernenden hat ergeben, dass Studierende der Ernährungswissenschaften durchaus motiviert sind Physik zu lernen und deren Relevanz für ihr Studium auch erkennen können, die alte Übungsstruktur aber diese positive Einstellung behindert oder sogar zu Nichte macht.

Der Transfer, der von Theyßen vorgeschlagenen didaktischen Strukturierung (siehe [Theyßen \(1999\)](#)) ist mit Hilfe einiger organisatorischer und inhaltlicher Anpassungen gelungen. Es wurden weitere Wünsche an die *Übungen zur Physik* formuliert und bei der Umsetzung der neuen Struktur berücksichtigt:

- Nähe zur Vorlesung, sowohl inhaltlich als auch zeitlich
- Neue Übungseinheiten im Kontext der Ernährungswissenschaften
- Angepasste, sowohl kleinschrittige, als auch kontextualisierte Anleitungstexte mit Beispielen
- Neue Übungsstruktur
- Real und Onlinephasen
- Neue Prüfungsstruktur
- Online-Umgebung mit IBE's²
- Neues Betreuungsmodell mit zwei Tutoren

Die sieben neuen *Übungseinheiten* sind thematisch festgelegt worden: *Grundlagen der Messtechnik M*, *Grundlagen elektrischer Messungen E*, *Flüssigkeiten F*, *Spektroskopie S*, *Wechselstrom und Wechselstromwiderstände W*, *Geometrische Optik O*, *Kalorimetrie K* (siehe Tabelle 6.4 auf Seite 66). Der Ablauf der Übungen, wie auch die Beurteilungsmethodik haben sich in der Praxis als umsetzbar erwiesen.

²IBE's sind Interaktive Bildschirmexperimente, welche abfotografierte Experimentausgänge darstellen, die in einem Programm interaktiv erforscht werden können, wie bei einem realen Experiment.

Die Lehrveranstaltung wird nun zu einer Blended Learning Übung umgestaltet, in welcher vier Einheiten mit Anwesenheit (M, E, F, S) und drei Onlineübungseinheiten (W, O, K) angeboten werden. Das neue Arbeitsbuch der *Übungen zur Physik* beinhaltet alle Präsenzübungseinheiten in einheitlicher Form. Nach einer einleitenden Darstellung des ernährungswissenschaftlichen Bezuges und der Ziele der jeweiligen Übungseinheit folgt der Messaufgabenteil in Form einer kleinschrittigen Anleitung der Experimente, sowie deren Auswertung. Im Anschluss gibt es eine Nachbereitung zur Bearbeitung zu Hause um, basierend auf den meist qualitativen Erfahrungen in den praktischen Übungen, die physikalische Theorie aufzubauen. Weiters wurden Übungsaufgaben mit exemplarischen Beispielen in diesen letzten Teil eingearbeitet.

Die Praktikumsorganisation wurde völlig neu gestaltet und bietet nun den Studierenden durch sechs kurze Lernzielkontrollen am Anfang jeder Übungseinheit, mehr Rückmeldungen über ihren Lernprozess. Es können nun auch während des Praktikums zusätzlich zur „Protokollführung“ (Ausfüllen des Arbeitsbuches) und dem Abschluss-test Punkte für die Gesamtbewertung der Lehrveranstaltung gesammelt werden. Die Studierenden werden außerdem von zwei Tutoren und einem promovierten Assistenten beziehungsweise Dozenten betreut, was eine umfassendere Betreuung bedeutet.

In den ersten Umsetzungsphasen konnte durch begleitende Evaluation eine Verbesserung der Übungen insbesondere des ersten prototypischen Beispiels *M* (Grundlagen der Messtechnik) festgestellt werden. Die Studierenden sehen nun einen verstärkten Bezug zu ihrem Hauptfach Ernährungswissenschaften bei gleichbleibendem zeitlichen Aufwand und können selbstständiger Experimente durchführen. Die neue Anleitung gestattet ein effizienteres Arbeiten während der Präsenzphase und ein besseres Verknüpfen von Theorie mit Experimenten in der Nachbereitung.

Aufbauend auf diesem Grundgerüst entwickelte sich die gesamte Übung zu einem Erfolgskonzept, die Forderungen zur Verbesserung der Lehre aus dem Projekt eLearnPhysik (*Embacher (2005)*) wurden somit alle erfüllt und teilweise im Projektendbericht bei *Embacher et al. (2009)* festgehalten:

- „Verstärkter Ausbau der computerunterstützten Datenaufnahme und Auswertung in den realen Praktikums-Experimenten“
⇒ umgesetzt in den neuen Übungseinheiten „Grundlagen der Messtechnik“ und „Spektroskopie“
- „Online-Anleitungstexte zu den Praktikumsbeispielen mit Verweisen auf vertiefende Literatur“
⇒ finden Anwendung in den neuen Übungseinheiten Optik, Wechselstrom und Kalorimetrie im „ePraktikum“³

³Das ePraktikum ist eine multimediale Lernumgebung Online zugänglich über das Wiki der Fakultät für Physik www.univie.ac.at/physikwiki. Ursprüngliche Idee der hypermedialen Lernumgebung kommt von H. Theyßen (Düsseldorf, 2000), in Wien wurde ein Autorentool dazu entwickelt (2009).

- „interaktive Simulationen, Bilder der Experimente und Geräte, Bildschirmexperimente“
⇒ hergestellt mit Hilfe des Entwicklungsteams⁴, programmiert von der Autorin und M. Malleck, implementiert im „ePraktikum“
- „interaktive Tests zur Selbstüberprüfung des Verständnisses.“
⇒ „Ausblick“: Möglichkeiten im ePraktikum, Potential für zukünftige Entwicklungen

Daher kann der hier in dieser Entwicklungsarbeit gelegte Grundstein als voller Erfolg für die Weiterentwicklung der Hochschullehre an der Fakultät für Physik gewertet werden. Auch das fertig entwickelte ePraktikum stellt eine wesentliche Bereicherung der Lehre dar. Noch nie war es möglich gewesen, zwei Praktikumsgruppen gleichzeitig zu betreuen und noch nie konnten Studierende mit derart viel Flexibilität eine Physikübung absolvieren. Das gesamte Wissen über das Onlinepraktikum und das neu gewonnene „Know How“ zur Erstellung von interaktiven Bildschirmexperimenten wird weitergegeben. Seit dem Wintersemester 2009 unterstützen zwei Diplomanden (J. Bauer, M. Hofmann) das Entwicklungsteam bei ihrer Arbeit an vier weiteren neuen Übungseinheiten, deren Inhalt entsprechend der hier geschilderten Voruntersuchungen bereits festgelegt wurde (siehe Tabelle 6.4 auf Seite 66). Die Übungseinheit zur Spektrometrie wird ebenfalls im Wintersemester 2009 didaktisch rekonstruiert, kann jedoch aus finanziellen Gründen erst frühestens im Wintersemester 2010 getestet werden.

Für die Zukunft sind umfassendere Evaluationsphasen geplant und bereits in Arbeit. C. Nagel führt zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit eine umfangreiche Studie (Pre/Post) mit Treatment- und Kontrollgruppe bezüglich Motivation nach *Ryan & Deci (1985)*, Lerntypen, Leistungsbereitschaft und Lernstrategien durch. Somit konnte mit dem Projekt *eLearnEW*, welches in dieser Arbeit beschrieben und didaktisch beforscht wurde, ein weiterer Prozess der Weiterentwicklung der Lehre an der Fakultät für Physik nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen der Hochschuldidaktik erfolgreich und mit Nachhaltigkeit umgesetzt werden.

⁴A. Korner, W. Markowitsch, M. Malleck, C. Nagel und B. Wolny

Anhang A

Materialien



fakultät für
physik

eLearning
in den Übungen für Ernährungswissenschaftler

Projektbeschreibung von eLearnEW

eLearnEW ist ein Kooperationsprojekt, welches im Rahmen des fakultären Projekts [eLearnPhysik](#) an der Universität Wien aus der Motivation heraus entstanden ist, die Inhalte der Vorlesung und der Übungen für Ernährungswissenschaften unter Verwendung einer eLearning-Strategie umzugestalten. Ziel der Kooperation mit der Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Prof. Schumacher und der Didaktik für Physik Dortmund, Dr. Theyßen ist es, gemeinsam Ideen, Konzepte und Methoden weiterzuentwickeln, sowie ein didaktisches Konzept und eine eLearning- Strategie für die Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler zu erarbeiten.

Hauptziele

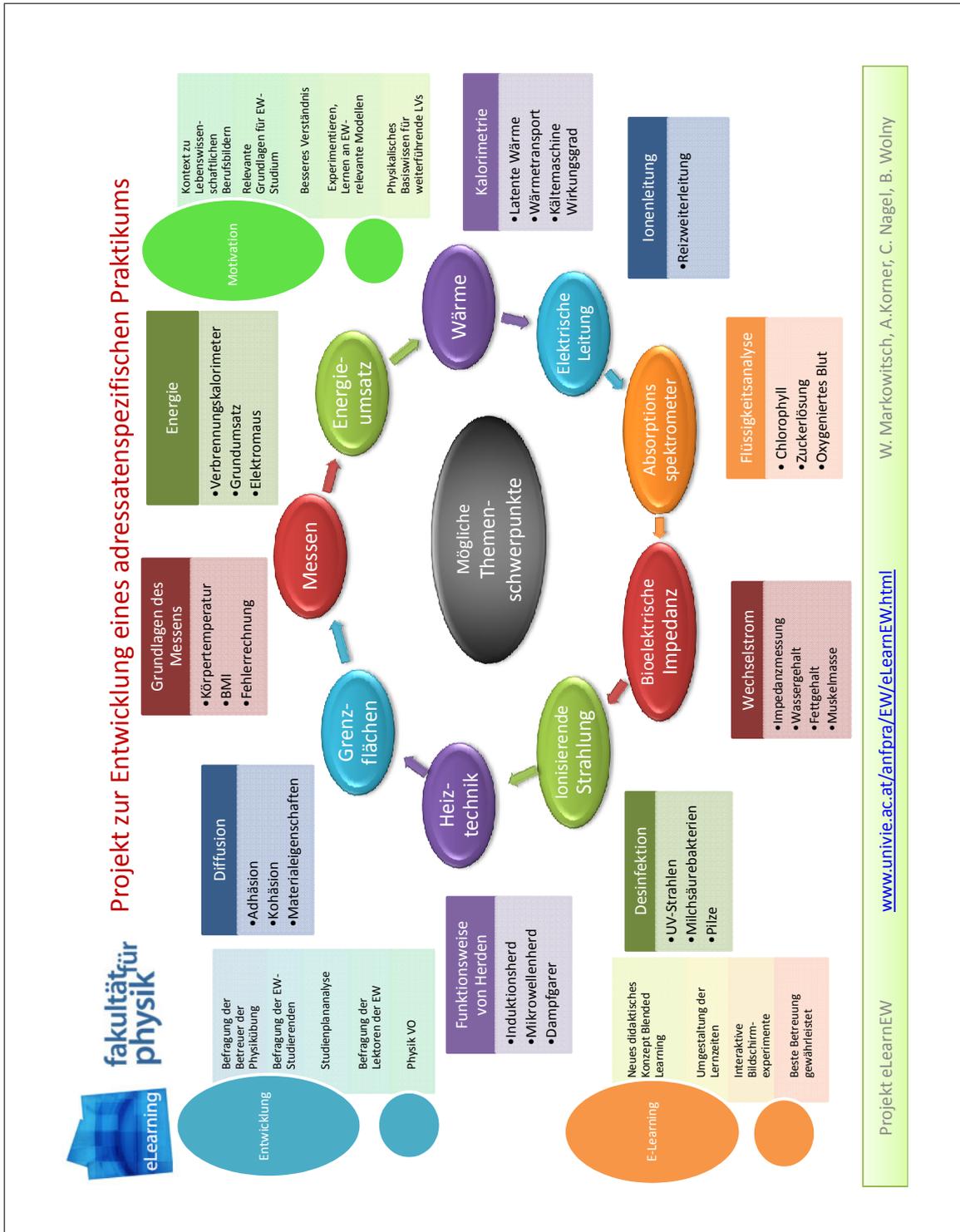
- Entwicklung einer adäquaten eLearning-Strategie
- Studierenden der Ernährungswissenschaften einen realitätsnahen und kontextbasierten Zugang zur praktischen Physik erleichtern

Methoden

- Methodentransfer der didaktischen Rekonstruktion von Hochschulpraktika, die an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf mehrfach erfolgreich erprobt wurde
- Inhaltliche und methodische Zusammenarbeit mit dem Organisations- und Betreuersteam des Anfängerpraktikums und der eLearnPhysik- Projektgruppe an der Universität Wien

Neue Struktur der Übungen

- Ausführliches Begleitheft als Arbeits- und Lernheft für die gesamte Übung. Schritt-für-Schritt Anweisungen für selbstständiges Arbeiten.
 - Präsenztermine und eLearning-Termine (Umgestaltung der Lernzeiten)
 - Interaktive Bildschirmexperimente in einer persönlichen eLearning- Umgebung (eLearnEW_Physik)
 - Themenschwerpunkte aus dem Umfeld der Ernährungswissenschaften (siehe Grafik)
 - Experimente, die das Verstehen von physikalischen Methoden erleichtern, die in den Ernährungswissenschaften verwendet werden
- ✓ **Erstes Beispiel „Erfassung und Auswertung von Messdaten“**
 - Lernziel: Fehlerrechnung, Verständnis für Unsicherheiten, Messfehler (Gerätefehler, statistische Fehler), Wiederholen der physikalischen Grundgrößen und deren Einheiten
 - Anhand der Körpertemperatur des Menschen wird das Angeben eines Messwertes eingeführt und das Messen physikalischer Größen motiviert.
 - Das Beispiel BMI aus der Anthropometrie dient dazu die Fehlerfortpflanzung zu besprechen. (Messen der Körpergröße (Parallaktischer Ablesefehler), der Masse, Berechnung des BMI und dessen Messunsicherheit, Berechnung von durchschnittlichen BMI-Werten, Tabellenvergleich)
 - ✓ **Weitere mögliche Beispiele: siehe Grafik**



A.1 Befragungsinstrumente



fakultät für
physik

eLearning
in den Übungen für Ernährungswissenschaftler

Ermittlung von Zielen in den Übungen für ErnährungswissenschaftlerInnen

Im Rahmen des eLearning Projektes der Fakultät für Physik werden die physikalischen Grundpraktika und so auch die „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ neu adaptiert und ein „Blended Learning“ Konzept implementiert.

Diese Ausgangssituation gibt Anlass zu einer eingehenden Analyse der Rahmenbedingungen, Ziele und didaktischen Struktur dieser Übungen. Zur Optimierung möchten wir mit Ihrer Hilfe eine Expertenbefragung durchführen, um neue Ziele zu definieren und evaluieren. Hierfür wurde dieser offene Fragebogen zusammengestellt, den Sie mit Ihren persönlichen Erfahrungen, Ansichten und Wünschen ausfüllen mögen.

Wir bedanken uns ganz herzlich für Ihre Mitarbeit. Geben Sie bitte nachfolgend Ihre E-Mail-Adresse an, wenn Sie die zusammengefassten und anonymisierten Ergebnisse der Umfrage erhalten möchten.

E-Mail: Ihre E-Mail-Adresse

Angaben zur Person (bitte durch „Klick“ ankreuzen beziehungsweise auswählen)

- Vortragender/ Vortragende
 Assistent/ Assistentin
 Tutor/ Tutorin

Für wie wichtig halten Sie die einzelnen Teilbereiche?

1... sehr wichtig 4... nicht wichtig

Die Studierenden erlernen experimentelle Fähigkeiten (technische Fähigkeiten, Aufbau von Experimenten)	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
Die Studierenden vertiefen physikalische Kenntnisse (in einer Lernwirksameren Umgebung werden physikalische Zusammenhänge mit ihrem Fach hergestellt)	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4

Welche Kenntnisse nehmen Studierende derzeit aus den „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ mit?

Hier ist Platz für Ihre Ausführungen



fakultät für
physik

eLearning
in den Übungen für Ernährungswissenschaftler

Was schätzen Studierende Ihrer Meinung nach derzeit an den Übungen zur Physik?

Hier ist Platz für Ihre Eindrücke

Wo haben Studierende der Ernährungswissenschaften die größten Verständnisprobleme mit Physik?

Bitte geben Sie hier Beispiele an

Welche Experimente fallen den Studierenden der Ernährungswissenschaften besonders schwer und was sind mögliche Gründe dafür?

Hier ist Platz für Ihre Meinung

Welche Bereiche der Physik müssten aus Ihrer Sicht in den „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ behandelt werden?

Ausgewählte Bereiche bitte eingeben

Was sollten Ihrer Meinung nach die übergeordneten Ziele der „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ sein?

Mögliche Ziele bitte hier eintragen

Welche Eigenschaften soll eine ideale Übung für Ernährungswissenschaftler haben?

Geben Sie hier bitte ideale Eigenschaften an

Bitte speichern Sie Ihren ausgefüllten Fragebogen ab und senden ihn an folgende E-Mail-Adresse: brigitte.wolny@univie.ac.at

Danke für Ihre Mitarbeit!



fakultät für
physik

eLearning
in den Übungen für Ernährungswissenschaftler

Ermittlung von Zielen in den Übungen für ErnährungswissenschaftlerInnen

Im Rahmen des eLearning Projektes der Fakultät für Physik werden die physikalischen Grundpraktika und so auch die „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ neu adaptiert und ein „Blended Learning“ Konzept implementiert.

Diese Ausgangssituation gibt Anlass zu einer eingehenden Analyse der Rahmenbedingungen, Ziele und didaktischen Struktur dieser Übungen. Zur Optimierung möchten wir mit Ihrer Hilfe eine Expertenbefragung durchführen, um neue Ziele zu definieren und evaluieren. Hierfür wurde dieser offene Fragebogen zusammengestellt, den Sie mit Ihren persönlichen Erfahrungen, Ansichten und Wünschen ausfüllen mögen.

Wir bedanken uns ganz herzlich für Ihre Mitarbeit. Geben Sie bitte nachfolgend Ihre E-Mail-Adresse an, wenn Sie die zusammengefassten und anonymisierten Ergebnisse der Umfrage erhalten möchten.

E-Mail: Ihre E-Mail-Adresse

Angaben zur Person (bitte durch „Klick“ ankreuzen beziehungsweise auswählen)

- Vortragender/ Vortragende
 Assistent/ Assistentin
 Tutor/ Tutorin

Hauptsächlicher Tätigkeitsbereich:

Betreuung von Studierenden des ersten Studienabschnittes

Für wie wichtig halten Sie die einzelnen Teilbereiche?

1... sehr wichtig 4... nicht wichtig

Die Studierenden erlernen experimentelle Fähigkeiten (technische Fähigkeiten, Aufbau von Experimenten)	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
Die Studierenden vertiefen physikalische Kenntnisse (in einer Lernwirksameren Umgebung werden physikalische Zusammenhänge mit ihrem Fach hergestellt)	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4

Welche Schwerpunkte setzen Sie in Ihren Lehrveranstaltungen für ErnährungswissenschaftlerInnen?

Hier ist Platz für Ihre Ausführungen



fakultät für
physik

eLearning
in den Übungen für Ernährungswissenschaftler

Mit welchen Geräten und Messmethoden arbeiten Sie in Ihren Lehrveranstaltungen?

Bitte geben Sie hier Beispiele an

Wobei können die „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ helfen, um Inhalte aus Ihrer Lehrveranstaltung leichter verstehen zu können?

Hier ist Platz für Ihre Meinung

Welche Bereiche der Physik müssten aus Ihrer Sicht in den „Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler“ behandelt werden?

Ausgewählte wichtige Bereiche bitte eingeben

Bitte **speichern** Sie Ihren **ausgefüllten Fragebogen** (unter FragebogenPhysikEW_“Uhrzeit“ ... FragebogenPhysikEW_082345) ab und senden ihn an folgende E-Mail-Adresse: brigitte.wolny@univie.ac.at

Danke für Ihre Mitarbeit!

**Liebe Studentinnen und Studenten,
Bitte unterstützen Sie uns mit der Beantwortung folgender Fragen, damit
wir die Übungen für Ernährungswissenschaftler an Ihre Bedürfnisse
bestmöglich anpassen können.**

1. Geschlecht *

- m
 w

2. Muttersprache *

- Deutsch
 Englisch
 Andere...

3. Matura/ Studienberechtigungsprüfung im Jahr *

4. In welchem Bundesland haben Sie maturiert/ sind Sie zur Schule gegangen? *

5. Im wievielten Semester studieren sie bereits Ernährungswissenschaften? *

- 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8 oder mehr

6. Welchen Schultyp haben Sie vor Ihrem Studium besucht? *

- AHS/ Oberstufe
- ORG
- BHS
- HTL
- HAK
- HLA
- PS
- BS/BPS
- BMS
- Anderer Schultyp ...

Geben Sie hier bitte Ihren Schulzweig an (zB.: naturwissenschaftlich)

7. Das Fach Mathematik hatten Sie bis zu welcher Schulstufe? *

- 8. Schulstufe (4. Klasse Unterstufe)
- 9. Schulstufe (1. Klasse Oberstufe, "5.Klasse")
- 10. Schulstufe (2. Klasse Oberstufe, "6.Klasse")
- 11. Schulstufe (3. Klasse Oberstufe, "7.Klasse")
- 12. Schulstufe (4. Klasse Oberstufe, "8.Klasse")
- 13. Schulstufe (5. Klasse Oberstufe, "9.Klasse")

8. Welche Unterrichtsform hatten sie im Mathematikunterricht? (Mehrfachnennungen möglich) *

- Klassischer Lehrervortrag, Frontalunterricht
- Freiarbeit, offenes Lernen
- Projektarbeit, Gruppenarbeit

9. Das Fach Physik hatten Sie bis zu welcher Schulstufe? *

- 8. Schulstufe (4.Klasse Unterstufe)
- 9. Schulstufe (1.Klasse Oberstufe, "5.Klasse")
- 10. Schulstufe (2.Klasse Oberstufe, "6.Klasse")
- 11. Schulstufe (3.Klasse Oberstufe, "7.Klasse")
- 12. Schulstufe (4.Klasse Oberstufe, "8.Klasse")
- 13. Schulstufe (5.Klasse Oberstufe, "9.Klasse")

10. Welche Unterrichtsform hatten Sie in ihrem Physikunterricht? (Mehrfachnennungen möglich) *

- Klassischer LehrerInnenvortrag, Frontalunterricht
- LehrerInnenvortrag mit vielen Demonstrationsexperimenten
- SchülerInnen- Experimente
- Freiarbeit, offenes Lernen
- Projektarbeit, Gruppenarbeit

11. Haben Sie sich über den normalen Schulunterricht hinaus mit Physik beschäftigt? *

- Nein
- Ja, ich besuchte das Wahlpflichtfach Physik
- Ja, ich habe in Physik maturiert
- Ja, ich war in einem Physikolympiade-Kurs
- Ja, bei Exkursionen und Lehrausgängen
- Ja, ich beschäftige mich mit Modellbau
- Ja, ich habe Experimentierkästen
- Ja, ...

12. Physikalische Experimente selber durchführen verbinde ich mit folgenden Aussagen ... *

	trifft zu		trifft nicht zu		
	1	2	3	4	5
spannend	<input type="radio"/>				
fad	<input type="radio"/>				
interessant	<input type="radio"/>				
langweilig	<input type="radio"/>				
macht Spaß	<input type="radio"/>				
ist zu anstrengend für mich	<input type="radio"/>				
trau ich mir zu	<input type="radio"/>				
wollte ich noch nie machen	<input type="radio"/>				
lehrreich	<input type="radio"/>				
fördert das Verständnis	<input type="radio"/>				
verwirrt mich	<input type="radio"/>				
notwendig	<input type="radio"/>				
überflüssig	<input type="radio"/>				
für mein Studium relevant	<input type="radio"/>				

13. Rechnerisches Auswerten von Messdaten verbinde ich mit folgenden Aussagen ... *

	trifft zu		trifft nicht zu		
	1	2	3	4	5
spannend	<input type="radio"/>				
fad	<input type="radio"/>				
interessant	<input type="radio"/>				
langweilig	<input type="radio"/>				
macht Spaß	<input type="radio"/>				
ist zu anstrengend für mich	<input type="radio"/>				
trau ich mir zu	<input type="radio"/>				
wollte ich noch nie machen	<input type="radio"/>				
lehrreich	<input type="radio"/>				
fördert das Verständnis	<input type="radio"/>				
verwirrt mich	<input type="radio"/>				
notwendig	<input type="radio"/>				
überflüssig	<input type="radio"/>				
für mein Studium relevant	<input type="radio"/>				

14. Für Männer drückt die Formel $140 = n/P$ die ungefähre Beziehung zwischen n und P aus, wobei n =Anzahl der Schritte pro Minute und P = Schrittlänge in Meter ist! Wenn die Formel auf Daniels Gangart zutrifft und er 70 Schritte pro Minute macht, wie viel beträgt dann seine Schrittlänge? *

- 2 m
- 0,2 m
- 1,5 m
- 0,5 m
- 1 m

15. Bernhard weiß, dass seine Schrittlänge 0,80m beträgt. Die obige Formel trifft auch auf Bernhards Gangart zu, berechnen Sie seine Gehgeschwindigkeit im Metern pro Minute (m/min) und in Kilometern pro Stunde(km/h). (Mehrfachnennungen möglich!) *

<input type="checkbox"/>	ca.5 km/h	Erläutern Sie Ihre Antwort <input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	112 m/min	
<input type="checkbox"/>	ca.90 m/min	
<input type="checkbox"/>	80 km/h	
<input type="checkbox"/>	ca. 1490 km/h	
<input type="checkbox"/>	175 m/min	
<input type="checkbox"/>	140 m/min	

16. Lesen Sie die Schrittlänge P von Jasmin aus dem Bild ab! Die Schrittlänge beträgt wieviele Zentimeter (cm)? *

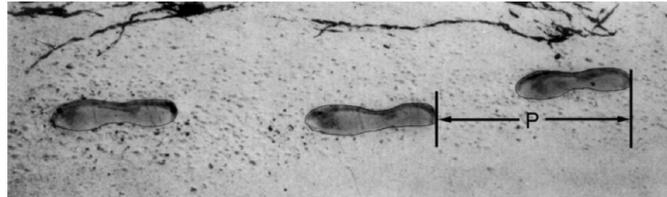
17. Der Flüssigkeitsstand in einem Glas Orangensaft reicht bis zur Marke A. Nachdem ein großer Eiswürfel ins Glas gefallen ist, schwimmt der Eiswürfel, und der Flüssigkeitsstand steigt bis zu einer neuen Marke B. Was geschieht mit dem Flüssigkeitsstand, wenn der Eiswürfel schmilzt? (Mehrfachnennungen möglich!) *

1. Gruppe März 2008 (57 Studierende)		2. Gruppe März 2008 (56 Studierende)	
<input type="checkbox"/>	Der Flüssigkeitsstand sinkt	<input type="checkbox"/>	.
<input type="checkbox"/>	Das Volumen des Saftes wird größer	<input type="checkbox"/>	Was passiert mit dem Flüssigkeitsstand?
<input type="checkbox"/>	Der Flüssigkeitsstand bleibt gleich		
<input type="checkbox"/>	Das Volumen des Saftes wird kleiner		
<input type="checkbox"/>	Der Flüssigkeitsstand steigt		
<input type="checkbox"/>	Das Volumen des Saftes bleibt gleich		
Erläutern Sie Ihre Antwort		Begründen Sie Ihre Antwort	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	

Antwort abschicken

* erforderlich

Gehen



Das Bild zeigt die Fußabdrücke einer gehenden Person. Die Schrittlänge P entspricht dem Abstand zwischen den hintersten Punkten von zwei aufeinander folgenden Fußabdrücken.

Für das individuelle Gehen von Männern drückt die Formel $\frac{n}{P} = 140$ die ungefähre Beziehung zwischen n und P aus, wobei

n = Anzahl der Schritte pro Minute und
 P = Schrittlänge in Meter

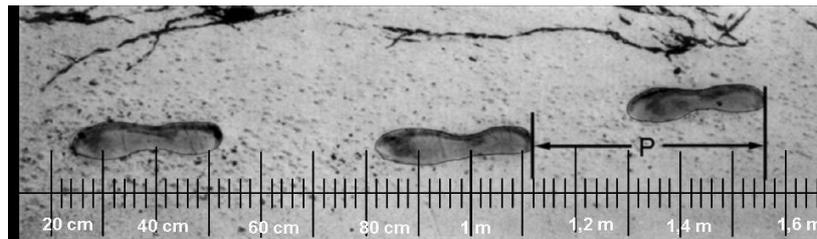
Frage 14

Wenn die Formel auf Daniels Gangart zutrifft und er 70 Schritte pro Minute macht, wie viel beträgt dann seine Schrittlänge?

Frage 15

Bernhard weiß, dass seine Schrittlänge 0,80 Meter beträgt. Die Formel trifft auf Bernhards Gangart zu. Berechnen Sie Bernhards Gehgeschwindigkeit in Metern pro Minute (m/min) und in Kilometern pro Stunde(km/h).

Jasmin



Frage 16

Lesen Sie die Schrittlänge P von Jasmin aus dem Bild ab! Die Schrittlänge beträgt wie viele Zentimeter (cm)? Bitte Einheiten beachten!

A.2 Beobachtungsleitfaden Praktikum für Mediziner

BEOBACHTUNGSLEITFADEN

Physik für Mediziner

Allgemeine Fragen zum Praktikum

1. Kursbeginn

- Wie ist der Praktikumsstart organisiert?
- Welche Handlungen setzen die Betreuer?
- Wie verhalten sich die Studierenden?

2. Gruppenarbeit

- Wie gestaltet sich die Zusammenarbeit der Studierenden?
- Werden Fachausdrücke oder Alltagssprache verwendet?
- Worüber wird diskutiert?
- Wann wird eine Frage an den/die BetreuerIn gestellt?
- Inhalt der Fragen an BetreuerInnen?
- Welche Probleme/ Fragen treten öfters auf?
- Wie wird das Arbeitsbuch ausgefüllt?

3. BetreuerInnen

- Wie werden Hinweise und Organisatorisches vermittelt?
- Welche Hinweise werden zu Beginn gegeben, welche während des Experiments?

- Wie werden Fragen beantwortet?
- Wann sind wieviele BetreuerInnen anwesend?
- Wieviel Zeit wird für das „Antestat“-vergeben aufgewendet?
- Was machen BetreuerInnen bevor sie ein „Antestat“ geben?

Spezifische Fragen

1. Ionenleitung

- Welche Aspekte der Elektrizitätslehre werden behandelt, welche nicht?
- Wie werden Grafiken von Messdaten erstellt?
- Welche Zusammenhänge mit Medizin werden hergestellt, und wie oft?
- Wie werden OnlineVersuche betreut und kontrolliert?

2. RC-Schaltung

- Wie wird am Oszilloskop gearbeitet?
- Welche Schwierigkeiten treten im Umgang mit Geräten auf?
- Welche Zusammenhänge mit Medizin werden hergestellt, und wie oft?

3. Spektrometer

- Welche Beobachtungen machen die Studierenden zu Beginn?
- Wie ist der Umgang mit dem PC und Origin 5?
- Welche Zusammenhänge mit Medizin werden hergestellt, und wie oft?

4. Energieumsatz

- Welche Gruppenarbeiten finden statt?
- Wie reagieren die Studenten auf die Mäuse?
- Welche Zusammenhänge mit Medizin werden hergestellt, und wie oft?

5. Kreislaufmodell

- Worauf wird hier besonders Wert gelegt?
- Wie werden Diagramme hergestellt und ausgewertet?
- Welche Zusammenhänge mit Medizin werden hergestellt, und wie oft?
- Wie werden OnlineVersuche betreut und kontrolliert?

A.3 Evaluation

PHYSIKALISCHE GRUNDPRAKTIKA
FAKULTÄT FÜR PHYSIK

LEITER: PROF. DR. WILHELM
MARKOWITSCH



universität
wien

BOLTZMANNGASSE 5
A - 1090 WIEN
PHYSIKALISCHE GRUNDPRAKTIKA
TELEFON (+43) 01 4277 513 84

Befragung der Teilnehmer/-innen der Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler im SS 08

Liebe Studentinnen und Studenten,

bitte unterstützen Sie uns mit der Beantwortung der folgenden Fragen, damit wir unsere Praktikumsurse optimal an Ihre Bedürfnisse anpassen können.

1. Angaben zur Person

Geschlecht: männlich weiblich

2. Bewerten Sie folgende Aussagen zu den durchgeführten Versuchen

Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen, die sich immer auf die gesamten Versuche (incl. Vor- und Nachbereitung) beziehen. Bitte kreuzen Sie pro Zeile jeweils nur ein Kästchen an.

		zu hoch	ange-messen	zu niedrig
1	Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Arbeitsaufwand für die Versuche war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		trifft völlig zu					trifft nicht zu				
		↓					↓				
4	Die Versuche machten mir den Bezug zu meinem Studienfach anschaulich deutlich.	<input type="checkbox"/>									
5	Die Versuche machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich.	<input type="checkbox"/>									
6	Bei den Versuchen wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie (Vor- / Nachbereitung) klar.	<input type="checkbox"/>									
7	Die Inhalte der Versuche halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig.	<input type="checkbox"/>									
8	Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Versuchen nach Abschluss des Praktikums noch einmal nutzen werde.	<input type="checkbox"/>									
9	Die Anleitung war ausreichend zur Durchführung der Versuche.	<input type="checkbox"/>									
10	Die Art der Versuchsdurchführung ermöglichte das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse.	<input type="checkbox"/>									
11	Ich habe die Versuche mit Interesse bearbeitet.	<input type="checkbox"/>									
12	Die Zeit für die Durchführung der Experimente war ausreichend.	<input type="checkbox"/>									

3. Was bevorzugen Sie?

- | | |
|---|--|
| 1. Erarbeitung der theoretischen Grundlagen: | <input type="checkbox"/> vor der Versuchsdurchführung
<input type="checkbox"/> nach der Versuchsdurchführung
<input type="checkbox"/> vor und während der Versuchsdurchführung
<input type="checkbox"/> während und nach der Versuchsdurchführung |
| 2. Erarbeitung der theoretischen Grundlagen mit Hilfe | <input type="checkbox"/> von verschiedenen Lehrbüchern
<input type="checkbox"/> einer Anleitung |
| 3. Die Betreuer sind | <input type="checkbox"/> der Praktikumsgruppe zugeordnet
<input type="checkbox"/> den Versuchen zugeordnet |

4. Halten Sie Ihre Assoziationen fest

Physikalische Experimente selber durchführen finde ich ...

	trifft zu		trifft nicht zu		
	1	2	3	4	5
spannend	<input type="radio"/>				
fad	<input type="radio"/>				
interessant	<input type="radio"/>				
langweilig	<input type="radio"/>				
macht Spaß	<input type="radio"/>				
ist zu anstrengend für mich	<input type="radio"/>				
trau ich mir zu	<input type="radio"/>				
wollte ich noch nie machen	<input type="radio"/>				
lehrreich	<input type="radio"/>				
fördert das Verständnis	<input type="radio"/>				
verwirrt mich	<input type="radio"/>				
notwendig	<input type="radio"/>				
überflüssig	<input type="radio"/>				
für mein Studium relevant	<input type="radio"/>				

Rechnerisches Auswerten von Messdaten halte ich für ...

	trifft zu		trifft nicht zu		
	1	2	3	4	5
spannend	<input type="radio"/>				
fad	<input type="radio"/>				
interessant	<input type="radio"/>				
langweilig	<input type="radio"/>				
macht Spaß	<input type="radio"/>				
ist zu anstrengend für mich	<input type="radio"/>				
trau ich mir zu	<input type="radio"/>				
wollte ich noch nie machen	<input type="radio"/>				
lehrreich	<input type="radio"/>				
fördert das Verständnis	<input type="radio"/>				
verwirrt mich	<input type="radio"/>				
notwendig	<input type="radio"/>				
überflüssig	<input type="radio"/>				
für mein Studium relevant	<input type="radio"/>				

5. Weitere Anmerkungen

(Lob, Kritik, Verbesserungsvorschläge, Differenzierung zwischen den Versuchen,...)

6	Bei den Versuchen wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie (Vor- / Nachbereitung) klar.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	Die Inhalte der Versuche halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Versuchen nach Abschluss des Praktikums noch einmal nutzen werde.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	Die Anleitung war ausreichend zur Durchführung der Versuche. (bei alten Versuchen: schriftliche Hinweise + mündliche Einführung vor dem Versuch!)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10	Die Art der Versuchsdurchführung ermöglichte das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11	Ich habe die Versuche mit Interesse bearbeitet.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12	Die Zeit für die Durchführung der Experimente war ausreichend.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

3. Was würden Sie bevorzugen?

- 1. Erarbeitung der theoretischen Grundlagen:
 - vor der Versuchsdurchführung
 - nach der Versuchsdurchführung
 - vor und während der Versuchsdurchführung
 - während und nach der Versuchsdurchführung
- 2. Erarbeitung der theoretischen Grundlagen mit Hilfe
 - von verschiedenen Lehrbüchern
 - einer Anleitung
- 3. Die Betreuer sind
 - der Praktikumsgruppe zugeordnet
 - den Versuchen zugeordnet

4. Zu den Versuchen M1 Grundlagen der Messtechnik und M2 Messen und Messfehler

Ziel dieser Versuche sollte es sein, Grundlagen für die nachfolgenden Versuche zu erarbeiten. Bitte bewerten Sie die folgende Aussage.

		trifft völlig zu	trifft nicht zu
		↓	↓
13	Ist dieses Ziel bei Versuch M1 erreicht worden?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
14	Ist dieses Ziel bei Versuch M2 erreicht worden?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

5. Weitere Anmerkungen

Bitte schreiben Sie uns hier Ihre persönliche Meinung zu den Übungen und Ihre persönlichen Erfahrungen mit den Übungen:

(Lob, Kritik, Verbesserungsvorschläge, Differenzierung zwischen den Versuchen,...)

A.4 Prototyp einer neuen Übungseinheit

ORGANISATION und ZIELE

in den Übungen zur Physik für ErnährungswissenschaftlerInnen

Version vom 2. Juni 2010

1 Einbettung in den Studienplan

Die *Übungen zur Physik für ErnährungswissenschaftlerInnen* sollen, ergänzend zu und aufbauend auf die Vorlesungen *Physik für Ernährungswissenschaften* die Studierenden der Ernährungswissenschaften möglichst frühzeitig mit der eigenverantwortlichen Durchführung und Auswertung einfacher Versuche vertraut machen. Neben dem sicheren Bedienen verschiedener Messinstrumente und physikalischer Versuchseinrichtungen werden grundlegende wissenschaftliche Arbeitsmethoden und Messtechniken vermittelt. Darüber hinaus soll die kritische Wertung (Fehlerabschätzung) der Ergebnisse geübt werden.

Dieses einführende Praktikum soll neben einer Festigung von bereits erworbenem Wissen die grundlegenden Fertigkeiten für experimentelles naturwissenschaftliches Arbeiten vermitteln.

KONTAKT:

Ass.Prof. Dr. Wilhelm Markowitsch
praktikum.physik@univie.ac.at
Strudlhofgasse 4, 1090 WIEN, Tel.: +43 1 4277 51426

2 Organisation

Das Praktikum wird als Blocklehrveranstaltung an 8 Terminen im Semester abgehalten. Es werden mehrere Kurse parallel angeboten, die in der Regel Mo., Di., Mi. oder Do. vormittags (09:30 - 12:30 Uhr) stattfinden. Da die Kurse zeitlich versetzt eingeteilt sind, können an einem Wochentag 2 Kursgruppen parallel geführt werden. Eine Kursgruppe umfasst 24 Studierende. Anwesenheit an allen Übungseinheiten ist vorgesehen. In den ersten 7 Übungseinheiten finden experimentelle Übungsbeispiele statt. In der 8. Übungseinheit wird ein Abschlusstest durchgeführt. Das Ablaufschema können Sie untenstehender Grafik (Abbildung 1) entnehmen. Zu Beginn jeder Übungseinheit (mit Ausnahme der ersten und der letzten) haben Sie eine 10 minütige Lernzielkontrolle zu absolvieren, bestehend aus 4 Fragen (auch Multiple Choice-Fragen), welche den Stoff des bzw. der zuletzt durchgeführten Übungsbeispiele/s betreffen. Dem Ablaufschema können Sie entnehmen, dass jeweils die Hälfte der Teilnehmer/innen eines Kurstages (also Kursteilnehmer/innen 1-12 bzw. 13-24 eine organisatorische Subeinheit bilden, die in der Regel die gleichen Übungseinheiten an den selben Terminen bearbeiten. Der genaue Kursplan Ihrer Kursgruppe wird jedoch zu Beginn der Übungen auf unserer Homepage veröffentlicht und auch am Aushang des Anfängerpraktikums angeschlagen.

Die Übungseinheiten: 4 Präsenz- und 3 Online-Einheiten

- M - Grundlagen der Messtechnik (Präsenzeinheit)
- E - Grundlagen der Elektrizität (Präsenzeinheit)
- O - Geometrische Optik, Mikroskop (Online-Einheit)
- S - Spektroskopie und Photometrie (Präsenzeinheit)
- K - Kalorimetrie (Online-Einheit)
- W - Wechselstrom und Wechselstromwiderstände (Online-Einheit)
- F - Eigenschaften von Flüssigkeiten (Präsenzeinheit)
- A - Abschluss(test) (Präsenzeinheit)

Sie dürfen maximal eine (1) Übungseinheit versäumen, jedoch nicht *M* oder *E*! In diesem Fall können Sie dennoch ein „Sehr Gut“ für die Übungen bekommen, wenn Ihre Leistungen in den übrigen Übungseinheiten herausragend gut sind. Sie verzichten jedoch freiwillig auf 4 mögliche Punkte bei der Lernzielkontrolle, denn über versäumte Experimente dürfen Sie keine Lernzielkontrolle durchführen. Außerdem müssen Sie den Inhalt der versäumten Einheit für den Abschlusstest (siehe unten) selbstständig nachlernen. Wenn Sie eine Präsenz-Übungseinheit versäumen, so erhalten Sie die Möglichkeit, alle Lernzielkontrollen, die Sie an diesem Termin hätten absolvieren sollen, beim nächstmöglichen Präsenztermin nachzuholen. Auch wenn dieser nächste Termin bereits der *Abschluss* ist.

	1. Termin		2. Termin		
WO wird WAS erledigt?	<i>im Praktikum</i>	<i>zu Hause</i>	<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>	<i>zu Hause</i>
Kursteilnehmer/innen 1-12	M	Nachbereitung	Test über M	E	Nachbereitung
Kursteilnehmer/innen 13-24	E	Nachbereitung	Test über E	M	Nachbereitung
	3. Termin		4. Termin		
WO wird WAS erledigt?	<i>zu Hause</i>		<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>	<i>zu Hause</i>
Kursteilnehmer/innen 1-12	O		Test über E & O	F	Nachbereitung
Kursteilnehmer/innen 13-24	O		Test über M & O	S	Nachbereitung
	5. Termin		6. Termin		
WO wird WAS erledigt?	<i>zu Hause</i>		<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>	<i>zu Hause</i>
Kursteilnehmer/innen 1-12	K		Test über F & K	S	Nachbereitung
Kursteilnehmer/innen 13-24	W		Test über S & W	F	Nachbereitung
	7. Termin		8. Termin (Abschluss)		
WO wird WAS erledigt?	<i>zu Hause</i>		<i>im Praktikum</i>	<i>im Praktikum</i>	
Kursteilnehmer/innen 1-12	W		Test über S	Abschlusstest	
Kursteilnehmer/innen 13-24	K		Test über F	Abschlusstest	

Abbildung 1: Grafik zum Ablauf der Übungen zur Physik

2.1 Präsenz-Einheiten

Bei der Vorbesprechung erhalten Sie Ihre Arbeitsbücher für die Präsenz-Einheiten. Jeweils zwei Teilnehmer/innen bilden (ausschließlich bei den Präsenz-Einheiten) eine Arbeitsgruppe. Sie sind gemeinsam an der Durchführung der Versuche und der Auswertungen beteiligt. Alle zur jeweiligen Übungseinheit gehörigen Experimente müssen von der Arbeitsgruppe durchgeführt werden. Die Kapitel *Ziele* und *ernährungswissenschaftlicher Bezug* sollen Sie vor Beginn der jeweiligen Übungseinheit lesen. Die darauf folgenden Kapitel in jeder Einheit sind eine Anleitung für die Versuchsdurchführung, die Sie während der Kurszeiten durcharbeiten. Den theoretischen Hintergrund zu Ihren experimentellen Ergebnissen und weitere Auswertungen Ihrer Messdaten erarbeiten Sie in der *Nachbereitung*, welche Sie zuhause durchführen. Eine sorgfältige Nachbereitung dient Ihnen als gute Vorbereitung und ist Voraussetzung für die Teilnahme an der *Lernzielkontrolle* zu Beginn des nächstfolgenden Kurstages.

Am Ende jedes Präsenz-Kurstages gibt es noch eine Abschluss-Besprechung mit Ihren Betreuer/innen, wo Sie gemeinsam Ergebnisse vergleichen und diskutieren. Hierbei kontrollieren die Betreuer/innen auch Ihre Mitarbeit in den Arbeitsbüchern. Wenn Sie die Aufgaben im Arbeitsbuch nicht oder nur unzureichend bearbeiten, dann gilt diese Übungseinheit als Ihr (erlaubter) Fehltermin und Sie erhalten beim nächsten Präsenztermin keine Lernzielkontrolle zu dieser Übungseinheit.

Die zusätzliche Benutzung angeführter Standardlehrbücher der Physik zur Vor- und Nachbereitung und der fallweise zusätzlich angeführten Literatur ist für den Lernerfolg förderlich. Während der Kurszeiten stehen den PraktikumsteilnehmerInnen zwei kleine Handbibliotheken (Praktikum und Computerlabor) zur Verfügung. Die Bücher dürfen nicht aus den Praktikumsräumen entfernt werden, dafür liegen sämtliche Bücher auch in der Zentralbibliothek für Physik zur Ansicht und zur kurzzeitigen Entlehnung auf.

Durchführung der Experimente

- Jeweils zwei Teilnehmer/innen bilden eine Arbeitsgruppe. Sie sind gemeinsam an der Durchführung der Versuche und der Auswertungen beteiligt. Alle zur jeweiligen Übungseinheit gehörigen Experimente müssen von der Arbeitsgruppe durchgeführt werden.
- Die zum Experiment gehörenden Geräte und das Zubehör befinden sich im Allgemeinen auf dem Arbeitsplatz und werden im Arbeitsbuch vorgestellt.
- Sie sind aufgefordert, gewissenhaft Schritt für Schritt dem Arbeitsbuch zu folgen. Wenn Sie die didaktisch aufbereiteten Texte nur überfliegen und nicht bewusst lesen, sind Sie in der Regel nicht schneller, sondern machen nur mehr Fehler und werden wichtiges Wissen/Verständnis zu einem späteren Zeitpunkt vermissen.

- Alle elektrischen Schaltungen müssen vor Anschluss an die Spannungsquelle von einer Person des Betreuerteams überprüft werden.
- Defekte an Messgeräten oder apparativen Teilen sind sofort dem/der Betreuer/in zu melden. Für Schäden, die durch grobe Fahrlässigkeit entstehen, kann der/die betreffende Praktikant/in haftbar gemacht werden. Nach Beendigung des Versuches muss der Arbeitsplatz in Ordnung hinterlassen werden.

2.2 Online-Einheiten

Zu Übungseinheiten, bei denen Online-Beispiele (**O**, **K** und **W**) durchgeführt werden, müssen Sie nicht im Praktikum erscheinen, sondern können an jedem Computer mit geeigneter Softwareausstattung und Internetzugang arbeiten. Jedes Online-Beispiel besteht neben einführenden Texten aus zahlreichen erklärenden Bildern, Animationen etc., sowie aus sogenannten *Interaktiven Bildschirm-Experimenten* (IBE). Dabei handelt es sich um keine Simulationen, sondern um vollwertige, in allen Einzelheiten fotografisch festgehaltene Experimente, die Sie auf Ihrem Computer durchführen können. Diese IBE sind das Kernstück des Beispiels und müssen durchgeführt werden; andernfalls gilt diese Übungseinheit als Ihr (erlaubter) Fehlertermin und Sie erhalten beim nächsten Präsenztermin keine Lernzielkontrolle zu dieser Übungseinheit.

An einem Online-Beispiel arbeitet jede/r Teilnehmende *einzel*n. Es ist nicht zulässig, wenn die Arbeitsgruppe (zwei Personen) gemeinsam ein Online-Protokoll abgibt. Ebenfalls un-erlaubt ist die Abgabe in schriftlicher Form, Sie müssen den unten erläuterten Weg gehen.

Um an einem solchen Beispiel arbeiten zu können, müssen Sie sich zunächst registrieren. Durch den Link *Online-Praktikum* in der linken Menüleiste der Seite

www.univie.ac.at/physikwiki

(befindet sich ungefähr in der Mitte) gelangen Sie zu der Registrierungsseite. Registrieren Sie sich bitte unter UNI-Wien (zu dem Online-Praktikum haben auch andere Universitäten Zugang) mit einem gut merkbaren Benutzernamen sowie Passwort. Notieren Sie sich diese Zugangsdaten, zumindest bis Sie sie zuverlässig auswendig wissen. Geben Sie als E-Mailadresse unbedingt Ihre Unet-Adresse an, denn sämtliche Korrespondenz mit Studierenden über ihren Studienfortschritt darf nur über diese Adressen geführt werden. Nach der Registrierung können Sie sich bereits (auch schon vor Beginn der Übungen) den Leitfaden für das Online-Praktikum durchlesen und erfahren dort u.a., welche Softwarevoraussetzungen Ihr Computer erfüllen muss.

An den Beispielen arbeiten können Sie erst, wenn Sie *von den Betreuern* freigeschaltet wurden. Das geschieht in der Regel bereits am oder kurz nach dem ersten Übungstag, spätestens jedoch 1 Woche vor Abgabefrist. Ein Online-Beispiel ist bis 9:30 Uhr am Kurstag,

an dem das Beispiel auf Ihrem Kurs-Programm steht, abzugeben. Dazu drücken Sie den Button „Modul abgeben“ auf der Seite mit der Kapitelübersicht des Beispiels. Am Kurs-tag überprüfen die Betreuer/innen Ihr Online-Protokoll und geben Ihnen ein Feedback per E-Mail.

Das Feedback kann folgende Bewertungen beinhalten:

- Falls Sie das Online-Beispiel **gar nicht oder nur unzureichend durchgeführt** haben (z.B. wenn Sie die IBE nicht durchgeführt haben), dann gilt diese Übungseinheit als Ihr (erlaubter) Fehltermin und Sie erhalten beim nächsten Präsenztermin nur die Lernzielkontrolle der vorangegangenen (absolvierten) Übungseinheit.
- Falls Ihr Betreuerteam **grobe Verständnisschwierigkeiten** in Ihrer Online-Bearbeitung erkennen, erhalten Sie die Möglichkeit, nach dem Feedback Teile Ihrer Arbeit binnen 48 nach E-Mail-Benachrichtigung zu verbessern.
 - Nutzen Sie diese Chance erfolgreich, so wird Ihnen das Beispiel als „absolviert“ angerechnet.
 - Nutzen Sie diese Chance nicht, so wird Ihnen das Beispiel zwar als „absolviert“ angerechnet, auf Grund der unzureichenden Leistung entfällt jedoch der Antritt zur Lernzielkontrolle (und Sie verzichten auf 4 Punkte).
- Wenn Sie das Online-Beispiel **ausreichend bearbeitet** haben, so wird Ihnen das Beispiel als „absolviert“ angerechnet.
- Bei Verdacht auf **vorgetäuschte Leistung** werden Sie informiert, dass Sie die Lernzielkontrolle über das Online-Beispiel zum nächsten Termin nicht schriftlich, sondern mündlich absolvieren müssen.

Sie können auch nach dem Abgeben noch jederzeit Ihr Online-Protokoll lesen (z.B. als Vorbereitung auf die Lernzielkontrolle), jedoch es nicht mehr bearbeiten/verbessern (ausgenommen jene mit einem expliziten Verbesserungsauftrag).

Vorgetäuschte Leistungen:

Innerhalb der Online-Lernumgebung wird für jeden Nutzer ein Online-Bearbeitungsprotokoll geführt. Anhand von Vergleichsstudien (mit diplomierten Physiker/innen) können wir über verschiedene Kennzahlen feststellen, ob der Verdacht einer vorgetäuschten Leistung gerechtfertigt ist. Wenn Ihr Betreuerteam diesen Verdacht äußert, werden Sie (wie bereits erwähnt) die Lernzielkontrolle über diese Einheit mündlich absolvieren. So erhalten Sie die Gelegenheit Ihr Betreuer-Team vom Gegenteil zu überzeugen.

2.3 Beurteilung

Die Übungen zur Physik für ErnährungswissenschaftlerInnen sind eine *prüfungsimmanente Lehrveranstaltung*. Beurteilt wird:

1. Erfolgreiche Absolvierung der Übungseinheiten inklusive der Nachbereitungen
2. Lernzielkontrollen
3. Abschlusstest

Voraussetzung für die Ausstellung eines positiven Zeugnisses ist die Absolvierung zumindest 6 von 7 Übungseinheiten (M und E sind verpflichtend) und Teilnahme am Abschlusstest.

Bei jeder Lernzielkontrolle sind maximal 4 Punkte zu erreichen (Insgesamt 24). Zusätzlich sammeln Sie maximal 14 Punkte beim Abschlusstest, welcher aus 14 Fragen (je 2 zu jedem Übungsbeispiel) besteht.

	Note	Prozent	Punkte
Notenschlüssel	Sehr gut	100 - 89 %	38 - 34
	Gut	88 - 77 %	33 - 29
	Befriedigend	76 - 62 %	28 - 24
	Genügend	61 - 50 %	23 - 19
	Nicht Genügend	49 - 0 %	18 - 0

3 Ziele der Übungen zur Physik

Ziel der Übungen zur Physik für ErnährungswissenschaftlerInnen ist der erfolgreiche Erwerb von *fachspezifischen und übertragbaren Fähigkeiten* (auch fachliche und metafachliche Ziele genannt), welche wie folgt als *Studienziele* auf Ebene der Lehrveranstaltung aufgelistet sind:

3.1 Fachliche Ziele

Die fachlichen Ziele werden auf drei Ebenen verfolgt: *kognitiv* (reine Wissensziele), *affektiv* (persönliche Einstellungen und Werte) und *prozessorientiert* (Tätigkeiten, praktisch-methodische Fähigkeiten). Oftmals beinhalten die fachlichen Ziele Aspekte aller drei Ebenen.

1. Einfache Experimente zu ernährungswissenschaftlich relevanter Themengebiete der Physik verstehen und erklären können.
2. Physikalisches Grundwissen auf einfache neue Problemstellungen experimenteller Natur anwenden und transferieren können.
3. Verständnis grundlegender physikalischer Konzepte durch praktische Anwendungen kennen lernen.
4. Physikalische Zusammenhänge in ernährungswissenschaftlichen Problemstellungen erkennen können.
5. Grundlegende experimentelle Arbeitsweisen der Physik verstehen und anwenden können.
6. Einfache Messgeräte bedienen können.
7. Grundlagen und Anwendungen der Fehlerrechnung bei der Auswertung physikalischer Experimente beherrschen.
8. Einfache computergestützte Methoden zur Messwernerfassung, Auswertung von Messdaten und Anwendung der Fehlerrechnung beherrschen.
9. Den Sinn physikalischer Experimente für den eigenen Lernprozess erkennen.
10. Freude an experimentellem Arbeiten entwickeln.

3.2 Metafachliche Ziele

Die metafachlichen Ziele beziehen sich auf Kompetenzen, die über den fachlichen Bereich hinausreichen.

1. Teamkompetenz (kleine Gruppen)
2. Selbstlernkompetenz
3. Dokumentationskompetenz
4. Organisation des Arbeitsvorganges und Zeiteinteilung, sodass das Arbeitspensum in der vorgegebenen Zeit bewältigt werden kann
5. Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit
6. Erlernen exakter, sauberer und präziser naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

**Übungen zur Physik
für Ernährungswissenschaften**

Arbeitsbuch WS 2010

Wolny B., Markowitsch W., Nagel C., Korner A., Bauer J., Hofmann M.

Name: _____
Matr.Nr.: _____
Std.KZ.: _____

Betreuer: _____

Universität Wien
Fakultät für Physik
Experimentelle Grundausbildung Physik

Praktikumsleitung: Ass.Prof. Dr. Wilhelm Markowitsch

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Messtechnik	3
1.1 Ziele von M	3
1.2 Ernährungswissenschaftlicher Bezug	3
1.3 Körpertemperatur - Messung und Angabe einzelner Größen	3
1.3.1 Durchführung der Messung	3
1.3.2 Messfehler	6
1.3.3 Mittelwert und Fehlerangabe	7
1.4 Body Mass Index - Zusammengesetzte Größen	14
1.4.1 Durchführung und Auswertung der Messung	14
1.4.2 Fehlerfortpflanzungsgesetz	17
1.5 Fließgeschwindigkeit - Indirekt bestimmbare Größen	18
1.5.1 Durchführung der Messung	18
1.6 Nachbereitung und Vertiefung	22
1.6.1 Auswertung statistisch verteilter Messgrößen	22
1.6.2 Angabe von Messgrößen deren Einheiten und Größenordnungen	22
1.6.3 Fehlerrechnung bei zusammengesetzten Größen	24
1.6.4 Gauß'sches Fehlerfortpflanzungsgesetz- FREIWILLIG	25
1.6.5 Absolute und relative Fehler	26
1.6.6 Auswertung linearer Zusammenhänge	28

1 Grundlagen der Messtechnik

1.1 Ziele von M

In dieser Übungseinheit geht es darum, an Hand von alltäglichen Messgrößen einen Bogen zur Physik zu spannen. Wie Sie vielleicht schon in der Vorlesung zur Physiologie und in der Vorlesung zur Physik bemerkt haben, stoßen Sie im täglichen Leben sowie vor allem in ihrem Studium immer wieder auf Begriffe wie **Körpergröße** oder **-temperatur**, **Blutdruck**, **Herzfrequenz**, **Körpermasse**, **Körpergewicht**,...u.v.m. All dies sind physikalische Größen, für die es geeignete Messmethoden und Messinstrumente gibt. Die Geräte zur Erfassung dieser Messgrößen sind in verschiedener Präzision zu finden. Um nur ein Beispiel zu nennen: Wenn Sie Eigenschaften eines Materials genauer kennenlernen möchten, überlegen Sie welches Messinstrument am geeignetsten ist, um Details an Lebensmitteln zu erkennen: das freie Auge, eine Lupe, ein Mikroskop oder ein Elektronenmikroskop. Selbiges gilt für alle physikalischen Größen, es kommt immer darauf an wie genau und detailliert ein Zusammenhang fest gestellt werden soll. Es ist Ziel dieser Übungseinheit, nicht nur Messungen durchzuführen, sondern vor allem die Grundregeln für die Angabe einer Messgröße, deren Größenordnung und Einheit und ihrer Genauigkeit zu erlernen.

1.2 Ernährungswissenschaftlicher Bezug

Das Erlernen von Messmethoden, die Angabe von Messdaten und deren Interpretation stehen heute im Vordergrund. Um den Zugang zu wissenschaftlichem Arbeiten anschaulich und praktisch zu gestalten wird in dieser Übungseinheit von Instrumenten und Größen die Rede sein, die Ihnen bereits vertraut sind, mit denen Sie aber auch im weiteren Studium und im Beruf konfrontiert werden. Es handelt sich um die physikalischen Größen der Temperatur, Länge, Masse, Zeit und Volumen. Voraussetzung für quantitative Aussagen über eine (physikalische) Größe ist deren Messung und daran anschließende korrekte Angabe des Messergebnisses. Bereits eine einfache Pulsmessung z.B. beim Fahrradfahren oder Lauftraining ist ein Beispiel hierfür.

1.3 Körpertemperatur - Messung und Angabe einzelner Größen

Hier sollen Sie die korrekte Angabe von Messwerten am Beispiel der Messung der Körpertemperatur kennenlernen und einüben.

1.3.1 Durchführung der Messung

Sie haben ein BRAUN-Ohrthermometer (Abb.1) erhalten, mit dem Sie bei Ihrer Übungspartnerin/Ihrem Übungspartner schnell und einfach die Körpertemperatur bestimmen können. Wichtig ist,



Abbildung 1: Ohrthermometer mit Hygienehütchen

dass Sie den empfindlichen Sensor des Gerätes nicht berühren und nicht verschmutzen. Verwenden Sie daher (und aus hygienischen Gründen) für jede Messung eine Schutzhülle.

- Schalten Sie das Thermometer an dem pastellgrünen runden Knopf START ein und warten Sie, bis in der Anzeige das Ohrthermometersymbol und °C erscheinen.
- Halten Sie das Thermometer so in das Ohr Ihrer Übungspartnerin/Ihres Übungspartners, dass der Sensor möglichst direkt auf das Trommelfell gerichtet ist. (ThermoScan-Gebrauchsanweisung Seite 10)
- Drücken Sie den pastellgrünen runden Knopf START kurz und warten Sie bis ein Signalton ertönt (etwa 1 Sekunde).
- Lesen Sie die angezeigte Temperatur am Display ab und notieren Sie sie:
- Die (Körper-)Temperatur beträgt: _____

Die Körpertemperatur wird, wie jede physikalische Größe, angegeben durch eine Maßzahl (z.B. 36,8) multipliziert mit einer Einheit (in diesem Fall z.B. °C):

$$\text{physikalische Größe} = \text{Maßzahl} \cdot \text{Einheit}$$

Zur Angabe des Messwertes aber auch in Formeln wird in der Regel:

- die physikalische Größe durch einen Buchstaben, ein sogenanntes Formelzeichen, abgekürzt. Die Wahl des Formelzeichens ist willkürlich, auch wenn es gewisse Konventionen gibt, z.B. T für die *Temperatur* oder t für die *Zeit*. Diese „Willkür“ äußert sich darin, dass Sie in verschiedenen Büchern häufig unterschiedliche Formelzeichen für die gleiche physikalische Größe finden. Es ist daher notwendig, die Zuordnung von physikalischer Größe und verwendetem Formelzeichen immer anzugeben.

1 Grundlagen der Messtechnik

5

- die Einheit durch ein Einheitenzeichen abgekürzt, z.B. *Grad Celsius* durch °C oder *Kelvin* durch K (ohne „Grad“!).
- das Multiplikationszeichen zwischen Maßzahl und Einheit weggelassen.

Sie haben zum Beispiel folgendes Ergebnis bei Ihrer Messung erhalten: $T = 37,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Das Formelzeichen T steht für die physikalische Größe, also Maßzahl mal Einheit. Ist nur die Einheit der physikalischen Größe gemeint, so schreibt man $[T]$, ist nur die Maßzahl gemeint: $\{T\}$. Für das Beispiel bedeutet das: $T = 37,2 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\{T\} = 37,2 \quad [T] = \text{ }^\circ\text{C}$$

und die oben grau unterlegte Gleichung lautet mit diesen Abkürzungen:

$$T = \{T\} \cdot [T]$$

Eine Angabe ohne Einheit (z.B. $T = 37,2$) ist ebenso unvollständig und aussageelos wie eine Angabe ohne Maßzahl (z.B. $T = \text{ }^\circ\text{C}$). Die Maßzahl, die Sie bei einer Messung erhalten, hängt immer davon ab, welche Einheit Sie verwenden. Umgekehrt kann niemand (nach einiger Zeit in der Regel auch Sie selbst nicht mehr) Ihre Messwerte „entschlüsseln“, wenn zu den Maßzahlen nicht die Einheiten angegeben sind. Wurde z.B. bei Verwendung der Einheit *Fahrenheit* (eine im englischsprachigen Raum noch gebräuchliche Einheit der Temperatur) die Maßzahl 36,8 gemessen, so entspricht das einer Temperatur von $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Die Angabe der zugehörigen Einheit ist also immer unerlässlich. Ist in diesem Sinne die Anzeige der Temperatur auf dem Thermometerdisplay vollständig und korrekt? Begründen Sie Ihre Ansicht:

Wiederholen Sie die Messung der Körpertemperatur noch zweimal bei der gleichen Person und notieren Sie alle drei Resultate in korrekter Form:

Da Sie (aller Wahrscheinlichkeit nach) nicht drei identische Werte erhalten haben, aber auch nicht anzunehmen ist, dass die Körpertemperatur der betreffenden Person innerhalb dieser kurzen Zeit schwankt, sollten Sie sich folgende Fragen stellen:

Arbeitsbuch UE zu Physik für Ernährungswissenschaften

1. Wie kommt es zu unterschiedlichen Resultaten bei Wiederholungsmessungen?
2. Welches Resultat gebe ich an?
3. Wie gebe ich das Resultat der **gesamten Messung** (aus mehreren Einzelmessungen) korrekt an?

Diskutieren Sie mit Ihrem Übungspartner/Ihrer Übungspartnerin diese Fragen und stellen Sie Vermutungen oder Hypothesen an! (5 Minuten)

1.3.2 Messfehler

Ursache der Abweichungen sind die sogenannten *Messfehler*, die grundsätzlich bei jeder Messung auftreten. Das bedeutet, dass der gemessene Wert von dem tatsächlichen, dem *wahren Wert* der zu messenden Größe (hier der Körpertemperatur) abweicht. Man unterscheidet zwischen drei Typen von Messfehlern:

- **Grobe Fehler**

Hierbei handelt es sich um Fehler bei der Messung, die durch sorgfältiges Arbeiten zu vermeiden wären. Beispiele sind die Verwendung der falschen Einheit (Fahrenheit statt Celsius), Bedienungsfehler am Gerät, falsches Messgerät, etc.

Grobe Fehler sind vermeidbar und dürfen **nicht** passieren!

- **Systematische Fehler**

Systematische Fehler sind unvermeidbar und durch den Messvorgang selbst bedingt. Sie müssen durch eine Analyse des Messvorgangs („Fehlersuche“) ermittelt und minimiert werden.

Beispiele für systematische Fehler sind:

- Digitalisierungsfehler

Digitale Geräte arbeiten mit Zählvorgängen und haben dabei entsprechend ihrer Skalierung Fehler. Diesen Fehlertyp können Sie sich anhand folgenden Beispiels „manuelle Pulsmessung“ besser vorstellen: Durch Abzählen kann die Anzahl der Pulsschläge, die in ein bestimmtes Zeitintervall (z.B. 15 Sekunden) fallen, immer nur auf einen Schlag genau angegeben werden. Je größer das Zeitintervall ist, in dem gezählt wird, desto weniger fällt der Digitalisierungsfehler bei der Angabe der Pulsfrequenz ins Gewicht.

Praktisches Beispiel: Fühlen Sie Ihren Puls am Handgelenk oder der Halsschlagader. Zählen Sie nun die Schläge, die Sie in einem Zeitraum von 15 Sekunden spüren: z.B. 19 Schläge mit einer Ungenauigkeit von einem Schlag. Das bedeutet in der Minute 76 Schläge mit einer Ungenauigkeit von 4 Schlägen. Zählen Sie nun die Anzahl der Pulsschläge in 60 s = 1 min: Sie erhalten z.B. 74 Schläge mit einer Ungenauigkeit von einem Pulsschlag.

- Rückwirkungen der Messung auf die Messgröße

Ein systematischer Fehler liegt auch dann vor, wenn die Messung (der Messvorgang oder das Messgerät) die Messgröße verändert. Insbesondere bei Messungen an Lebewesen müs-

1 Grundlagen der Messtechnik

7

sen Sie immer mit einer Rückwirkung der Messung auf die Messgröße rechnen (z.B. erhöhte Pulsfrequenz aufgrund von Aufregung beim Arztbesuch). Psychologische Effekte können in der Regel nicht rechnerisch berücksichtigt werden. In jedem Fall sind jedoch bei einer Messung mögliche Quellen systematischer Fehler zu suchen und diese zu minimieren. Sofern sie nicht durch einen Korrekturterm berücksichtigt werden können, ist ihre Wirkung auf das Messergebnis abzuschätzen.

- *Statistische Schwankungen*

- ... beim Messvorgang

Dazu gehören alle zufälligen Schwankungen, die durch den Messvorgang selbst, d.h. durch Funktion und Einsatz des Messinstrumentes sowie das Ablesen, entstehen.

Praktisches Beispiel: Sie lesen eine Skala am (Quecksilber-) Thermometer oder einer analogen (Badezimmer-) Waage ab. Hier kommt es darauf an in welchem Winkel Sie die Skala betrachten, diesen Effekt nennt man *Parallaxe*.

Auch die im ersten *Experiment* beobachtete Schwankung der gemessenen Körpertemperatur ist auf statistische Schwankungen beim Messvorgang (z.B. hervorgerufen durch die Position des Messfühlers im Ohr) zurückzuführen.

- ... der Messgröße

Bei vielen physiologischen Größen ist der *wahre Wert* keine Konstante, sondern zeigt statistische Schwankungen, wie z.B. die Herzfrequenz. Insbesondere werden trotz der teilweise großen Schwankungen häufig Aussagen über „Standardwerte“ für z.B. Körpertemperatur, *Energieumsatz* oder Normalgewicht gemacht, bei deren Verwendung die *statistische Verteilung* und die *Schwankungsbreite* der Werte zu berücksichtigen sind. Dies werden Sie auch noch ausführlich in der **Biostatistikvorlesung** besprechen.

1.3.3 Mittelwert und Fehlerangabe

Eine vollständige und korrekte Angabe eines Messergebnisses beinhaltet die Angabe eines Mittelwertes und eines Messfehlers. Es ist wichtig Messdaten auch miteinander vergleichen zu können, dabei zählt nicht allein ein Messwert, sondern Sie werden hier erfahren, dass Vertrauensintervalle notwendig sind. Gehen Sie davon aus, dass Sie bereits alle möglichen systematischen Fehler minimiert haben. Bei statistisch verteilten Messwerten, wie sie durch *Schwankungen* der Messgröße oder beim Messvorgang entstehen, müssen Sie eine Messreihe (mehrere Messungen) statistisch auswerten. Das heißt Sie berechnen den *Mittelwert*, die *Standardabweichung* und den *Fehler des Mittelwertes* (auch *Messunsicherheit* genannt). Diese drei Größen werden im Folgenden definiert.

Ein erstes Anwendungsbeispiel ist die wiederholte Messung der Körpertemperatur bei Ihrer Übungspartnerin/Ihrem Übungspartner (Proband). Hier werden Sie nun die einzelnen Auswertungsschritte erlernen und anhand einer Tabelle protokollieren.

- In der ersten Spalte der Tabelle (Abb.2) steht die Nummer $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ der Messung und in der zweiten Spalte soll die zugehörige gemessene Körpertemperatur T_i eingetragen werden. 3 Werte können Sie bereits aus Ihren ersten Messungen übertragen. Die beiden weiteren Spalten

8

1 Grundlagen der Messtechnik

Messung der Körpertemperatur eines Probanden			
i	T_i (°C)		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
			Σ

Abbildung 2: Messwerttabelle, grundlegend für die Protokollführung

und die letzte Zeile werden später ausgefüllt.

- Messen Sie nun bei Ihrer Übungspartnerin/Ihrem Übungspartner noch 7 mal hintereinander die Körpertemperatur und tragen Sie die Messwerte in die bereits vorbereitete Tabelle ein. Als „Ergebnis“ für die Körpertemperatur wird der *arithmetische Mittelwert* der gemessenen Temperaturen angegeben.

Ist eine beliebige Größe x (in unserem Fall $x = T$) n -mal gemessen worden (hier $n = 10$ mal) und sind x_1, x_2, \dots, x_n die Einzelwerte, so berechnet sich der Mittelwert \bar{x} folgendermaßen:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Das Zeichen Σ (griech.: großes Sigma) steht für die Anweisung, alle Einzelwerte x_i mit $i = 1, \dots, n$ zu summieren.

- Bilden Sie für die Messung der Körpertemperatur den Mittelwert \bar{T} aus den 10 Einzelwerten T_1 bis T_{10} . Tragen Sie dazu die Summe der Einzelwerte als Zwischenergebnis in die letzte Zeile der Tabelle ein.

Mittelwert: _____

Der Mittelwert macht keine Aussage über die *Streuung* der einzelnen Messwerte, also über die

Arbeitsbuch UE zu Physik für Ernährungswissenschaften

1 Grundlagen der Messtechnik

9

Größe der statistischen Schwankungen. Dazu dienen die *Standardabweichung* und die *Messunsicherheit* (=Fehler des Mittelwertes):

- **Standardabweichung**

Die Standardabweichung ist ein Maß für die **Qualität des Messverfahrens**. Sie kann durch Erhöhung der Anzahl der Einzelmessungen nicht systematisch verringert werden. Berechnet wird die Standardabweichung s_x der Größe x folgendermaßen:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Achtung: In dieser Formel werden Differenzen, Quadrate, Summen und Wurzeln von physikalischen Größen (Maßzahl · **Einheit**) gebildet. Die resultierenden Einheiten sollten Sie sich bei jedem Rechenschritt, auch für Zwischenergebnisse, zusätzlich überlegen.

Welche Einheit hat die Standardabweichung einer Messgröße x ? Überlegen Sie die Einheit der Standardabweichung s_T ausgehend von obiger Formel:

- Berechnen Sie die *Standardabweichung* für die obige Messung in den folgenden Schritten und überlegen Sie dabei auch die zugehörigen Einheiten:

1. Berechnen Sie die Differenzen $T_i - \bar{T}$ und tragen Sie diese in der dritten Spalte der Tabelle ein ergänzen Sie auch die Beschriftung der Kopfzeile.
2. Quadrieren Sie die berechneten Differenzen $(T_i - \bar{T})$ und tragen Sie die Ergebnisse in der vierten Spalte der Tabelle ein. (Achten Sie hier bei der Beschriftung der Kopfzeile auf die Angabe der richtigen Einheit!)
3. Berechnen Sie die Summe über die quadrierten Differenzen $(T_i - \bar{T})^2$ und tragen Sie das Ergebnis in der letzten Zeile der vierten Spalte ein.
4. Dividieren Sie diese Summe durch n-1 (hier: 9), und ziehen Sie die Wurzel.
5. Geben Sie Maßzahl und Einheit der berechneten Standardabweichung an (Runden Sie auf 2 Nachkommastellen.):

Standardabweichung: _____

In dem Intervall Mittelwert \pm Standardabweichung liegen (statistisch) 68,3% aller Messwerte. Mit anderen Worten: die Wahrscheinlichkeit, dass bei **einer** weiteren Messung (unter gleichen

Bedingungen) die Körpertemperatur in diesem Intervall liegt, beträgt 68,3%.
Geben Sie für die obige Messung dieses Intervall an, in dem 68,3% aller Messwerte liegen:

_____ $[\bar{x} - s_x; \bar{x} + s_x]$

Da die Standardabweichung (unabhängig von der Anzahl der Messungen) die Qualität des Messverfahrens beschreibt, kann (und sollte) sie in den Geräteunterlagen zu einem Messgerät angegeben werden. Die Bedienungsanleitung zu dem von Ihnen hier verwendeten Thermometer gibt als Standardabweichung für wiederholte Messungen mit diesem Gerät $\pm 0,3^\circ\text{C}$ an (In der Bedienungsanleitung finden Sie einen Wert von $0,25^\circ\text{C}$ bei Wiederholungsmessungen. Da Fehler immer aufgerundet werden müssen und das Thermometer nur eine Nachkommastelle anzeigt, runden Sie auf $0,3^\circ\text{C}$). Vergleichen Sie diese Angabe mit der von Ihnen ermittelten. Stellen Sie dazu beide Werte zusammen:

– Aus 10 Messwerten berechnete Standardabweichung: _____

– In der Bedienungsanleitung angegebene Standardabweichung: _____

Die Standardabweichung sagt noch nichts darüber aus, wie gut der *Mittelwert* mit dem *wahren Wert* übereinstimmt.

Das heißt, Sie können noch keine Aussage treffen, ob ein Mittelwert aus einer weiteren Messreihe mit dem eben ermittelten übereinstimmt oder nicht. Dazu muss die *Messunsicherheit* oder der *Mittlere Fehler des Mittelwertes* berechnet werden.

- **Messunsicherheit - Fehler des Mittelwertes**

Die Messunsicherheit ist ein Maß für die **Qualität der Messung**. Sie hängt von der Qualität des Messverfahrens (Standardabweichung) und der Anzahl der hierzu durchgeführten Einzelmessungen ab. Sie kann also zum Beispiel dadurch verringert werden, dass die Anzahl der Einzelmessungen erhöht wird. Der Ausdruck „Messunsicherheit“ stammt aus der Übersetzung des GUM 1995, Überarbeitung 2008 (**G**uide to the Expression of **U**ncertainty in **M**easurement). Das ist eine Richtlinie des *Internationalen Büros für Maß und Gewicht*, welcher die bekanntesten Normierungsbehörden Folge leisten: z.B. ISO, EN, DIN, ÖNORM, usw. Im wissenschaftlichen Bereich wird dieser Wert - seiner Bedeutung entsprechend - häufig „Fehler des Mittelwertes“ (engl. standard error of the mean) genannt.

Für eine Größe x wird die Messunsicherheit u_x aus der Standardabweichung und der Anzahl n der Einzelmessungen berechnet:

$$u_x = \frac{s_x}{\sqrt{n}}$$

1 Grundlagen der Messtechnik

11

Berechnen Sie aus der Standardabweichung und der Anzahl der Einzelmessungen (*zehn*) die Messunsicherheit für die Messung der Körpertemperatur. Rechnen Sie wieder mit den zugehörigen Einheiten und runden Sie nun auf 3 Nachkommastellen, um statistische Aussagen treffen zu können!

Messunsicherheit: _____

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 68,3% liegt der *wahre Wert* der Körpertemperatur des Probanden im Intervall Mittelwert \pm Messunsicherheit.

Schätzen Sie mit Hilfe Ihrer ausgerechneten Standardabweichung ab, welche Messunsicherheit sich ergeben würde, wenn Sie nur 3 bzw. wenn sie 100 Einzelmessungen gemacht hätten:

– Messunsicherheit bei 3 Einzelmessungen: _____

– Messunsicherheit bei 100 Einzelmessungen: _____

– Formulieren Sie eine Schlussfolgerung:

– _____

- **Gerätefehler**

Die Messunsicherheit berücksichtigt nur die statistischen Fehler nicht die systematischen (oder groben) Fehler! Liegt nur eine Messung vor, was in der Praxis eher der Fall sein wird, so ist der *Mittelwert* mit diesem einen Messwert gleichzusetzen. Standardabweichung und Messunsicherheit können dann nicht berechnet werden, sondern müssen verantwortungsbewusst geschätzt werden. Diese Schätzung muss aber mindestens so groß sein wie die *Ablesegenauigkeit* oder die Messgenauigkeit des Messinstruments (= *Gerätefehler*).

- **Festlegung des Messfehlers**

In einem letzten Schritt der Fehleranalyse müssen Sie herausfinden, ob der Gerätefehler Ihre berechnete Messunsicherheit übersteigt oder nicht. Sie geben in jedem Fall immer den größeren Fehler an, da Sie sonst möglicher Weise eine Genauigkeit vortäuschen, die Ihr Messgerät nicht zu Stande bringen kann.

Geben Sie also bei jeder Messung einen *Messfehler* Δx an (Δ spricht: Delta). Dieser Messfehler kann von der Messmethode (Gerätefehler) oder der Messgröße (statistische Messunsicherheit) stammen, wird jedoch immer aufgerundet und zwar auf *2 signifikante¹ Stellen*.

BEISPIELE:

– Es wurde eine Länge von $\bar{l} = 310,1556$ m mit einer statistischen Abweichung, einer Messunsicherheit von $\pm 0,1234$ m bestimmt. Hier runden Sie auf $\pm 0,13$ m oder, wenn das Messgerät nur 5 hundertstel Meter (dh. auf 5 cm) genau messen kann, auf $\pm 0,15$ m. Danach

¹signifikant bedeutet nach DIN 1333 (Zahlenangaben): die erste von Null verschiedene Stelle bis zur Rundungsstelle

runden Sie den Messwert *kaufmännisch* (dh. für eine Stelle 0-4 wird ab- und für Stellen 5-9 wird aufgerundet) auf gleich viele Stellen wie den Messfehler, dh. $(310,16 \pm 0,13) \text{ m}$ oder $(310,16 \pm 0,15) \text{ m}$.

- Es wurde ein Widerstand bestimmt mit $\bar{R} = 7364,34 \Omega$ (sprich: Ohm) und einem Fehler von $\Delta R = 628,45 \Omega$. Diese Abweichung wäre gerundet $\Delta R = 630 \Omega$. Im Anschluss wird auch der Mittelwert auf gleich viele Stellen *kaufmännisch* gerundet (siehe oben): $\bar{R} = 7364,34 \dots \Omega$ wird gerundet auf $\bar{R} = 7360 \Omega$.

- **Korrekte Angabe des Resultats**

Das Resultat einer Messung wird korrekt angegeben durch:
 $l = (310,16 \pm 0,15) \text{ m}$, $R = (7360 \pm 630) \Omega$, allgemein:

$$\underbrace{x}_{\text{Formelzeichen}} = \left(\underbrace{\{\bar{x}\}}_{\text{Mess-/Mittelwert}} \pm \underbrace{\{\Delta x\}}_{\text{abs. Messfehler}} \right) \underbrace{[x]}_{\text{Einheit}}$$

Geben Sie das Resultat der Messung der Körpertemperatur hier korrekt an:

- **Relativer Messfehler**

Der Messfehler Δx wird als *absoluter Messfehler* bezeichnet, um ihn von dem *relativen Messfehler* zu unterscheiden. Dieser ist folgendermaßen definiert:

Der relative Messfehler $\frac{\Delta x}{\bar{x}}$ einer Größe x ist der (absolute) Messfehler Δx bezogen auf den Mittelwert \bar{x} . Er wird in der Regel in Prozent angegeben:

$$\text{relativer Fehler in \%} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

Für obige BEISPIELE:

- Für die Länge von $l = 310,16 \text{ m} \pm 0,05\%$.
- Für den Widerstand $R = 7360 \Omega \pm 9,6\%$.

Der relative Fehler hängt nicht von den verwendeten Einheiten ab, wie Sie an der Formel sehen können. Angenommen x ist eine Länge, dann ist es für den relativen Fehler egal, ob Sie x in m, in mm oder in Zoll messen, solange Sie Δx in der gleichen Einheit angeben.

Eine Ausnahme ist die Temperatur. Die verschiedenen Temperaturskalen verwenden unterschiedliche Nullpunkte, die sich vom „wahren“ (physikalischen) Nullpunkt von 0 K unterscheiden. Der relative Fehler einer Temperaturmessung ist deswegen nur sinnvoll, wenn Sie die

1 Grundlagen der Messtechnik

13

Temperatur in K angeben.

Berechnen Sie den *relativen Messfehler* für die obige Körpertemperaturmessung und geben Sie das Resultat der Messung mit dem relativen Messfehler korrekt an. Rechnen Sie mit den zugehörigen Einheiten! Der Wert von Δx ändert sich nicht, weil er aus Temperaturdifferenzen berechnet wurde und diese sind auf der Kelvinskala und der Celsiuskala gleich groß.

– relativer Messfehler der Körpertemperaturmessung: _____

TIPP: $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,16^{\circ}$

1.4 Body Mass Index - Zusammengesetzte Größen

In der Physik, wie in allen Naturwissenschaften, gibt es Größen, die nicht direkt gemessen werden, sondern welche sich über einen bestimmten Zusammenhang aus mehreren Größen zusammensetzen. Um ein Beispiel aus Ihrem Studium aufzugreifen, nehmen wir hier exemplarisch den Body Mass Index (Abb.3). In Übungseinheit E lernen Sie ein weiteres Beispiel hierfür kennen, den elektrischen Widerstand R , der durch das Ohmsche Gesetz definiert ist.

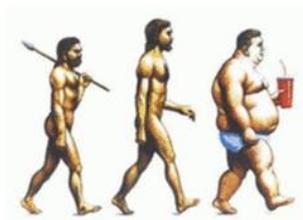


Abbildung 3: Karikatur zum BMI

Wie Sie bereits wissen, berechnet man den *BMI* aus der Körpermasse m ($[m] = \text{kg}$) dividiert durch das Quadrat der Körpergröße l^2 ($[l^2] = \text{m}^2$). Die Einheit des BMI ist also: Masse pro Fläche.

$$BMI = \frac{m}{l^2}$$

Die Einheit des BMI ist demnach:

$$[BMI] = \underline{\hspace{4cm}}$$

Dies bedeutet, eine Person mit einer Körpergröße von $180 \text{ cm} = 1,8 \text{ m}$ und einem Körpergewicht von 80 kg hat einen BMI von $80 \text{ kg} / (1,8 \text{ m})^2 = 24,69$ _____ (Einheit einsetzen)

- Sie wissen aus der ersten Aufgabe, dass die Messgrößen - also auch Körpergröße und -gewicht - immer nur mit einem Messfehler gemessen werden. Welchen Fehler hat der BMI und wovon hängt dieser Fehler ab?

1.4.1 Durchführung und Auswertung der Messung

Sie gehen nun ähnlich wie bei der Körpertemperaturmessung vor und führen hierzu zwei Messungen durch:

1. Massen werden mit Balkenwaagen gemessen. Wir verwenden eine Badezimmerwaage, welche die Gewichtskraft misst ($N = \text{Newton}$), jedoch eine Masse ($\text{kg} = \text{Kilogramm}$) anzeigt, da sie so

1 Grundlagen der Messtechnik

15

geeicht wurde. Untersuchen Sie die Badezimmerwaage und stellen Sie deren Messgenauigkeit fest. Wie groß ist der *Gerätefehler* der Waage und woran haben Sie die Genauigkeit erkannt?

Diskutieren Sie mit Ihrer Übungspartnerin/Ihrem Übungspartner, woran oder womit man Gerätegenauigkeiten bestimmter Messgeräte erkennen kann und geben Sie einige Beispiele an. (Diese Beispiele dürfen durchaus aus dem täglichen Leben wie Küche, Autofahren, Tanken, etc. stammen. Lassen Sie Ihrer Kreativität freien Lauf!)

Stellen Sie nun Ihre eigene Masse fest und geben Sie das Messergebnis **korrekt** an. Bedenken Sie dabei, dass ein Messergebnis nur dann eine Aussagekraft besitzt, wenn es eine Einheit und eine Fehlerangabe hat:

- Masse: _____

2. Nun messen Sie auch Ihre Körpergröße, hierzu sind in den Praktikumsräumen Maßbänder ausgeteilt und liegen auf Ihren Arbeitsplätzen. Überlegen Sie gemeinsam mit Ihrer Übungspartnerin/Ihrem Übungspartner zuerst die Genauigkeit dieser Längenmessung, und diskutieren Sie mögliche Fehlerquellen:

Messen Sie die Körpergröße Ihrer Übungspartnerin/Ihres Übungspartners und notieren Sie Ihre eigene Körpergröße in **korrekter Form**:

- Länge: _____

3. Nun haben Sie 2 Messgrößen und deren Fehler bestimmt, können also den BMI mit Hilfe obiger Formel ausrechnen (geben Sie Ihr Ergebnis zunächst auf mindestens 3 Nachkommastellen an

und runden Sie kaufmännisch):

- *BMI*: _____

Um die Genauigkeit des BMI abzuschätzen, überlegen Sie zusammen mit Ihrer Übungspartnerin/Ihrem Übungspartner die größtmögliche Schwankung:

- Berechnen Sie die Intervalle in denen Masse und Länge schwanken können.
- $[m - \Delta m; m + \Delta m]$ _____
- $[l - \Delta l; l + \Delta l]$ _____
- Berechnen Sie minimalen und maximal möglichen BMI, folgendermaßen:

$$BMI(Min) = \frac{m - \Delta m}{(l + \Delta l)^2} \quad , \quad BMI(Max) = \frac{m + \Delta m}{(l - \Delta l)^2}$$

TIPP: Der BMI wird durch einen Bruch $\frac{m}{l^2} = \frac{\text{Zähler}}{\text{Nenner}}$ dargestellt. Vergrößert man den Zähler (also die Masse) eines Bruchs und lässt den Nenner gleich, so wird das Ergebnis größer. Verkleinert man den Zähler so wird das Ergebnis kleiner. Umgekehrt verhält es sich mit dem Nenner eines Bruchs, vergrößert man ihn (also die Längenmessung) und lässt den Zähler gleich, so verkleinert sich das Ergebnis. Verkleinert man den Nenner, vergrößert sich das Ergebnis. Geben Sie Ihre Ergebnisse auf 3 Nachkommastellen gerundet an:

- Minimaler *BMI*: _____
- *BMI*: _____
- Maximaler *BMI*: _____

Aus den 3 Werten können Sie erkennen, dass die erste Nachkommastelle ausschlaggebend für den Unterschied zwischen Ihren Werten ist, sprich die erste Nachkommastelle ist signifikant. Runden Sie daher alle Werte auf eine Nachkommastelle, wobei die untere Grenze abzurunden, die obere aufzurunden und der normale *BMI* kaufmännisch zu runden ist. Das hat den Sinn, dass man das größtmögliche Fehlerintervall abschätzt. Mit diesen Rundungen ergibt sich:

- Minimaler *BMI*: _____
- *BMI*: _____
- Maximaler *BMI*: _____

1 Grundlagen der Messtechnik

17

- $\frac{Max-Min}{2}$ _____ Diesen Wert nennt man *Größtfehlerabschätzung*.

Angabe des BMI mit Größtfehlerabschätzung (zB.: $BMI = (23,4 \pm 0,6) \frac{kg}{m^2}$): _____

1.4.2 Fehlerfortpflanzungsgesetz

Die genaue Methode zur Berechnung des Fehlers einer aus mehreren Größen zusammengesetzten Größe ist das **Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz**. Dieses Gesetz lässt sich für multiplikativ zusammenhängende Größen für den Fall relativer Fehler praktisch vereinfachen und ist für beliebig viele Parameter anwendbar.

Seien Sie sich bewusst, dass Größen, die sich aus mehreren gemessenen Parametern zusammensetzen, auch einen zusammengesetzten Messfehler besitzen und Sie diesen abschätzen müssen! Näheres dazu im Kapitel *Nachbereitung* (Seite 24).

1.5 Fließgeschwindigkeit - Indirekt bestimmbare Größen

In diesem Beispiel werden Sie eine weitere wichtige physikalische Messmethode kennenlernen. Oft lässt sich eine Größe x (wie auch schon der BMI) nicht direkt bestimmen. Die Größen, aus denen sich x zusammensetzt, sind leichter zu messen und können zur Berechnung der gesuchten Größe herangezogen werden. Insbesondere linear zusammenhängende Größen werden Sie hier in den Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften immer wieder näher bestimmen.

Eine gesuchte Größe x ist von einer oder mehreren Parametern *funktional* abhängig ($x = f(\dots, \dots)$), das bedeutet in unserem Fall, dass zum Beispiel der *BMI* eine Funktion von Masse und Länge des/der jeweiligen Probanden/Probandin ist.

$$BMI = f(m, l) = \frac{m}{l^2}$$

Solche zusammengesetzten Größen können durch verschiedene *Funktionen* beschrieben werden: lineare, quadratische, exponentielle, logarithmische, usw. Hier dient ein einführendes Beispiel zur Illustration „**Der Zapfhahn**“ (Abb.4).

1.5.1 Durchführung der Messung



Abbildung 4: Frisch gezapftes Getränk in Messbecher unter automatischem Zapfhahn

Diese Messung werden Sie anhand eines in der UniMensa aufgenommenen Films durchführen. Hierbei handelt es sich um das Zapfen eines alkoholfreien, zuckerhaltigen Getränks. Sie sollen mit Hilfe einer Videodatenanalyse die *Fließgeschwindigkeit* v_F des Getränks aus diesem Zapfhahn bestimmen.

1. Schalten Sie den PC auf ihrem Arbeitsplatz ein - falls er nicht bereits läuft - und melden Sie sich mit dem Benutzernamen **student** und dem Passwort **student** an.
2. Öffnen Sie über das Windows Startmenu das Programm - Coach 6 - **DataVideo** und öffnen Sie das Experiment *Zapfhahnversuch*.
Anhand dieses Videobeispiels sieht man den *funktionalen* Zusammenhang zwischen zwei gemessenen physikalischen Größen sowohl bildlich, als auch diagrammtechnisch ablaufen:

1 Grundlagen der Messtechnik

19

- in einem Fenster erscheint die Versuchsbeschreibung,
- in einem weiteren Fenster läuft das Video,
- in einem dritten Fenster, sieht man ein Diagramm, in dem während der Messung die Messwerte eingezeichnet werden und
- in dem 4. Fenster werden die Messwerte tabellarisch mitprotokolliert.
- Kalibrieren der Zeitmessung
Der Film ist im mpg-Format abgespeichert, was zur Folge hat, dass 25 Bilder, sogenannte „Frames“, pro Sekunde angezeigt werden. Mit Hilfe dieser Tatsache wurde im Programm eine Zeitzuordnung vorgenommen. Der Film läuft nun auch nicht mehr kontinuierlich ab, sondern in Schritten zu je 12 Frames. Damit werden fixe Zeitintervalle für eine Messung bereits vorgegeben.

- Wie groß ist ein solches Zeitintervall?
-

- Kalibrieren der Volumsmessung
Im Videofenster können Sie einen Maßstab erkennen; dieser per Hand eingefügte Maßstab ermöglicht es dem Programm eine zweite Kalibrierung durchzuführen und den Milliliterstand (ml) im Messbecher mitzuprotokollieren.

3. Klicken Sie auf den grünen PLAY-Pfeil in der **Menuleiste** (nicht im Videofenster), um die Messung zu starten.
4. Alle 12 Frames hält der PC den Film an, sodass Sie per Mauseklick den Flüssigkeitsstand entlang der verlängerten **weißen Messskala** auf dem Messbecher markieren können. Der „abgelesene“ Wert wird von dem Programm sofort in das Messdiagramm übertragen.
5. Wollen Sie die Messung genauer durchführen, vergrößern Sie das Videofenster um Ihre Markierungen genauer zu setzen.
6. Ist eine Messung beendet, erkennen Sie im Diagrammfenster einige Datenpunkte (zumindest 10 Messpunkte nötig)

- Beschreiben Sie die Lage der Datenpunkte im Diagramm
-

- Welche physikalischen Größen sind aufgetragen?
-

Arbeitsbuch UE zu Physik für Ernährungswissenschaften

– Abszisse (x-Achse): _____

– Ordinate (y-Achse): _____

x - und y -Achse sind Ihnen aus dem Mathematikunterricht geläufig. Die Ausdrücke x und y sind allgemeine Bezeichnungen für Variablen (meist Richtungen im Raum). In der Physik gibt es sehr oft anders beschriftete Achsen z.B. V -Achse, T -Achse, t -Achse, uvm.

7. Diese einzelnen Messpunkte lassen sich zu einer Kurve ergänzen, wenn man genügend kleine Zeitschritte für die Messung verwendet.
8. Klicken Sie deshalb mit der rechten Mousetaste auf einen der Messpunkte und wählen Sie im Menü ANALYSIS und weiter FUNKTION ANPASSEN.
Hier wenden Sie eine fundamentale Methode der Physik an: Aus den Parametern der Funktionsgleichung der Ausgleichskurve kann man weitere physikalische Parameter herauslesen.
9. Sehen Sie sich einige der vorgeschlagenen Ausgleichskurven (durch Auswahl im DropDown-Menu) an!
10. Welche Ausgleichskurve scheint Ihnen ideal und warum?

11. Lassen Sie sich in diesem Menu vom Programm eine Ausgleichskurve zeichnen und notieren Sie die Gleichung der ausgewählten Ausgleichskurve:

- Welcher Punkt müsste eigentlich sicher auf der Ausgleichskurve liegen? _____

12. Diskutieren Sie mit Ihrer Übungspartnerin/Ihrem Übungspartner das Ergebnis der Messung. Was bedeutet der Anstieg der Funktionsgleichung in diesem Zusammenhang eigentlich?

1 Grundlagen der Messtechnik

21

13. Führen Sie hier die Fließgeschwindigkeit mit Einheiten $\frac{ml}{s}$ **korrekt** an und versuchen Sie diesen Quotienten weiter in $\frac{l}{s}$ und auch in *SI-Einheiten* $\frac{m^3}{s}$ umzuwandeln:

• Fließgeschwindigkeit v_F : _____

14. Drucken Sie sich Ihre Wertetabelle aus, Sie benötigen diese für die Nachbereitung zu Hause und zur Dokumentation Ihrer Messung.

Es ist heute in der modernen Messtechnik üblich mit dem Computer zu messen, deshalb dieser Versuch zu Beginn Ihrer Übungen als Einstieg und Anreiz sich näher damit auseinanderzusetzen. Da es in der Wissenschaft mittlerweile „State of the Art“ ist mit elektronischen Hilfsmitteln zu forschen, zu messen und zu protokollieren, werden Sie im Laufe Ihres Studiums weitere computergestützte Experimente durchführen. Sie konnten bemerken, dass Sie so kaum Arbeit für die Messung und die Protokollierung aufbringen mussten, jedoch wird es immer an den wissenschaftlichen Fachkräften - also an Ihnen liegen - sich die Bedienung der unterstützenden Computerprogramme anzueignen, die Messergebnisse zu beurteilen, vor allem zu interpretieren und auf Plausibilität zu prüfen.

1.6 Nachbereitung und Vertiefung

In M ging es schwerpunktmäßig um die Verfahren zur Darstellung und Auswertung von Messwerten. Diese Verfahren haben Sie bereits während der Versuchsdurchführung kennengelernt und werden Sie im Verlauf des Praktikums immer wieder ohne Aufforderung richtig anwenden müssen. Die Nachbereitung besteht im Wesentlichen darin, die Verfahren an weiteren Beispielen zu üben, sowie etwas Hintergrundwissen zu erwerben.

1.6.1 Auswertung statistisch verteilter Messgrößen

Im ersten Versuch haben Sie eine physikalische Größe gemessen, bei der durch das Messverfahren statistische Schwankungen auftreten: die Körpertemperatur, gemessen mit einem Ohrthermometer. Sie haben die Größe deshalb mehrfach gemessen und Mittelwerte, Standardabweichung und absolute sowie relative Messunsicherheit berechnet. Wiederholen Sie nochmals die Formeln zur Berechnung der einzelnen statistischen Größen. Versuchen Sie die einzelnen Fachbegriffe (Mittelwert, Standardabweichung, Messunsicherheit = Standardabweichung des Mittelwerts, Messfehler, relativer Messfehler,...) zu erklären.

Sie können einige dieser statistischen Größen auch mit Ihrem Taschenrechner berechnen. Die Anleitung Ihres Taschenrechners kann Ihnen dabei helfen. Auf diese Art können Sie die in der Übung gewonnenen Werte überprüfen und die Taschenrechnerfunktionen wiederholen oder näher kennenlernen. Für zukünftige Berechnungen kann Ihnen der Taschenrechner große Zeitersparnis bringen.

1.6.2 Angabe von Messgrößen deren Einheiten und Größenordnungen

Wie geben Sie ein Messergebnis korrekt an? (Verwenden Sie hierzu die allgemein gültigen Abkürzungen für Messgröße, Messgrößeneinheit und Messfehler)

Zur Erinnerung und auch als Nachschlagewerk für die weiteren Übungen, sind ein paar wichtige Abkürzungen in Tabellen 1 und 2 angeführt.

Tabelle 1: Abkürzungen für Zehnerpotenzen

Vorsatz	Wert	Abkürzung	Vorsatz	Wert	Abkürzung
Femto	10^{-12}	f	Deka	10^1	da
Nano	10^{-9}	n	Hekto	10^2	h
Mikro	10^{-6}	μ	Kilo	10^3	k
Milli	10^{-3}	m	Mega	10^6	M
Zenti	10^{-2}	c	Giga	10^9	G
Dezi	10^{-1}	d	Tera	10^{12}	T

Tabelle 2: Grundeinheiten

Einheit	Abkürzung	Größe	Abkürzung
Meter	m	Länge	l
Kilogramm	kg	Masse	m
Sekunde	s	Zeit	t
Ampere	A	Stromstärke	I
Kelvin	K	Temperatur	T
Mol	mol	Stoffmenge	n
Candela	cd	Lichtstärke	J

Aufgabe zur Umwandlung von Größen

Beispiel

Die Konzentration einer Lösung beträgt $c = 14 \text{ nMol/ml} = \dots \text{ Mol/l}$

Lösung

Zunächst rechnen Sie die Einheiten in SI-Grundgrößen um, mit Hilfe der Zehnerpotenzen, siehe dazu Tabelle 1, dann *kürzen* Sie die Zehnerpotenzen:

$$c = \frac{14 \cdot 10^{-9} \text{ Mol}}{10^{-3} \text{ l}} = \frac{14 \cdot 10^{-9} \text{ Mol} \cdot 10^3}{\text{l}} = 14 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Mol}}{\text{l}}$$

Aufgabe 1

Aus einem Zapfhahn fließen 1,5 hl/h wieviele l/s sind das?

Aufgabe 2

Eine Flüssigkeit hat eine Dichte von $1,2 \text{ g/mm}^3$. Berechnen Sie die Dichte in kg/dm^3 .

1.6.3 Fehlerrechnung bei zusammengesetzten Größen

Sie haben in Ihrem zweiten Beispiel die zusammengesetzte Größe $f(l, m) = BMI$ durch Messung zweier physikalischer Größen, Masse und Länge, bestimmt. Sie haben die *absoluten Messfehler* der einzelnen Messwerte durch den *Gerätefehler* abgeschätzt und einen *Größtfehler* für den BMI berechnet. Nun werden Sie lernen, wie sich 2 einzelne Fehler auf die zusammengesetzte Größe ganz allgemein auswirken. Hierzu nehmen wir eine beliebige physikalische Größe $G = f(x, y)$, wobei x, y Variablen sind und a eine *Konstante* (unveränderliche Zahl) ist. Für die einige spezielle Größen (Funktionen) G kann man nun die Fehler ΔG (relativ) einfach berechnen:

$$G = x + y \quad \text{folgt} \quad \Delta G = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (1)$$

$$G = x - y \quad \text{folgt} \quad \Delta G = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (2)$$

$$G = a \cdot x \quad \text{folgt} \quad \Delta G = a \cdot \Delta x \quad (3)$$

$$G = x \cdot y \quad \text{folgt} \quad \frac{\Delta G}{G} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{y}\right)^2} \quad (4)$$

$$G = \frac{x}{y} \quad \text{folgt} \quad \frac{\Delta G}{G} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{y}\right)^2} \quad (5)$$

$$G = x^a \quad \text{folgt} \quad \frac{\Delta G}{G} = a \cdot \frac{\Delta x}{x} \quad (6)$$

Diese Regeln lassen sich aus dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz ableiten (siehe nächster Abschnitt). Für den *BMI* erhält man aus Gleichungen (5) und (6):

$$\frac{\Delta BMI}{BMI} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \Delta l}{l}\right)^2}$$

Aufgabe

Berechnen Sie den relativen Fehler für den von Ihnen bestimmten *BMI* und vergleichen Sie mit Ihrer *Größtfehlerabschätzung* (Seite 16)

Der nachfolgende Abschnitt erklärt das Gauß'sches Fehlerfortpflanzungsgesetz etwas näher; er ist freiwillig. Abschnitt 1.6.5 auf Seite 26 ist wieder verpflichtend!

1.6.4 Gauß'sches Fehlerfortpflanzungsgesetz- FREIWILLIG

Dieser Absatz ist zur Vertiefung für Interessierte gedacht, die den genauen mathematischen Formalismus, das *Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz*, und dessen Vereinfachung für multiplikativ zusammenhängende Größen, kennenlernen wollen.

Bei vielen Experimenten wird die gesuchte Größe y nicht direkt gemessen. Wie im Fall des BMI oder der Fließgeschwindigkeit, haben Sie zusammenhängende Größen x_i gemessen und die gesuchte Größe y über eine bestimmte Gesetzmäßigkeit errechnet. Nun kann es aber auch mehr als 2 zusammenhängende Größen geben, nennen wir diese Größen systematisch x_i . ($\bar{x}_1 \pm \Delta x_1, \bar{x}_2 \pm \Delta x_2, \dots, \bar{x}_k \pm \Delta x_k$ ($i = 1, 2, \dots, k$)). Die entsprechende Gesetzmäßigkeit kann man mit einer bestimmten Funktion f beschreiben und es ergibt sich im allgemeinen Fall $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$.

Unter der Voraussetzung, dass diese k Größen statistisch normalverteilt und unabhängig voneinander sind, gilt das **Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz**. Lassen Sie sich nicht von der langen Formel abschrecken, hier werden Sie alles erfahren, um die Formel anwenden zu können.

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_k)}{\partial x_1}\right)^2 \cdot \Delta x_1^2 + \dots + \left(\frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_k)}{\partial x_k}\right)^2 \cdot \Delta x_k^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f(x_i)}{\partial x_i}\right)^2 \cdot \Delta x_i^2}$$

Das Summenzeichen Σ haben Sie bereits in der Übung kennengelernt, die runden „d“ ∂ bedeuten partielle Ableitungen und zuletzt kommen die Quadrate der absoluten Fehler Δx_i der eingegangenen Messgrößen x_i in der Formel vor.

- Exkurs: Was ist eine **partielle Ableitung**?

Sie kennen aus dem Schulstoff das Ableiten einer Funktion

$$f(x) = x^2 \cdot a + b$$

wobei a und b Konstante und x eine Variable sind. Diese Funktion können Sie nach x ableiten und erhalten:

$$\frac{df(x)}{dx} = 2 \cdot x \cdot a$$

Wäre nun aber die Funktion von x **und** von a abhängig

$$f(x, a) = x^2 \cdot a + b$$

und nur b Konstante, dann würden Sie die Funktion nach x und/oder nach a ableiten können. Diese beiden Möglichkeiten nennt man partiell ableiten, dh. nach einer der vorhandenen Variablen ableiten und man schreibt in naturwissenschaftlichen Fächern nicht mehr $\frac{df}{dx}$, sondern $\frac{\partial f}{\partial x_i}$. Es ergeben sich die folgenden beiden partiellen Ableitungen:

$$\frac{\partial f(x, a)}{\partial x} = 2 \cdot x \cdot a, \quad \frac{\partial f(x, a)}{\partial a} = x^2 \quad (7)$$

1.6.5 Absolute und relative Fehler

Den absoluten und den relativen Fehler haben Sie auch bereits in der Übung kennengelernt. Während Δx_i die Einheit der Messgröße x besitzt, ist der relative Fehler $\frac{\Delta x}{x}$ in Prozent der absoluten Messgröße x also in % anzugeben.

Das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz gibt nach oben stehender Formel den absoluten Fehler an.

- Sie können aber auch obenstehendes Gesetz auf relative Fehler umformen, unter der Voraussetzung, dass alle Messgrößen linear über Punktrechnungen: („ \cdot “ oder „ \div “) zusammenhängen: (siehe Formel (4) und (5))

$$\frac{\Delta y}{y} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\Delta x_k}{x_k}\right)^2}$$

- Praktisches Beispiel: Absoluter Fehler des *BMI*:

$$\Delta BMI = \sqrt{\left(\frac{\partial f(l, m)}{\partial l}\right)^2 \cdot \Delta l^2 + \left(\frac{\partial f(l, m)}{\partial m}\right)^2 \cdot \Delta m^2} = \sqrt{\left(\frac{-2 \cdot m}{l^3}\right)^2 \cdot \Delta l^2 + \left(\frac{1}{l^2}\right)^2 \cdot \Delta m^2}$$

- Praktisches Beispiel: relativer Fehler des *BMI*:

$$\frac{\Delta BMI}{BMI} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \Delta l}{l}\right)^2}$$

- Sinn und Zweck von Fehlerangaben

Beim naturwissenschaftlichen Arbeiten sind Messwerte allein aussageelos, da ein direkter Vergleich mehrerer Werte immer Unterschiede aufweisen wird. Sie werden meist Vergleiche zwischen Zahlen unterschiedlicher Herkunft herstellen, sei dies aus einem Experiment, aus der Theorie, oder aus verschiedenen Messverfahren. Wichtig ist, zwischen einem Vorher und einem Nachher oder auch zwischen zwei Experimenten unterscheiden zu können; also eine Aussage darüber zu treffen, ob Resultate „gleich“ sind oder nicht. Dazu haben Sie in dieser Übungseinheit die Berechnung statistischer Messfehler geübt und Gerätefehler diskutiert.

Wenn Sie zwei korrekte Messergebnisse miteinander vergleichen sollen, achten Sie darauf, dass diese nur dann als unterschiedlich zu betrachten sind, wenn sich die Fehlerintervalle nicht überschneiden. So sind zum Beispiel die beiden Messwerte $l=(24,5 \pm 0,3)$ dm und $l=(24,9 \pm 0,2)$ dm gleich, während sich $t=(34 \pm 3)$ ms und $t=(39 \pm 1)$ ms schon unterscheiden.

Beispiel zur Fehlerrechnung

Hänsel und Gretel

Hänsel: „Ich habe eine neue digitale Waage gekauft, sie misst viel genauer als deine. Ihre Messunsicherheit beträgt nur 2%.“

Gretel: „Das ist gar nicht wahr. Meine Waage misst immer auf ± 0.1 kg genau. Das ist besser!“

Ist die Aussage von Gretel korrekt? Finden Sie eine physikalisch messtechnische Argumentation dafür oder dagegen.

Bei einer Messung der Masse 1 kg würden folgende Messergebnisse erreicht:

Hänsel: $(1\text{kg} \pm 2\%) = (1,00 \pm 0,02)$ kg und

Gretel: $(1 \pm 0,1)$ kg = $(1\text{kg} \pm 10\%)$

Bei einer Messung der Masse 100 kg würden allerdings folgende Messergebnisse erreicht:

Hänsel: $(100\text{kg} \pm 2\%) = (100 \pm 2)$ kg und

Gretel: $(100 \pm 0,1)$ kg = $(100\text{kg} \pm 0,1\%)$

Je nach Grundwert (In Ihrem Fall ist dies der absolute Messwert: 1kg oder 100kg) hat einmal Hänsel und einmal Gretel Recht. Bei prozentuellen Angaben müssen Sie immer auf den Grundwert achten!

Aufgabe zur Fehlerrechnung

Max und Moritz

Max: „Ich habe seitdem ich das Fitnessstudio besuche einen Body Mass Index von $24,8 \text{ kg}/\text{m}^2$ (Messunsicherheit 5%), und du?“

Moritz: „Das ist interessant meiner liegt darunter, ich habe $(24,1 \pm 0,3) \text{ kg}/\text{m}^2$. Meine Diät ist also doch effektiver!“

Ist die Aussage von Moritz korrekt? Finden Sie eine physikalisch messtechnische Argumentation dafür oder dagegen.

1.6.6 Auswertung linearer Zusammenhänge

Hier soll die Auswertung linearer Zusammenhänge nochmals geübt werden. Sie haben aus der Übung eine ausgedruckte Tabelle mit Ihren Messdaten mitgenommen. Diese Daten werden Sie nun eigenständig per Hand auswerten. Ein Millimeterpapier (Abb.7) dient Ihnen hier als Zeichenfläche. Gehen Sie wie folgt vor (siehe Abbildungen):

1. Fertigen Sie ein Achsenkreuz und beschriften Sie die Achsen (Abb. 5)
2. Zeichnen Sie eine Auswahl Ihrer Datenpunkte anfangend mit $t = 0 \text{ s}$ bis $t = 13 \text{ s}$ (10 Punkte) in das Diagramm ein (Abb.5)
3. Ziehen Sie eine Gerade, welche nach Augenmaß minimalen Abstand zu allen Punkten hat (beinhaltet den Punkt $(0/0)$) (Abb.6)
4. Zeichnen Sie ein **möglichst großes** Steigungsdreieck für Ihre Gerade ein (Abb.6)
5. Bestimmen Sie die Steigung aus dem Quotienten $\frac{\Delta V (ml)}{\Delta t (s)}$
6. Geben Sie hier Ihre graphisch ermittelte Fließgeschwindigkeit in SI-Einheiten an:

- Fließgeschwindigkeit v_F : _____

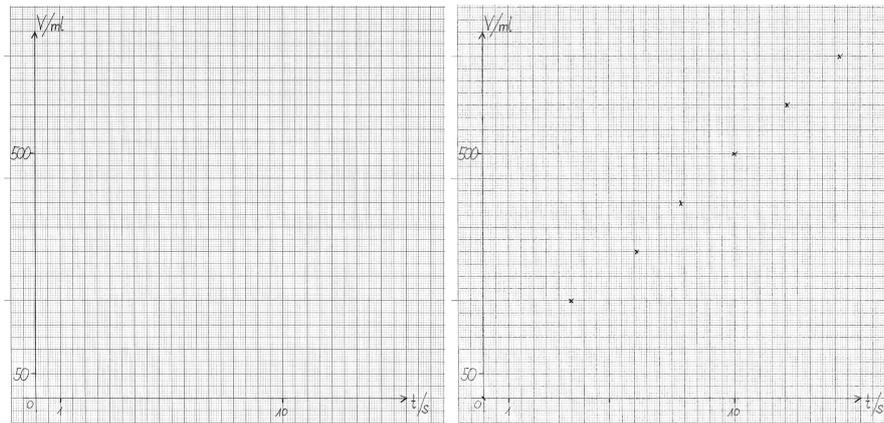


Abbildung 5: Schrittweise vorgehen (1.+2. Schritt)

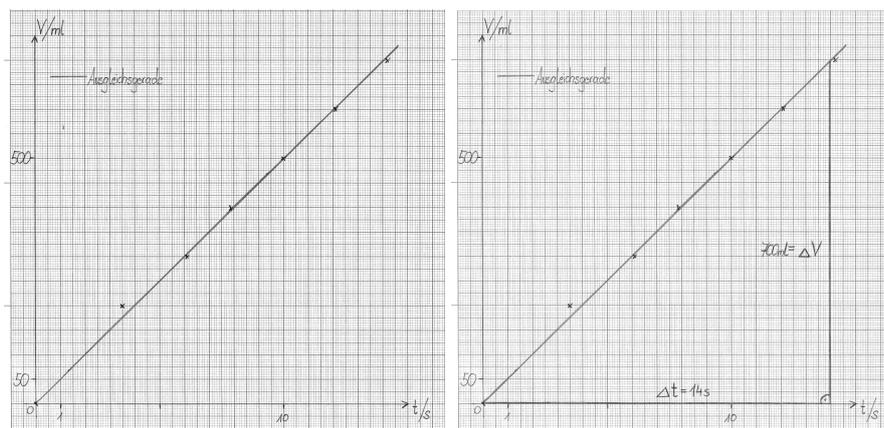


Abbildung 6: Schrittweise vorgehen (3.+4. Schritt)

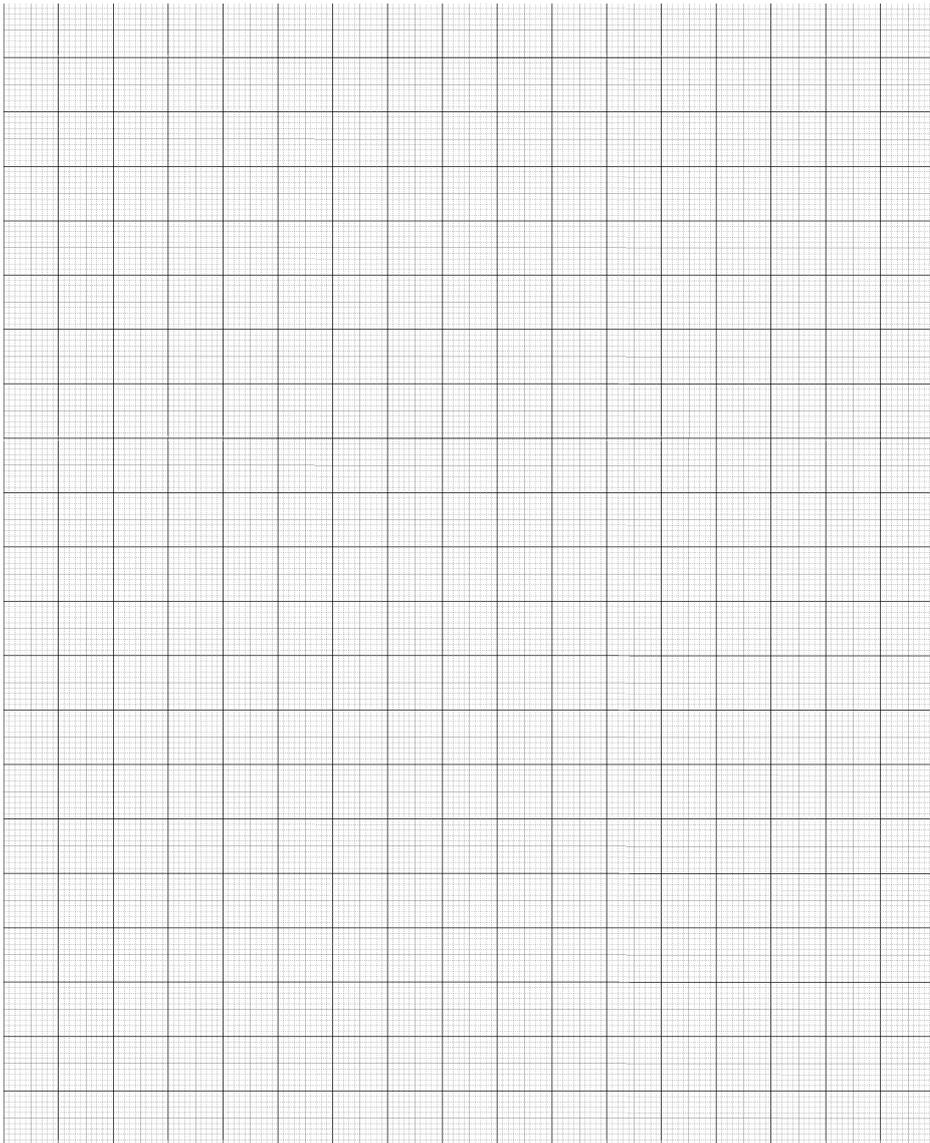


Abbildung 7: Zeichnungsfläche

Literaturverzeichnis

Altrichter, H & Posch, P (Hg.) (1998). *Lehrer erforschen ihren Unterricht*. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 3. Auflage.

Curricularkommission (a).

Curricularkommission (b). *Das Curriculum für das Bakkalaureat Ernährungswissenschaften*.

URL <http://www.univie.ac.at/nutrition/Bachelor.pdf>

Damasio, AR (Hg.) (1997). *Descartes' Irrtum Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn*. Deutscher Taschenbuch Verlag, München.

Demtröder, W (Hg.) (1998). *Demtröder*. Springer, Heidelberg.

Embacher, F (2005). *eLearning an der Fakultät für Physik [eLearnPhysik]. Projektantrag der Fakultät für Physik an der eLearning Ausschreibung 2005 der Universität Wien*.

Embacher, F, Höller, H, Nagel, C, Primetshofer, C, Reisinger, P & Wolny, B (2009). *eLearn Physik 2005-2009 Schwerpunktprojekt an der Fakultät für Physik Universität Wien. Endbericht Juli 2009*.

Figura, L & Teixeira, A (Hg.) (2007). *Lebensmittelphysik. Food Physics*. Springer, New York.

Forschauer, U & Lueger, M (2003). *Das qualitative Interview. Zur Praxis interpretativer Analyse sozialer Systeme*.

Hering, D (Hg.) (1959). *Zur Faßlichkeit naturwissenschaftlicher und technischer Aussagen*. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin.

Janssen, J & Laatz, W (Hg.) (2007). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows*. Springer, Berlin Heidelberg New York.

Jung, W (1980). *Piaget und Physikdidaktik*. Zeitschrift für Didaktik der Physik, 7.

Kattmann, U, Duit, R, Gropengießer, H & Komorek, M (1997). *Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3-18.

- Kircher, E, Girwidz, R & Häußler, P (Hg.) (2000). *Physikdidaktik- Eine Einführung in Theorie und Praxis*. Friedrich Vieweg & Sohn VerlagsGesmbH, Braunschweig/Wiesbaden.
- Kirstein, J & Nordmeier, V (2007). *Multimedia representation of experiments in physics*. European Journal of Physics.
- Kutschera, W, Bartl, A & Embacher, F (2005). *eLearnPhysik Antrag*.
URL <http://physics.univie.ac.at/eLearning/eLearnPhysikAntrag/eLearnPhysikAntrag.pdf>
- Labudde, P (Hg.) (2000). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe 2*. Schulpädagogik- Fachdidaktik- Lehrerbildung, Band 5. Haupt, Berlin Stuttgart Wien.
- Lamek, S (Hg.) (1995). *Qualitative Sozialforschung*. Beltz Psychologie Verlags Union.
- Minarik, M (Hg.) (1986). *Didaktische Probleme des Anfängerpraktikums für Physik*. Hausarbeit. Institut für Festkörperphysik, Wien.
- Nagel, C (Hg.) (2005). *Neue Ziele in der Lehramtsausbildung im Computerzeitalter*. Diplomarbeit.
- Nagel, C (Hg.) (2009). *eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum*. Studien zum Physiklernen, Band 96. Logos, Berlin, 1. Auflage.
- Nagel, C & Wolny, B (2008). *eLearning in the Introductory Physics Lab*.
URL <http://www.editlib.org/p/29215>
- Neumann, K (Hg.) (2004). *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Studien zum Physiklernen, Band 38. H. Niedderer und H. Fischler, Logos Verlag Berlin.
- Neumann, K, Schumacher, D & Welzel, M (2004). *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung., 57(6), 235–237.
- Oppermann, T (2002). *Thomas Oppermann eröffnet Promotionsstudiengang, Fachdidaktische Lehr- Lernforschung- Didaktische Rekonstruktion*. Uni-Info, 1(29).
- Prüfer, P & Rexroth, M (2000). *Arbeitsbericht*.
- Prüfer, P & Rexroth, M (2005). ZUMA How-to-Reihe.
- Roth, G (Hg.) (1997). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- Rust, P & Wagner, KH (2009). *Semestervorbesprechung*.
URL <http://www.univie.ac.at/nutrition/Curriculum%20neu/Semestervorbesprechung%20Studienanfaengerinnen27%209%202009%20.pdf>

- Ryan, RN & Deci, EL (Hg.) (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination In Human Behavior*. Perspectives in social psychology. Plenum Press, New York.
- Schwarz, I & Schumacher, D (2009). *Entwicklung eines adressatenspezifischen Physikpraktikums für Studierende der Pharmazie*.
URL http://www.gpphy.uni-duesseldorf.de/entwicklung_forschung/prak_fuer_pharm/tagungsbeitraege
- Stieber, S, Saviello, E, Tomkowski, M, Markgraf, I & Schumacher, D (2009). *eLearning - Modul Mikroskop, Poster*.
URL http://www.uni-duesseldorf.de/home/Fakultaeten/math_nat/WE/Physik/Institute/grundpraktika/entwicklung_forschung/ibe/tagungsbeitraege
- Theyßen, H (Hg.) (1999). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines Adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*. Studien zum Physiklernen, Band 9. H. Niedderer und H. Fischler, Logos Verlag Berlin.
- Theyßen, H & Schumacher, D (Hg.) (2002). *Physikpraktikum für Medizinstudierende - Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums*. Jahrbuch 2001 der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Kaiser, G. (Hg.), Universitätsstraße 1 Düsseldorf. Seiten 202-211.
- Theyßen, H & Schumacher, D (Hg.) (2003). *Praktikum für Mediziner*. Praktikumsanleitungsheft. Heinrich Heine Universität, Universitätsstraße 1 Düsseldorf.
- Theyßen, H, von Aufschnaiter, S & Schumacher, D (Hg.) (2001). *Kategoriengeleitete Analyse und Komplexitätsanalyse von Lernprozessen im Physikalischen Praktikum*. Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lernprozessen. von Aufschnaiter, S. und Welzel, M. (Hg.), Münster: Waxman. Seiten 101-114.
- Tipler, FJ (Hg.) (1994). *Tipler*. Spektrum, Heidelberg.
- von Aufschnaiter, C (Hg.) (1999). *Bedeutungsentwicklung, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben*. Studien zum Physiklernen, Band 3. Logos, Berlin.
- von Aufschnaiter, S (Hg.) (2001). *Wissensentwicklung und Lernen am Beispiel Physikunterricht*. Konstruktivistische Schulpraxis, Band 3. K. Müller and J. Meixner, Neuwied: Luchterhand. S. 249-271.
- Wolny, B (2009a). *Neugestaltung des Physik-Praktikums für Ernährungswissenschaften an der Universität Wien*.
URL <http://www.physikalische-praktika.de/dpgschule/2009/Programm/Abstracts/Wolny>
- Wolny, B (2009b). *Neugestaltung eines Praktikums in der Servicelehre: Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften*.

URL <http://www.physikalische-praktika.de/dpgschule/2009/Programm/Vortraege/Wolny.pdf>

Wolny, B (2009c). *Projekt zur Entwicklung eines adressatenspezifischen Praktikums Physik für ErnährungswissenschaftlerInnen.*

URL <http://www.physikalische-praktika.de/dpgschule/2009/Programm/Poster/Wolny.pdf>

Wolny, B (2010). *Spektroskopie und Fotometrie.*

URL <http://www.physikalische-praktika.de/dpgschule/2010/Programm/Poster/Wolny>

Abbildungsverzeichnis

3.1	Zeitstrahl des Projektverlaufs 2008 bis 2010	22
4.1	Didaktische Rekonstruktion (Abbildung nach <i>Kattmann et al. (1997)</i>) .	29
4.2	Konstruktivistisches Lernmodell	30
4.3	Zirkulärer Prozess von Wahrnehmung, Erwartung und Handlung (Abbildung nach <i>Theyßen (1999)</i>)	31
4.4	Bedeutungsrekonstruktion durch Beobachter	32
4.5	Spiralförmige Folge modifizierter Wahrnehmungen, Erwartungen und Handlungen nach <i>Neumann (2004)</i> , S.20	32
4.6	Komplexitätsebenen nach <i>von Aufschnaiter (1999)</i> (Abbildung nach <i>Neumann (2004)</i>)	33
4.7	Bedeutungskonstruktionen niederer Komplexität	34
6.1	Das Verhältnis von Studentinnen und Studenten in den <i>Übungen zur Physik</i>	55
6.2	Maturaabschluss und Anzahl an bereits inskribierten Semestern in Ernährungswissenschaften	55
6.3	Vergleich der letzten Unterrichtseinheiten in Mathematik und Physik .	56
6.4	Methodenvielfalt im Mathematik- und Physikunterricht	57
6.5	Beschäftigung mit physikalischen Themen über den Schulunterricht hinaus	57
6.6	Fußabdrücke im Sand (Aufgabe aus PISA 2006)	58

6.7	Fußabdrücke im Sand mit Massstab	58
6.8	Auswertung der Items 14 bis 17	59
6.9	Patternanalyse der einzelnen Assoziationen der Studierenden vor und nach den <i>Übungen zur Physik</i>	60
6.10	Überblick über das erhobene Datenmaterial zu Assoziationen mit Experimentieren und rechnerischem Datenauswerten vor und nach den <i>Übungen zur Physik</i> im Sommersemester 2008	61
6.11	Arbeitsplätze von Ernährungswissenschaftsabsolventen nach UNIPORT	62
6.12	Ergebnisse der ersten beiden Schritte der didaktischen Rekonstruktion fließen gleichwertig in die didaktische Strukturierung	64
6.13	Mögliche Gebiete aus der Physik, welche als neue Inhalte in den <i>Übungen zur Physik</i> in Frage kommen.	67
6.14	Übersicht über Entwicklung und neue physikalisch thematische Schwerpunktsetzung der <i>Übungen zur Physik</i> für Ernährungswissenschaften . .	68
6.15	Neuer Ablauf der <i>Übungen zur Physik</i> im Blockkurs des Sommersemesters 2008, wie in Tabelle 2.1 beschrieben.	69
6.16	Neuer Ablauf der <i>Übungen zur Physik</i> ab Wintersemester 2010, wie in Tabelle 2.1 beschrieben.	69
7.1	Screenshot aus Coach6 mit vier Arbeitsflächen: Diagramm, Video, Wertetabelle und Versuchsbeschreibung	75
7.2	Aufgaben in der Nachbereitung der Übungseinheit	76
7.3	Schrittweise vorgehen (1.+2. Schritt): Lineare Regression	77
7.4	Schrittweise vorgehen (3.+4. Schritt): Lineare Regression	78
8.1	Vergleich der empfundenen Anforderungen an Studierende für die Umsetzung der alten beziehungsweise des neuen Versuches.	80
8.2	Gegenüberstellung des neuen und der alten Versuche, deren Eigenschaften und des Übungsverlaufes.	81
8.3	Test über die Verlässlichkeit und Unterscheidbarkeit der Mittelwerte aus Abbildung 8.2.	82

8.4	Vergleichende Evaluation zweier Studierendengruppen	82
8.5	Korrelationstabelle der 12 untersuchten Items im Blockkurs des Sommersemesters 2008	83
8.6	Bevorzugte Form der Erarbeitung von physikalischen Grundlagen	84
8.7	Hilfsmittel zur Erarbeitung physikalischer Zusammenhänge	84
8.8	Organisation der Betreuung in den <i>Übungen zur Physik</i>	84
8.9	Vergleich der beiden einführenden Übungseinheiten als Grundlageneinheiten im Blockkurs des Sommersemesters 2008	85

Tabellenverzeichnis

2.1	Beispiele der ursprünglichen <i>Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaftler</i>	13
6.1	Auswertung der Zieldefinition der <i>Übungen zur Physik</i>	50
6.2	Forderungen an die zu entwickelnde didaktische Strukturierung nach <i>Theyßen (1999)</i> , S.121	65
6.3	Wünsche an das neue Design der <i>Übungen zur Physik</i>	66
6.4	Neue Übungseinheiten der <i>Übungen zur Physik</i>	66

Anhang B

Lebenslauf und Abstract

B.1 Lebenslauf

BRIGITTE WOLNY

Geboren in Wien am 20.12.1984

Als Tochter von Mag.Dr. Renate und Mag.Dr. Christian Wolny

BILDUNGSWEG

Universität Wien

Erste Diplomprüfung des Lehramtsstudiums Physik und Mathematik 30.11.2006

Diplomstudium Astronomie seit 2003

Nachweis der pädagogischen Ausbildung (Universität Wien) 2.6.2009

WIFI Wien

Didaktik- Diplom 12.1.2006

(Pädagogisch- didaktische Grundlagen I+II, Unterrichtsgestaltung I+II, NLP I+II, Genderspezifische Aspekte in der Gruppenarbeit, Stimm und Sprechtraining)

GRG 13 Wenzgasse, Wien

Matura mit Auszeichnung 5.6.2003

Interessensschwerpunkte: Biologie und Umweltkunde, Volleyball, Chorgesang, Chemie-Olympiade Kurs, Mathematik-Olympiade-Kurs, Darstellendes Spiel, Aerobic

Volksschule St. Ursula, Wien - Mauer

Interessensschwerpunkte: Bildnerische Erziehung und Leibesübungen 1991-1995

AUSZEICHNUNGEN

Dank und Anerkennung der Universität Wien 2009

Ehrenden der Vereinigung der Althietzinger 13.6.2003

LEHRERFAHRUNGEN

GRG21 Bertha von Suttner Schulschiff

Sondervertragslehrerin für Physik 2009/2010

Universität Wien

Tutorin in Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften der Fakultät für Physik Entwicklung und Evaluierung eines neuen didaktischen Designs, sowie aktive Betreuungsarbeit der Student/Innen, Entwicklung und technische Betreuung eines ePraktikums mit Autorentool WS 2007/08- SS 2009

Kirchlich pädagogische Hochschule Wien

Aktionsforschung zur Raumvorstellung: „Untersuchung zur Trainierbarkeit von Raum

und ebenen Geometrievorstellungen mittels Pre-Posttest-Methode“ WS 2008/09

Universität Wien

Tutorin für Grundlagen der Mathematik für das Physikstudium 2 u. 3

Mitarbeit bei der Gestaltung der Übungen und der Vorlesung, Betreuung von Student/Innen und Beratung bei schriftlichen Gruppenarbeiten im Physikwiki SS und WS 2007/08

Fachbezogenes Praktikum für das Unterrichtsfach Mathematik

Betreut durch Mag. Barbara Riehs, BG18 Kloostergasse SS2007

Fachbezogenes Praktikum für das Unterrichtsfach Physik

Betreut durch Mag. Helmut Berger, GRg 19 Billrothgymnasium WS2006/07

WIFI-Wien

Vortragende für Wirtschaftsmathematik für Buchhalter und Buchhalterinnen 1 und 2, Prüfungsaufsicht und Korrektur 2006 bis 2007

WEITERE ERFAHRUNGEN

Studienassistentin

der Fakultät für Physik WS 2009 und SS 2010

Freie Mitarbeiterin an der Fakultät für Physik

Aufgabenbereiche: Physikalische Praktika, Schwerpunkt Ernährungswissenschaften SS 2009

Projektmitarbeiterin in eLearnPhysik der Fakultät für Physik

Koordination der Kooperationen, Entwicklung einer eLearning-Strategie für die Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften 1.12.2007-31.1.2009

Lange Nacht der Forschung

„Warum ist Physik spannender als ihr Ruf“ -Mitbetreuung und Aufbau des Standes, physikalisches Experimentieren 8.11.2008

Lise Meitner Lectures

Mehrjährige Mitarbeit an Veranstaltungen, Mitorganisation der PreisträgerInnenreisen Wien-Berlin 2008 bis 2010

Töchertag

Mitorganisation des Töchertages an der Fakultät für Physik, Programmherstellung, Koordination mit der Universität Wien, Führungen durch die Fakultät und ihre Forschungsbereiche 24.4.2008

Netzwerk „University Meets Public“ (UMP) (Verband Wiener Volksbildung) 23.10.2007

Medienkompetenz für Tutorinnen (Lehrentwicklung Universität Wien) SS 2007

ÖPG Osterexkursion (Sodankylä/ Finnisch Lappland, 9.4.-12.4.2006)

Inhalte: finnisches Schulsystem, Geophysikalisches Institut, Satellitenforschung

Upgrade-Schulung eLearning mit Blackboard Vista 4 (Vienna University Computer Center) 18.9.2007

Teleskopnutzungsberechtigung (Institut für Astronomie der Universität Wien) 21.10.2005

VERÖFFENTLICHUNGEN UND VORTRÄGE

„PC-gestützte Einheit zur Spektroskopie in den Übungen zur Physik für ErnährungswissenschaftlerInnen“

Posterpräsentation auf der DPG-Schule in Bad Honnef 3.3.-5.3.2010

„Neugestaltung eines Praktikums in der Servicelehre“

Vortrag im Rahmen des Hochschuldidaktikseminars der Fakultät für Physik der Universität Wien 30.4.2009

„Neugestaltung des Physik- Praktikums für Ernährungswissenschaften“ Vortrag auf der DPG-Schule in Bad Honnef 5.3.2009

„eLearning in the Introductory Physics Lab“ (Nagel, C. & Wolny, B. (2008))

In Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2008 (pp. 6009-6014). Chesapeake, VA: AACE.

Vortrag auf der Weltkonferenz in Wien 30.6.-4.7.2008

„Didaktische Rekonstruktion“ Vortrag im Rahmen des Hochschuldidaktikseminars der Fakultät für Physik der Universität Wien 15.5.2008

SPRACHEN

Francais Langue Étrangère Diplôme

(CAVILAM VICHY, Contrôle Pédagogique des Universités de Clermont-Ferrand) 27.4.2001

Centre of English Studies Certificate

(31 Dame Street, Dublin 2, Ireland) 19.11.2001

B.2 Abstract

This study examined a physics practical course for nutritionists at the University of Vienna. The aim was to provide a physics lab for nutrition scientists that engages students and supports acquisition of fundamental physics knowledge. Several questions should be answered: how are the students motivated before beginning the course? Which factors influence the students' motivation in an experimental environment? Which prior mathematical and physical training is retrievable during the exercises? Which topics and methods are appropriate for nutritionists?

In December 2007, a co-operative project with the Heinrich Heine University Düsseldorf was initiated, aimed at reorganizing the physics laboratory for nutritionists. Using the concept of „Educational Reconstruction“ (Kattmann et al., 1997) for university physics lab courses (Theyßen, 1999), a constructivist method, the first practical courses for nutritionists have been redesigned. This method proceeds via three major steps: investigation of the Experts' Perspective, the Students' Perspectives, and the finding of a „Construction of Instruction“.

The initial situation was determined using questionnaires completed by the physics tutors, the nutrition scientists and the students. The original experiments were found to be sub-optimal. The previous course design, despite the students' initially high motivation, was found to worsen attitudes and failed to develop the connection to dietetics; this connection was strengthened in the redevelopment. Inadequacies were also identified in the documentation of laboratory work and the students' poor prior knowledge in physics and mathematics; these were also addressed in the redevelopment.

The design of an adequate educational concept based on preliminary findings is a blended learning course with context-aligned experiments and a new constructivist instruction booklet. This design supports self-organized studies. This work includes the first renewed experiment „Fundamentals of Measurement“, which is based on BMI (Body Mass Index).

A first evaluation of this new design shows that students' attitudes have improved: they see a clearer connection to dietetics, they are more interested in physics and they are more able to complete the practical course alone. Six further exercises have been redeveloped on the basis of this work, three real and three online. Currently, a comprehensive investigation into nutritionists' learning behaviour in physics practical course continues.