



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Flüssigkeiten und Wärme

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Verfasserin / Verfasser: Mario Hofmann
Matrikel-Nummer: 0303466
Studienrichtung (lt. Studienblatt): A 190 406 412
Betreuerin / Betreuer: Ass.-Prof. Dr. Wilhelm Markowitsch

Wien, am 14.02.2011

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	4
2 GRUNDLAGEN	6
2.1 Das Modell der didaktischen Rekonstruktion	6
Weitere Kriterien zur didaktischen Rekonstruktion	8
2.1.1 Fachliche Klärung	8
Elementarisierung	9
2.1.2 Erfassung der Lernerperspektive.....	11
Erkenntnistheoretische Grundannahmen	12
Alltagsweltliche Präkonzepte / Schülervorstellungen	13
Schülervorstellungen zu Wärme und Wärmeenergie.....	13
Lernprozessanalysen.....	15
2.1.3 Didaktische Strukturierung.....	15
Wege der didaktischen Restrukturierung.....	15
2.2 Entwicklung von Praktika.....	16
2.2.1 Exkurs - Alltagsbezug - Physik soll lebensnah sein.	17
2.4 Vereinfachung durch Experimente	18
2.4.1 Der Studierendenversuch im Lern- und Erkenntnisprozess	20
2.5 Einsatz neuer Medien im Praktikum.....	22
2.5.1 Cognitive Theory of Multimedia Learning	24
2.5.2 Cognitive Load Theorie.....	25
2.5.3 Der Einsatz eines Lehrfilmes im Praktikum	27
2.6 Motivation der Lernenden.....	28
2.7 Zur Neugestaltung des Praktikums	30
3 ENTWICKLUNG, AUFBAU UND INHALTE DER ONLINEEINHEIT K - KALORIMETRIE	32
3.1 Aufbau der E-learning Umgebung.....	32
3.2 Strukturierung der Online-Lernumgebung K - Kalorimetrie	33
3.2.1 Energie und Formen von Energie	33
3.2.2 Wärme und Wärmeenergie.....	34
3.2.3 Verbrennungskalorimetrie	36
3.2.4 Kalorimetrische Bestimmung des Energieumsatzes einer Maus	39
3.3 Entwicklung der Experimente	42
3.3.1 Vorbereitungen	42
3.3.2 Entwicklung des IBEs zur Messung der (spezifischen) Wärmekapazität von Wasser	43
3.4 Vorbereitungen - Verbrennungskalorimetrie.....	47
3.4.1 Erstellung des Filmmaterials zur Verbrennungskalorimetrie	48
Teil 1 – Das Mikrowellenfertiggericht.....	49
Teil 2 – Herstellung eines Presslings.....	50
Teil 3 – Messung des Brennwertes des Mikrowellenfertiggerichtes.....	56

4 ENTWICKLUNG, AUFBAU UND INHALT DER PRÄSENZEINHEIT F - FLÜSSIGKEITEN	61
.....	
4.1 Strukturierung des neuen Teiles des Arbeitsbuches - F	63
4.1.1 Einleitung und Ziele	63
4.1.2 Ernährungswissenschaftlicher Bezug	63
4.1.3 Bestimmung der Viskosität sowie zugehörige Fehlerabschätzung	63
4.1.4 Bestimmung der Oberflächenspannung und Fehlerabschätzung	67
4.1.5 Nachbereitung und Vertiefung	69
4.2 Zusammenfassung	71
5 DESKRIPITVE ANALYSE	72
.....	
5.1 Beobachtung der Präsenzeinheit F	73
5.1.2 Ergebnisse der Beobachtungen der Präsenzeinheit	77
5.1.3 Ergebnisse der Beobachtung der Onlineeinheit	78
5.2 Narrative Interviews	80
5.2.1 Vorbereitung des Interviews	80
5.2.2 Leitfaden und Ergebnisse des narrativen Interviews mit zwei Studierenden	81
5.2.3 Narratives Interview mit dem Kursleiter zur Übungseinheit F	87
5.3 Resümee	91
5.4 Schriftliche Befragung	92
Zusammenfassung der aus der Kategorisierung gewonnenen Informationen	95
5.4.1 Ergebnisse der schriftlichen Befragung	96
5.4.2 Auswertung der einzelnen Gruppen	96
Motivation	96
Lernstrategie	98
Anstrengungsbereitschaft	98
Nutzungstypen	98
Lerntyp	98
Unterlagen	102
Ausrüstung	103
Aufgaben	103
Rel1	104
Onlineeinheit O	105
Onlineeinheit W	107
Onlineeinheit K	108
Allgemeine Fragestellungen zu den Onlineeinheiten	110
Präsenzeinheit – E	114
Präsenzeinheit – F	114
Präsenzeinheiten	116
Selbständiges Durchführen physikalischer Experimente	120
Rechnerisches Auswerten von Messdaten	120
6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	123
A MATERIALIEN	125
A 1 Arbeitsbuch zur Präsenzeinheit F	125
A 2 Onlineeinheit K	125

A3 Fragebogen des Posttests	125
Literaturverzeichnis.....	126
Abbildungsverzeichnis	127
Tabellenverzeichnis.....	129

1 Einleitung

Seit Dezember 2007 laufen Bestrebungen, die Praktikumslehrveranstaltung „Übungen zu Physik (für Ernährungswissenschaften)“ zu erneuern. Diese Arbeit ist ein Teil davon und beschäftigt sich mit den Themengebieten Flüssigkeiten (F) sowie Kalorimetrie (K). Damit soll die Motivation und die generelle Einstellung der Studierenden zur Physik verbessert werden. Das erste Kapitel beschäftigt sich mit der diesbezüglich nötigen Theorie und dem zu berücksichtigenden didaktischen Werkzeug. Im zweiten Teil der Arbeit werden die neu gestalteten Praxiseinheiten vorgestellt und diskutiert. Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Vorbereitung und Entwicklung des für die Online-Einheit nötigen filmischen Materials. Dies wird anhand diverser Screenshots detailliert beschrieben.

Das dritte Kapitel gibt Aufschluss über die Meinungen und die Einstellung der Studierenden zu den entstandenen neuen Praxiseinheiten. Zur Evaluation wurden Interviews mit zwei Studierenden sowie mit einer Lehrkraft durchgeführt. Um die Professionalität zu gewährleisten wurde diesbezüglich ein Leitfaden erstellt. Nachdem sämtliche Praxiseinheiten absolviert waren, wurde den Studierenden ein Fragebogen vorgelegt. Dieser hatte den Zweck einer unter gleichen Voraussetzungen durchgeführten Befragung sämtlicher im Praktikum für Ernährungswissenschaftsstudenten befindlicher und teilnehmender Studierender. Die Auswertung dieser Befragung soll eine eventuelle Verbesserung des Arbeitsklimas, sowie der Motivation und der Verständlichkeit des physikalischen Kontextes aufzeigen.

Die bis zum Zeitpunkt der Neugestaltung bzw. Neuentwicklung der Präsenz-Einheit vorherrschende Organisationsstruktur wurde beibehalten. Das bedeutet, dass bei der Durchführung der Präsenz-Experimente jeweils zwei Studierende an einem Arbeitsplatz an dem jeweiligen Tag festgesetzten Pensum –im Falle von F zwei Experimente–arbeiten. Die zugehörige Theorie wird im Rahmen der Nachbearbeitung beschrieben und vermittelt. Die Online-Einheit, welche in Kapitel 3 näher beschrieben wird, wurde mit der Absicht erstellt, den Studierenden einen möglichst großen Freiraum bezüglich der Wahl des Arbeitszeitpunktes zu geben. Ein Wegfallen der Anreisezeit lässt eine effektivere Zeitplanung zu und kann im Zuge dessen für eine gesteigerte Motivation Sorge tragen. Beide Einheiten wurden in Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Mitwirkenden des Erneuerungsprojektes entwickelt.

Die theoretische Hintergrundinformation bezüglich des Lernens mit neuen Medien und der dafür nötigen Cognitive Theory of Multimedia Learning, allgemeindidaktische Forschungserkenntnisse zur didaktischen Rekonstruktion von Hochschulpraktika sowie im Speziellen Erfahrungen bei der Entwicklung der Einheiten wurden bestmöglich berücksichtigt und umgesetzt.

2 Grundlagen

Schon lange wird propagiert, dass bei der Entwicklung und Gestaltung von Unterricht – sei es schulisch oder universitär – auf eine möglichst anwenderbezogene Darstellungsform Rücksicht genommen werden muss. Bevor es allerdings an eine studierendengerechte Aufbereitung gehen kann, muss man sich jeweils die Frage stellen, welches Themengebiet wie und mithilfe welcher Beispiele präsentiert bzw. vorgestellt werden soll und wozu eben diese Herangehensweise ausgewählt wird. Alltagsbezogene Themen werden von den Lernenden im Allgemeinen besser aufgenommen und erhöhen somit die Motivation. Den Studierenden sollte damit auch vermittelt werden, dass die Physik einen wesentlichen Teil zur Allgemeinbildung beiträgt. Dabei versteht Klafki (1996) unter Allgemeinbildung die „Aneignung der die Menschen gemeinsam angehenden Frage- und Problemstellungen ihrer geschichtlich gewordenen Gegenwart und der sich abzeichnenden Zukunft und als Auseinandersetzung mit diesen gemeinsamen Aufgaben, Problemen, Gefahren“. Bei der Wissensvermittlung sollte diesbezüglich speziell auf epochaltypische Schlüsselprobleme Wert gelegt werden. Werden diese Schlüsselprobleme fächerübergreifend dargestellt, wird dies ebenfalls einen Beitrag zur Motivation der Studierenden leisten können. Der gezielte Einsatz von diversen Medien in der Repräsentation von Physik kann hier ebenfalls für eine gesteigerte Lernökonomie Sorge tragen. Das Modell der didaktischen Rekonstruktion zeigt, worauf bei den vorgestellten Themengebieten im Besonderen geachtet werden muss.

2.1 Das Modell der didaktischen Rekonstruktion

Didaktische Rekonstruktion – sei es für die Schulphysik oder den universitären Betrieb – ist eine Herausforderung und zentrale Aufgabe der Physikdidaktik. Wie in Kircher, Girwitz, Häusler (2001) beschrieben, gilt es dabei kein kochbuchartiges Rezept abzuarbeiten, sondern man benötigt ein gewisses Fingerspitzengefühl für die Lernfähigkeit der Studierenden, einen Überblick über relevante Probleme und Problemstellungen zur deren Lösung die Physik beitragen kann, gründliche Fachkenntnisse sowie Kenntnisse der fachdidaktischen Literatur und last but not least Kreativität für originelle Lösungen.

„Die didaktische Rekonstruktion umfasst sowohl das Herstellen pädagogisch bedeutsamer Zusammenhänge, das Wiederherstellen von im Wissenschafts- und Lehrbetrieb verloren gegangenen Sinnbezügen, wie auch den Rückbezug auf Primärerfahrungen sowie auf originäre Aussagen der Bezugswissenschaften.“
(Kattman, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997)

Nach Theyßen (1999) basiert das Modell der didaktischen Rekonstruktion auf drei Komponenten fachdidaktischer Arbeit und soll fachliche Vorstellungen mit den Schülerperspektiven so in Beziehung setzen, dass daraus ein Unterrichtsgegenstand (hier: ein gut strukturiertes Praktikum) entwickelt werden kann.

- Fachliche Klärung
- Erfassung der Lernerperspektive (Vorstellungen der Studierenden)
- Didaktische Restrukturierung (Entwicklungsarbeit im Team)

Die ersten beiden Komponenten fallen in den Bereich der fachdidaktischen Forschung, während letztere grundsätzliche Entwicklungsarbeit verlangt. Alle drei Positionen sollten sich wechselseitig beeinflussen und somit für ein auf hohem Level angesiedeltes Endergebnis sorgen.

Ein großes Maß an Entwicklungsarbeit fordert auch die Ergründung der fachlichen und kognitiven Lernbedingungen. Ein Kritikpunkt an den „alten“ Übungen zur Physik war der fehlende Bezug zu dem jeweiligen Hauptfach. Wird den Studierenden die Bedeutung der Physik nicht einsichtig, wird jedes Praktikum zum Scheitern verurteilt sein. Vielen wird dieser Umstand erst nachträglich - im Berufsleben - vor Augen geführt. Es ist daher von großer Wichtigkeit, die Relevanz der Physik für das eigene Studium – in diesem Fall also die Ernährungswissenschaften – zu erkennen. Die grundsätzliche Vorarbeit zur fachlichen Klärung und zur Lernendenperspektive werden in Wolny (2010) vorgestellt.

Weitere Kriterien zur didaktischen Rekonstruktion

Laut Weltner (2006) sollte jede didaktische Rekonstruktion vier Kriterien beinhalten.

Fachgerecht

Hier sollten fachlich relevante – nicht fachlich richtige – Begrifflichkeiten verwendet werden. Es ist in bestimmten Fällen erlaubt, solche zu verwenden, welche außerhalb des vorgestellten Modells falsch sind. Beispielsweise wenn passende Begriffe und Konzepte, die zur fachlich richtigen Erklärung eines Sachverhaltes noch nicht im Unterricht vorgekommen sind und auf alltagssprachliche Begriffe zurückgegriffen werden muss. Allerdings wird im Rahmen des vorliegenden Hochschulpraktikums darauf geachtet, dass keine mit fachlicher Relevanz argumentierten fachlich falschen Begriffe oder Konzepterklärungen vorkommen.

Schülergerecht

Wie oben bereits mehrfach erwähnt, sollte hier das unterschiedliche Leistungsniveau, die unterschiedliche Bedeutungskonstruktion sowie das Vorwissen der Studierenden berücksichtigt werden. Es ist daher von Vorteil, sich bereits im Vorhinein mit diesen Faktoren zu beschäftigen, um beste Ergebnisse erzielen zu können.

Zielgerecht

Die ausgewählte Lernstruktur sollte möglichst gut mit dem vorliegenden Lernziel übereinstimmen. Relevante Aspekte sollten mit dem physikalischen Inhalt verknüpft werden.

Erweiterbar

Jede ausgewählte Elementarisierungsstufe sollte entwicklungsfähig sein.

2.1.1 Fachliche Klärung

In der fachlichen Klärung wird festgelegt, welche Ziele und Inhalte in der Lerneinheit vermittelt werden sollen. Fächerübergreifende Themen müssen von den jeweiligen Experten behandelt und deren Inhalt ausgearbeitet werden. Dabei ist die Auswahl und die Gewichtung der physikalischen Themen bereits stark durch die beiden anderen Komponenten, die

Lernerperspektive und die didaktische Strukturierung, beeinflusst. Somit werden sämtliche Komponenten wechselseitig beeinflusst (siehe Abbildung 1).

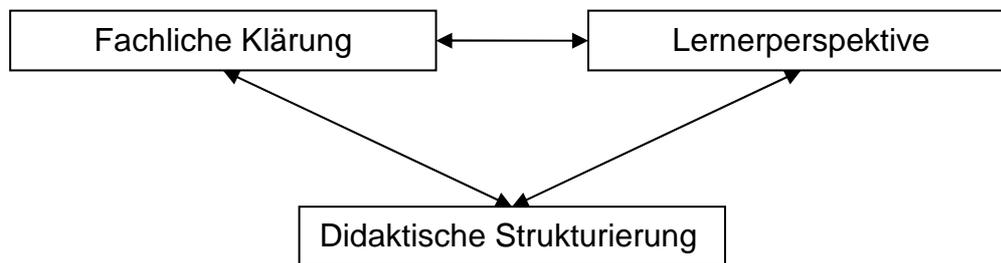


Abbildung 1: Didaktische Rekonstruktion nach Neumann (2004).

Weiters fließen auch technische und organisatorische Aspekte ein. Die Voraussetzungen zur experimentellen Bearbeitung der Themen sollten im Praktikum realisierbar sein. Weiters sollte ein ernährungswissenschaftlicher Bezug hergestellt und auch im Versuch selbst deutlich werden. Darauf in den folgenden Kapiteln noch mehrmals näher eingegangen. Eine Teilaufgabe der fachlichen Klärung ist die Elementarisierung der ausgewählten Lerninhalte, also die Reduktion derselben auf ihre einfachsten Erklärungsglieder. Durch diese sogenannte „Elementarisierung“ lässt sich eine künstliche Realität, wie im Exkurs zum Alltagsbezug beschrieben, zwar kaum vermeiden, sie schafft aber eine für die Studierenden angenehme Lernumgebung und führt somit, wie weiter unten beschrieben, zu einer gesteigerten Motivation.

Elementarisierung

Die Aufbereitung von Sachstrukturen muss, neben den fachlichen Strukturen und internen psychischen Strukturen der Studierenden, auch allgemeine Zielvorstellungen berücksichtigen. Bei der Elementarisierung ist auf eine möglichst einfache Kontextverfassung bzw. -gestaltung zu achten (z. B. Beschreibung der Temperatur anhand eines Applets mit Teilchenbewegung). „Hier bedeutet Elementarisieren die Vereinfachung von realen oder theoretischen Entitäten mit dem Bezug zu Physik und Technik – ein Zerlegen von komplexen Dingen in elementare Sinneinheiten“ (Kircher, Girwitz, Häusler 2001).

Es sollte auch darauf geachtet werden, dass Sachstrukturen ausgewählt werden, die für die Physik und die Studierenden elementar, grundlegend für ein physikalisches Gebiet und bedeutsam für den Bildungsprozess sind.

„Unter dem Begriff der Elementarisierung werden Bemühungen zusammengefasst, die sich mit der Anpassung der wissenschaftlichen Sachstruktur an die Fähigkeit der Lernenden beschäftigen.“ (Kattman et al., 1997)

Abbildung 2 aus Mikelskis (2005) veranschaulicht diesen Sachverhalt nochmals graphisch.

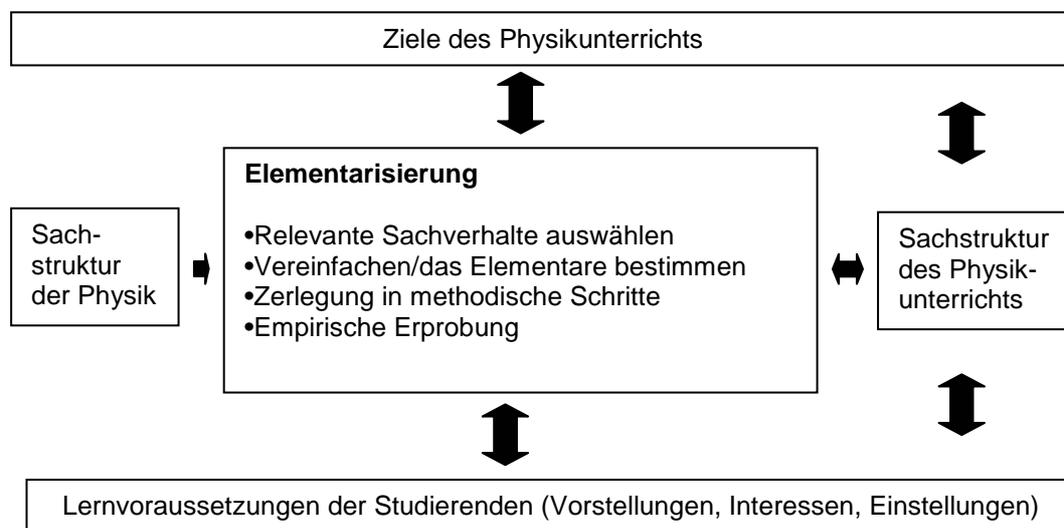


Abbildung 2: Elementarisierung von Sachverhalten

Elementarisierung bedeutet allerdings mehr als die Vereinfachung eines Sachverhaltes. Viel mehr geht es darum, die Elemente so zu rekonstruieren, dass der Inhalt den Bildungsprozess der Lernenden unterstützt. Diese Erkenntnis wurde im Zuge dieser Diplomarbeit speziell auf den Bereich der Experimente umgelegt bzw. dort berücksichtigt.

2.1.2 Erfassung der Lernerperspektive

Die Erfassung der Lernerperspektive kann einerseits über Präkonzepte bzw. Schülervorstellungen und andererseits über Lernprozessanalysen, wie im Ansatz von Theyßen, durchgeführt werden. Beide Konzepte zielen auf die unterschiedlichen bzw. individuellen Lernvoraussetzungen der Studierenden ab. Deshalb muss auf eben diese verstärkt eingegangen werden. Die Erfassung der Lernerperspektive beinhaltet auch Untersuchungen bestehender Lernvoraussetzungen, des Verhaltens, des Vorwissens sowie der Bedeutungsentwicklungsprozesse.

Weiters ist es notwendig, eine möglichst reichhaltige, multimodale, interessante und kommunikationsorientierte Umgebung - im Praktikum - für die Studierenden zu schaffen. Diese sollte den subjektiven Erfahrungsbereich ansprechen und gleichzeitig neue Herausforderungen enthalten, welche pragmatisch, interaktiv und kreativ zur Selbstorientierung einladen. Die Interaktivität wurde durch die Entwicklung eines Lernvideos sowie eines Interaktives Bildschirm-Experiments (IBE) besonders in den Vordergrund gestellt.

Viele physikalische Begriffe sind theoriegeladen. Wie in Kircher, Girwitz, Häusler 2001 beschrieben, müssen die Studierenden für die Erklärung eines Phänomens im physikalischen Bereich bereits die zugehörige Theorien kennen, um vom qualitativen über das halbquantitative und quantitativ sprachliche zum quantitativ mathematischen und somit gewünschten Ergebnis punkto korrekter Formulierung zu gelangen. Diese Schrittfolge, welche unabhängig vom fachlichen Thema ist, bezeichnet man als physikdidaktisches Grundmuster der didaktischen Rekonstruktion. Lerneinheiten sollten deshalb, ausgehend von einfach verständlichen alltäglichen Erklärungsmustern zu einer physikalischen Definition führen, um das Verständnis und somit die Lernfähigkeit der Studierenden zu erhöhen.

Im Bereich der Experimente wird Bruners Lerntheorie (1960) als eine Art psychologisches Grundmuster verwendet. Jeder zu lernende Sachverhalt muss demnach „enaktiv“, ikonisch und symbolisch dargestellt werden, und das auch in dieser Reihenfolge. Sachverhalte werden experimentell handelnd (enaktiv) von den Studierenden untersucht. Der Versuchsaufbau wird ikonisch (bildhaft) dargestellt. Die Ergebnisse bzw. die Messdaten werden dann in einer

Grafik repräsentiert und die interpretierten Daten werden dann symbolisch (schriftlich und mathematisch) gefasst. Somit ist explizit ergründet, dass Experimente das Lernen der Physik wesentlich vereinfachen können.

Aus sämtlichen bis hierher angeführten Gründen ist es daher nötig, sich genau mit dem Lernprozess der Studierenden auseinanderzusetzen. Diese, von Mensch zu Mensch variierende „erkenntnistheoretischen Grundannahmen“ zum Lernprozess werden im Folgenden näher beschrieben.

Erkenntnistheoretische Grundannahmen

Jeder Mensch hat persönliche–auf ihn zugeschnittene–Lernmuster. Eines ist jedoch allen gleich. Externe Signale können Bedeutungskonstruktionen nur initiieren und orientieren, nicht determinieren (Aufschnaiter & Wenzel, 1996). Die Bedeutungszuweisung erfolgt nach (Roth 2007) in Abhängigkeit von Kontext und Vorerfahrung. Kognitiv abgeschlossen ist das Gehirn also in dem Sinne, dass eine Übertragung von Bedeutung in das kognitive System durch externe Signale nicht möglich ist, sondern diese im System selbst situativ auf der Basis von Vorerfahrung konstruiert werden muss.

Gedächtnisinhalte sind demgemäß als „Strukturen zur Erzeugung“ von Bedeutung anzusehen. Die Wahrnehmung wird also durch bereits vorhandene kognitive Strukturen (Gedächtnisinhalte) beeinflusst, hauptsächlich jedoch durch externe Signale (Umwelt) induziert. Nach Welzel (1995) lässt sich dieser Sachverhalt sehr gut graphisch veranschaulichen (Abbildung 3).

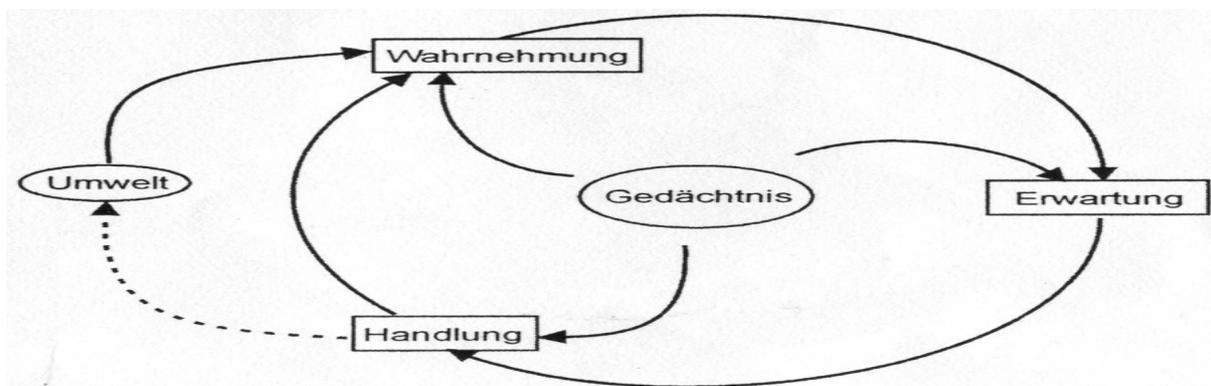


Abbildung 3: Einflussfaktoren der Bedeutungskonstruktion (Welzel)

Aus der Wahrnehmung entsteht eine Erwartung, welche die nachfolgende Handlung initiiert und steuert. Der Ablauf beider Teilprozesse ist wieder abhängig von den vorhandenen kognitiven Strukturen. Die Handlung führt–über Interaktion mit der Umwelt–zu einer neuen Wahrnehmung, die mit der vorigen Erwartung verglichen wird. Es ist zweckdienlich die Entwicklung von Praktika auf diese Theorie zu stützen. Das bedeutet, dass bei der Vermittlung von physikalischen Inhalten Hauptaugenmerk auf die kognitiven Strukturen der Studierenden gelegt und somit auf einen möglichst auf die Schulphysik Rücksicht nehmenden Aufbau der Lerneinheiten geachtet werden muss. In den folgenden Kapiteln wird darauf noch des Öfteren eingegangen. Im Rahmen dieser Diplomarbeit musste obige Theorie speziell im Bereich der Entwicklung bzw. der Gestaltung von Praktikumseinheiten berücksichtigt werden.

Alltagsweltliche Präkonzepte / Schülervorstellungen

Sämtliche im Folgenden angeführte Terminologie und zugehörige Zitate über Schülervorstellungen werden sinngemäß auf die Vorstellungen der Studierenden übertragen.

„Wenn Schüler untereinander oder mit den Lehrenden diskutieren, ein Experiment beobachten oder eine Aufgabe lösen, benutzen sie die Begriffe und Vorstellungen, über die sie bereits verfügen (Erzeugung von Bedeutung). Leider kontrastieren die in der Alltagswelt gewachsenen und dort bewährten Schülervorstellungen in vielen Fällen mit den zu lernenden physikalischen Vorstellungen. Dies ist die Ursache von vielen ernst zu nehmenden Missverständnissen und Lernschwierigkeiten der Studierenden“ (Mikelskis 2006). Diese Vorstellungen zu kennen, ist bei einem so kurzen Aufeinandertreffen von Lernenden und Lehrenden, wie es im physikalischen Praktikum der Fall ist, fast oder gar nicht möglich. Deshalb wurde im gesamten Aufbau des Textes auf größtmögliche „Einfachheit“ und Alltagsbezug geachtet.

Schülervorstellungen zu Wärme und Wärmeenergie

Beim Thema Wärme ist besonders auf die Formulierung bzw. die Definition von fachspezifischen Begriffen zu achten. „In den meisten Schülervorstellungen ist Wärme etwas, das andere Gegenstände erwärmen kann. Dieses Etwas ist entweder eine Art Substanz, die

von einer Wärmequelle abgegeben wird, oder es wird mit dem heißen Gegenstand gleich gesetzt. Es finden sich oft Umschreibungen, in denen Wärme als Energie betrachtet wird, wie z. B.: „Wärme ist Energie“, aber auch undifferenzierte Beschreibungen wie „Wärme ist eine wärmende Flüssigkeit oder ein wärmender Körper... Wenn man es berührt, fühlt es sich warum an, wenn irgendwas es vorher erwärmt hat“ (Driver u.a. 1994). Wie es Erickson (1985) beschreibt, ist vielen 12 bis 13-jährigen (annähernd 100% der Schülervorstellungen beziehen sich auf Schüler dieser Altersgruppe) der Temperaturbegriff bereits bekannt, und sie können mit Thermometern die Temperatur von Gegenständen bestimmen. Sie haben jedoch nur ein begrenztes Konzept und benutzen den Begriff kaum, um den Zustand eines Körpers zu beschreiben. Der Unterschied zwischen Temperatur und Wärme ist aber für viele Schüler und auch Studierende nicht ersichtlich. Aus diesem Grund wurde in der Verfassung des Textes der Online-Einheit K großer Wert auf die Definition der Begriffe Temperatur bzw. Wärme und deren Unterschied gelegt.

Der Begriff der Wärmeleitung ist vielen zwar bekannt, das physikalische Prinzip dahinter jedoch nicht. „Die Aussage, dass zwei Körper – werden sie miteinander in Kontakt gebracht – nach einer entsprechend langen Zeit die gleiche Temperatur annehmen, ist für Heranwachsende nicht offensichtlich. Tiberghien (1985) berichtet, dass unterschiedliche Materialien (Mehl, Wasser, Nägel), die für einige Stunden in einen Ofen mit einer Temperatur von 60°C gestellt werden, für den Großteil der Schüler unterschiedliche Temperaturen haben. „So sollte das Mehl eine geringere Temperatur haben, weil Mehl sich kaum erhitzt, Eisen mehr als 60°C, weil sich Eisen schneller erhitzt und Wasser sollte 60°C haben, weil es die Temperatur der Umgebung annimmt. Auch bei Problemen der Wärmeleitung, bei denen der mehr oder weniger gute Wärmeleiter (Metall, Wolle) zwischen zwei Systemen betrachtet wird, treten große Schwierigkeiten auf. Die Schüler verkürzen stark und verlassen sich einfach auf die Eigenschaften eines Materials, „heiß“ oder „kalt“ zu sein:

„Ich glaube, dass die Metallfolie den Eisklotz ganz einfach kalt halten kann, weil die Wolle heißer ist und die Wärme besser hält.“

„Das Aluminium hält die Kälte besser.“

„Metalle kühlen die Dinge, Metall ist kalt.“ (Tiberghien 1985)

Lernprozessanalysen

Theyßen verwendet für ihren Ansatz im Hochschulpraktikum weniger Präkonzepte dafür aber Lernprozessanalysen. „Aus der konsequent konstruktivistischen Beschreibung kognitiver Prozesse folgt, dass die Bedeutungsentwicklungsprozesse maßgeblich vom Vorwissen und den Vorstellungen sowie Einstellungen der Studierenden zur Physik abhängen.“ (Theyßen, 1999). Diese Lernprozessanalysen müssen im Hinblick auf die Übertragbarkeit ihrer Ergebnisse auf die jeweils vorliegende Lerngruppe und Situation analysiert werden.

2.1.3 Didaktische Strukturierung

Im Gegensatz zur fachlichen Klärung bzw. zur Erfassung der Lernerperspektive ist die didaktische Strukturierung eine Entwicklungsaufgabe. Sie umfasst die Entwicklung der inhaltlichen und methodischen Struktur des Praktikums unter der Berücksichtigung der fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernerperspektive.

„Wesentliches Merkmal der didaktischen Rekonstruktion ist, dass die drei Komponenten nicht sukzessive erarbeitet werden, sondern sich gegenseitig beeinflussen und voneinander profitieren.“ (Theyßen, 1999)

Wege der didaktischen Restrukturierung

Reduktion auf das Qualitative

Eine Rückführung physikalischer Größen auf ihre qualitativen Merkmale bewirkt eine Verringerung der Komplexität und damit eine Vereinfachung des Kontextes, ohne die physikalische Botschaft bzw. die Gesetzmäßigkeiten in großem Ausmaß zu verfälschen.

Vernachlässigung von Einflussfaktoren

Bei der Beschreibung von Experimenten kann oft auf Einflussfaktoren verzichtet werden, dessen Auswirkung auf das Ergebnis (z. B. die Dichteschwankung von Wasser zwischen 30°C und 60°C) bzw. das Verständnis der physikalischen Gesetzmäßigkeiten verschwindend gering sind.

Rückgriff auf frühere historische Entwicklungsstufen

Frühere Entwicklungsstufen weisen meist ein geringeres Maß an Komplexität auf, worauf bei der Erklärung diverser Sachverhalte zurückgegriffen werden kann.

Generalisierung

Aufgrund von einzelnen Experimenten und deren Ergebnissen wird auf eine Allgemeingültigkeit geschlossen.

Partikularisierung

Anstatt viele unterschiedliche Fälle zu betrachten, fokussiert man auf ein einzelnes Musterbeispiel. Der universelle Charakter tritt dabei allerdings in den Hintergrund und muss eventuell in weiterer Folge ergänzt werden.

Überführung in bildhafte oder symbolische Darstellungen

Um ein Verständnis für diverse Begrifflichkeiten zu entwickeln, ist der Einsatz von bildhaften Darstellungsformen von äußerster Wichtigkeit und unterstützt die Denkmuster der Lernenden.

Gegenständliche Modelle und Analogien

Wird den Lernenden ein Sachverhalt anhand von vertrauten bzw. bekannten Modellen präsentiert, fördert dies das Verständnis und wird den Studierenden zugänglicher gemacht

Da es sich bei der didaktischen Strukturierung um einen iterativen Prozess handelt, kann es während der Entwicklungsarbeit zu Änderungen und / oder Verbesserungen der fachlichen Klärung bzw. der Erfassung der Lernerperspektive kommen. Somit wird eine „Weiterentwicklung“ der theoretischen Grundlagen gewährleistet.

2.2 Entwicklung von Praktika

Bei der Gestaltung einer Lernumgebung für physikalische Praktika ist gleichermaßen auf fachliche und kognitive Lernbedingungen zu achten. Vor allem ist dabei das Vermeiden einer „Überladung“ der Arbeitsblätter zu berücksichtigen. Die Arbeitsblätter (A4) beinhalten-wie weiter unten noch genauer beschrieben wird-einen einleitenden ernährungswissenschaftlichen

Bezug, eine kleinschrittige Anleitung zu den Experimenten sowie eine Nachbereitung, in welcher die für die Experimente nötigen physikalischen Prinzipien im Detail vermittelt werden. Ein zu hohes Maß an Anforderungen wirkt sich kontraproduktiv auf das Lernverhalten der Studierenden aus. Wie in Theyßen (1999) beschrieben stellen Praktika Lernumgebungen dar, in denen Studierende fachliche Inhalte erarbeiten sollen, unabhängig davon, ob es sich dabei je nach Zielsetzung eher um experimentelle Verfahren, theoretische Modelle oder deren Verknüpfung handelt. Diese Erarbeitung fachlicher Inhalte war bis vor dieser Diplomarbeit – also in der „alten“ Variante - zwar möglich, jedoch nur unter Voraussetzung einer optimalen Vorbereitung, auch abseits der von der Fakultät Physik zur Verfügung gestellten Materialien welche hauptsächlich aus diversen Vorlesungen und Übungen seitens der für Ernährungswissenschaftsstudenten maßgeblichen Institute bezogen werden. Eine Verknüpfung bzw. ein Anschluss an die dort diskutierten Gebiete mit dem Praktikum war oft nicht möglich. Laut Umfrage- und Interviewergebnissen nahm laut Wolny (2010) die diesbezügliche Kritik an den alten Praktikumseinheiten zu. Im folgenden Exkurs sowie im nächsten Kapitel wird die Fundierung bzw. Elementarisierung mit Bezug auf die Alltagswelt näher beschrieben.

2.2.1 Exkurs - Alltagsbezug - Physik soll lebensnah sein.

Dass vor allem in der Beschreibung physikalischer Zusammenhänge und Definitionen die Bezugnahme zur Alltagswelt der Lernenden einen großen Stellenwert einnehmen sollte ist schon seit Wagenschein (1976) bekannt. Leider wird dieser Sachverhalt auch bis dato in der Hochschullehre wenig berücksichtigt und führt somit zu der vom Großteil der Studierenden abneigenden Einstellung zur Physik.

„Der epistemologische Bruch zwischen alltagsweltlichen und naturwissenschaftlichen Erfahrungen erfordert, dass Physik nicht als Abschaffung und Überwindung von Alltagsvorstellungen angelegt werden darf, sondern als deren Bewahrung, Erhellung und Systematisierung. Unter pädagogischer Perspektive stellt Lebenswelt einen primären Konstitutionszusammenhang dar und somit wäre der erste Schritt erziehungswissenschaftlicher Analyse die theoretische Rekonstruktion von Lebenswelten“ (Mollenhauer 1974).

Es ist also bei der Wahl des Kontextes – der Kontextorientierung - ein Alltagsbezug herzustellen. Wird nicht darauf geachtet, entsteht eine „synthetische Wirklichkeit“. Also eine von der Realität abgekoppelte künstliche Welt. Diese erkennt man an folgenden Punkten, welche in Mikelskis (2006) folgendermaßen dargestellt wurden:

- Man sieht Dinge, die man sonst nicht sieht (z. B. Stativmaterial, Messgeräte,...)
- Man verwendet Wörter, die man sonst nicht verwendet bzw. verwendet diese Wörter in einem anderen Sinn als dem physikalisch korrekten (z. B. Definition: Wärme).
- Man tut Dinge, die man sonst nicht tut (z. B. die Zeitmessung beim Durchfluss von Wasser durch ein Viskosimeter).

Die Alltagswelt sollte in der Physik also möglichst - eine perfekte Abbildung ist nahezu unmöglich - lebensnah präsentiert werden. Komplizierte Zusammenhänge sollten bzw. werden von den Lehrenden meist so aufbereitet, dass diese von möglichst vielen Studierenden verstanden werden.

Wie in Mikelskis (2005) beschrieben stellt das Experiment in der Physik eine besondere Form des „Dialogs mit der Natur“ zum Erkenntnisgewinn dar. Durch einen gezielten Einsatz von Computern lässt sich dieses Spektrum auch erweitern. Darauf wird in Kapitel 2.6 explizit eingegangen. Das Experiment als Hilfswerkzeug zur Elementarisierung und somit zur Vereinfachung der Darstellung physikalischer Erkenntnisse wird in folgendem Kapitel näher beschrieben.

2.4 Vereinfachung durch Experimente

Durch den Einsatz physikalischer Experimente in der Vermittlung eines physikalischen Gebietes können charakteristische Eigenschaften eines bestimmten Begriffes demonstriert werden. Hier ist allerdings festzuhalten, dass die physikalische Theorie hauptsächlich aus Experimenten gewonnen wird / wurde. In der Schule geht man meist den umgekehrten Weg, indem zuerst die Theorie erläutert und im Anschluss diese Theorie durch diverse Experimente bestätigt wird. Diese Demonstration kann ausdrucksstärker, informativer sowie

lernökonomischer als eine noch so genaue Beschreibung eines Begriffes sein. Nach Mikelskis (2006) muss grundsätzlich zwischen Versuchen und Experimenten unterschieden werden. Eine spezielle Form der Versuche sind die Experimente. Es sind Versuche, welche der naturwissenschaftlichen Methode entsprechen. „Während in der antiken Philosophie die empirische Kenntnis der Naturerscheinungen für ausreichend galt, um Schlüsse auf die zugrunde liegenden Prinzipien zu ziehen, ist es ein charakteristischer Zug der modernen Wissenschaft, Experimente anzustellen, d.h. spezifische Fragen an die Natur zu richten, deren Beantwortung dann Auskunft über die Gesetzmäßigkeiten geben soll“ (Heisenberg 1973). „Der Versuch ist somit als das wichtigste, den Physikunterricht geradezu kennzeichnende Unterrichtsmedium anzusehen“ (Bleichroth 1991). „Das Experiment ist in der wissenschaftlichen Forschung ebenso wie im naturwissenschaftlichen Unterricht eine fundamentale Untersuchungsmethode.“ (Veit; Berger, 2007)

Experimente können sowohl als Verifikation oder Falsifikation physikalischer Theorien - deduktive Methode - als auch als Basis für Gesetze und Theorien – induktive Methode - benutzt werden. Bei der induktiven Methode beruft man sich auf die aus einem Experiment gewonnenen Erkenntnisse und münzt diese auf die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse und somit auf (physikalische) Gesetze um. Die deduktive Methode wird von Popper (1976) folgendermaßen beschrieben:

„Die Erkenntnisgewinnung beginnt z. B. mit einer wissenschaftlichen Hypothese, aus der unter Einschluss von Randbedingungen einzelne Aussagen gewonnen werden, die durch Beobachtung falsifizierbar sein müssen.“

Solch eine Hypothese kann mittels eines Experimentes widerlegt und somit verworfen werden. Experimente können demnach als didaktisch passendes Werkzeug zur Vermittlung von Lerninhalten angesehen werden und nehmen einen großen Stellenwert in der Präsentation physikalischer Gesetzmäßigkeiten ein. Nach Reinhold (1996) lassen sich die allgemeinen didaktischen Funktionen des Experiments in folgende Ebenen zusammenfassen:

Pädagogische Funktion

Experimente entwickeln die Beobachtungsgabe, fordern zur kritischen Beurteilung der Messergebnisse heraus, fördern kausales und funktionales Denken und erziehen zu Geduld und Ausdauer

Wissenschafts- und erkenntnistheoretische Funktion

Lernende entwickeln die Erkenntnis, dass die Gesetze im Praktikum die gleichen wie in der Natur sind.

Fachliche Funktion

Experimente unterstützen die Bildung von Begriffen, die Ableitung von Gesetzen sowie die Entwicklung von Theorien. Weiters dienen sie der Überprüfung von Wissen.

Psychologische Funktion

Experimente motivieren, wecken Interesse und entwickeln Lösungsstrategien. Die Cognitive Load Theorie (CLT) sagt aus, dass Medien für effektives Lernen nur notwendige Inhalte präsentieren sollen, und keine „Verschönerungen“ oder ablenkende bzw. überfüllende Zusätze beinhalten soll. Darauf wird in Kapitel 2.5 noch explizit eingegangen.

2.4.1 Der Studierendenversuch im Lern- und Erkenntnisprozess

Die folgenden Absätze wurden in der Literatur ursprünglich als Aufbereitung zum „Schülerversuch“ erstellt. Wie bereits bei der Beschreibung der alltagsweltlichen Präkonzepte wird die Terminologie für Studierendenversuche sinngemäß übernommen.

Studierendenversuche bzw. Studierendenexperimente sind solche, bei denen die Studierenden in irgendeiner Art und Weise selbst aktiv werden. Experimente sind nur dann eine Bereicherung für die Lernenden, wenn diese didaktisch sinnvoll und authentisch ausgewählt werden. „In der gängigen Unterrichtspraxis sind die Versuche vielfach nicht authentisch und werden wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Zielen nicht gerecht“ (Hodson 1998). Weiters müssen diese sinnvoll gestaltet und eingebettet werden. Allein aus dem praktischen Tun folgt leider noch nicht das Verstehen der zugehörigen Theorie. Unter welchen Bedingungen durch Experimentieren gelernt werden kann, wird in den nächsten Zeilen beschrieben.

Aus der selbständigen Durchführung von Versuchen ergeben sich diverse positive Eigenschaften. Einige davon werden in der folgenden Aufstellung kurz angeführt:

- Förderung der Entwicklung von Kooperation und Kommunikationsfähigkeit
- Förderung des Vertrauens in eigene Fähigkeiten
- Erhöhung der Lerneffizienz
- Erziehung zur Kritik und Reflexionsfähigkeit
- Verbindung von Theorie und Experiment

Aus dieser Vielzahl von positiven Eigenschaften greift Harlen (1999) heraus, dass die Studierendenversuche vor allem für folgende drei Ziele geeignet sind:

- Kennenlernen von Phänomenen und Aufbau eines persönlichen Erfahrungsschatzen
- Überprüfen der eigenen Vorstellungen
- Entwicklung von Kompetenz im Gebrauch der naturwissenschaftlichen Methoden

Um jedoch der Kontraproduktivität eines Experimentes entgegenzuwirken ist darauf zu achten, dass die Experimente bzw. Versuche effektiv eingesetzt werden, nicht zu trivial und nicht zu fern von den Interessen und Fähigkeiten der Lernenden sind. Weiters ist eine zu starke Fokussierung auf die Experimente zu vermeiden, da dies zu einem zu engen Verständnis von Physik führen kann. Aus diesem Grund wurde neben der Einbindung der Experimente in die neuen Arbeitsbücher auf die Verfassung eines für ein physikalisches Verständnis ausreichenden Theorieteils geachtet. Die Arbeitsbücher (hier im Speziellen das Arbeitsbuch zur Präsenz-Einheit F-Flüssigkeiten) beinhalten einen experimentellen Teil, welcher das selbständige Erarbeiten der Lernziele anhand der Experimente vorsieht, sowie einen Nachbereitungsteil, in welchem den Studierenden eine theoretische Vertiefung ermöglicht wird. Dabei gilt es aber folgende Punkte zu unterbinden:

- es werden nur Anleitungen befolgt und die Studierenden halten diese Vorgehensweise für die naturwissenschaftliche Arbeitsweise
- Praktikumsaktivitäten führen häufig zu Fehlvorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden
- es findet kaum eine Planung/Reflexion der Aktivitäten statt

Abseits der effektiven Gestaltung bzw. Auswahl der Experimente ist es von großer Wichtigkeit, vor allem komplexe Kapitel so aufzubereiten, dass es zu einer Deckung mit den Vorstellungen der Studierenden kommen kann. Im Rahmen der Diplomarbeit ist diesbezüglich auf die Aufbereitung des Themas Wärme und Wärmeenergie im Besonderen eingegangen worden.

2.5 Einsatz neuer Medien im Praktikum

Multimediales Lernen hält in den letzten Jahren immer stärker Einzug in eine gut strukturierte und lernerfreundliche Umgebung (Unterricht, Praktika). Dabei wird häufig über die Lerneffizienz dieses Ansatzes diskutiert. Um jedoch die Steigerung der Lernökonomie und der Motivation zu sichern, ist der Einsatz von diversen bzw. vielfältigen multimedialen Materialien zweckdienlich. Beim eLearning, einer besonderen Form des multimedialen Lernens, werden ausschließlich digitale Medien bzw. Lernmaterialien zur Wissensvermittlung eingesetzt.

Computer können zur Gestaltung interaktiver Lernumgebungen zur Präsentation und Visualisierung physikalischer Erscheinungen und Vorgänge, zur Organisation, als messtechnisches Hilfsmittel, zur Auswertung, zur Kommunikation und Kollaboration und auch als Ersatz eines Präsenz-Praktikums eingesetzt werden. Letzteres ist durch den Ersatz von Realexperimenten durch interaktive Bildschirmexperimente (IBE) oder die detaillierte „Verfilmung“ eines Experiments, von großer Bedeutung. Der exakte Ablauf von der Erstellung eines Drehbuches bis hin zur Verfilmung und der abschließenden Implementierung war eine Aufgabe der Diplomarbeit und wird in Kapitel 3 diskutiert.

Applets sind, genauso wie die Gestaltung und Implementation von IBEs und Videos, eine der zentralen Forderungen an multimediale Lernumgebungen. Diese damit erzielte Interaktivität, also die dynamische Vernetzung von Inhaltspräsentationen und die damit verbundenen Handlungsmöglichkeiten der Studierenden an der Schnittstelle zur Hard- bzw. Software, sind für die Lerneffizienz von hoher Wichtigkeit. Wie in Mikelskis (2005) beschrieben, können IBEs bzw. Applets

- unsichtbare Funktionen und Verhaltensweisen visualisieren
- kausale Zusammenhänge in komplexen Systemen veranschaulichen
- visuelle Analogien für abstrakte und symbolische Konzepte aufzeigen
- die Aufmerksamkeit auf relevante Details lenken

Experimente bzw. Applets zeigen dann eine nachhaltige Wirkung, wenn sie so eingebunden werden, dass sie Lernprozesse auf eine für die Studierenden nachvollziehbare Weise stützen.

Dazu sind einige Voraussetzungen seitens der Studierenden zu erfüllen (Mikelskis 2005). Die Studierenden

- kennen die Verfahren der Modellbildung und Simulation/Animationen als möglichen Weg zum Erkenntnisgewinn,
- können die Ansätze zur Modellbildung nachvollziehen bzw. einfache Modellierungen selbst vornehmen,
- können Simulationen/Animationen mit geeigneten Werkzeugen durchführen und
- können die Ergebnisse von Simulationen / Animationen im Kontext realer Prozesse evaluieren.

Die im Praktikum anwesenden Studierenden sollten diese Voraussetzungen bereits mitbringen da diese im Schulalltag altersgerecht aufgearbeitet worden sein sollten. Speziell der letzte Punkt entpuppt sich als hauptsächliche Voraussetzung. Bevor aber ein IBE oder Video tatsächlich eingesetzt bzw. implementiert werden kann, müssen diesbezüglich einige Überlegungen bezüglich Input- und Outputvariablen des Lernprozesses, getroffen werden (Kircher, Girwitz, Häußler 2001).

Inputvariablen:

- Lernvoraussetzungen der Lernenden (Kenntnisse und Fähigkeiten)
- Lernstil der Lernenden
- Motivation der Lernenden (Motiviert der Film zur geistigen Auseinandersetzung mit dem Inhalt?)

- Gestaltungseigenschaften des Lernobjektes (Informationsdichte - Wird wesentliches hervorgehoben und irrelevante Informationen ausgeblendet?; Gibt es Redundanzen und Hilfen, die dem Verständnis oder der Vertiefung dienen?)
- Intervention der Lehrenden
- Einflüsse der sozialen Kommunikation

Outputvariablen:

- Lernprozess
- Lernerfolg

Im Zuge der Diplomarbeit wird hier nur auf die Untersuchung des Lernerfolges mittels Evaluation genauer eingegangen. Grundvoraussetzung ist also, dass unterschiedliche Lernvoraussetzungen nicht hinderlich für den Lernprozess der Studierenden sein dürfen. Die im Folgenden vorgestellte Cognitive Theory of Multimedia Learning gibt Aufschluss über das Lernen mit multimedialen Elementen.

2.5.1 Cognitive Theory of Multimedia Learning

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer) basiert auf den in 2.1.2 beschriebenen kognitionspsychologischen Erkenntnissen, also wie Informationen im Gedächtnis verarbeitet werden. Hauptaugenmerk liegt dabei auf den externen Informationen, welche durch das eLearning vermittelt werden sollen. Es wird davon ausgegangen, dass es bei der Repräsentation von Wörtern zu einer anderen Gedächtnisverarbeitung als bei der Repräsentation von Bildern kommt. Man spricht hier von „dualer Kodierung“.

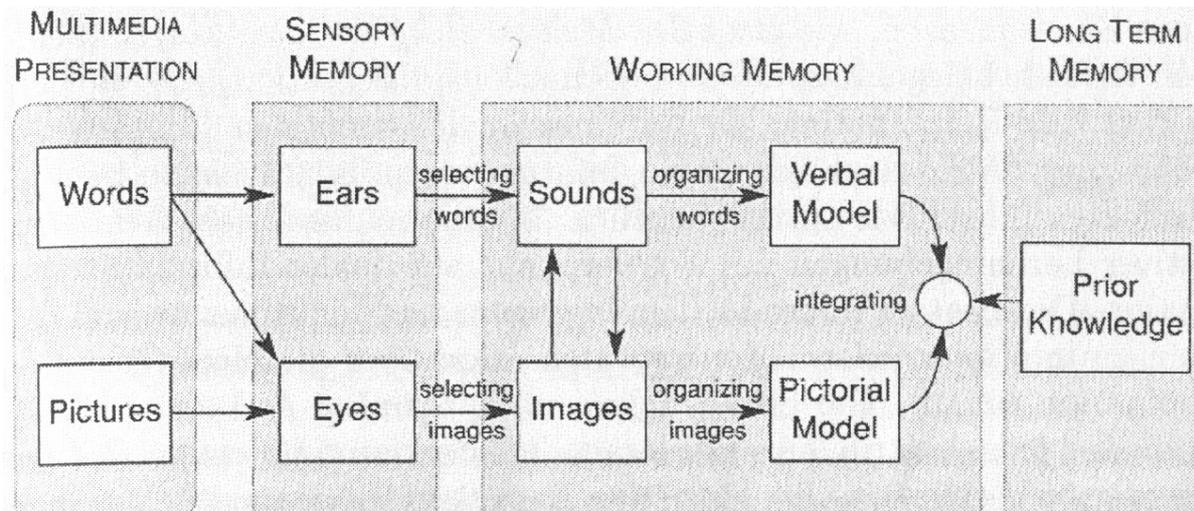


Abbildung 4: Cognitive Theory of Multimedia Learning (nach Mayer, 2001)

Abbildung 4 zeigt deutlich, dass diese unterschiedliche Verarbeitung die Lerneffizienz erhöht bzw. erhöhen kann, wenn beide Kodierungen (wörtlich und bildlich) gleichzeitig und im Zusammenhang geboten werden. Die Repräsentation der Inhalte / Informationen findet im Arbeitsgedächtnis und nicht im Langzeitgedächtnis statt. Dabei ist auf das begrenzte „Fassungsvermögen“ des Arbeitsgedächtnisses zu achten, welches in der Cognitive Load Theory beschrieben wird. Gemeinsam mit den gespeicherten Informationen aus dem Langzeitgedächtnis wird somit ein neues Verständnis für die Materie geformt. Umso besser sich diese Information mit den neu aufbereiteten und damit induzierten Infos decken, desto besser und lerneffizienter wird dieser Prozess sein.

2.5.2 Cognitive Load Theorie

Die Cognitive Load Theorie von Sweller, van Merriënboer & Paas (1998) ist die Annahme begrenzter Verarbeitungskapazität im Arbeitgedächtnis. Für einen erfolgreichen Lernprozess ist entscheidend, wie auf Seiten der Lernenden verfügbare Verarbeitungskapazität genutzt wird. Um dies beurteilen zu können, werden im Rahmen der Theorie drei unterschiedliche Quellen kognitiver Ressourcenanforderung unterschieden:

Intrinsic cognitive load

Das sind die zu lernenden Inhalte selbst. Sie stehen in engem Zusammenhang mit dem vorhandenen Vorwissen

Extraneous cognitive load

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

Germane cognitive load

Umfasst alle Prozesse der mentalen Repräsentation der zu lernenden Inhalte.

Diese drei Quellen kognitiver Belastungen wirken in Lernsituationen additiv zusammen, stehen jedoch nicht in direkt proportionaler Beziehung zur Effizienz des Lernprozesses. Der intrinsic load gilt als wenig beeinflussbare Variable. Ein hoher extraneous Load wirkt sich negativ auf die Lerneffektivität aus, wohingegen der germane Load positive Auswirkungen punkto Lerneffektivität zeigt.

Vor allem bei der Gestaltung einer Online-Einheit ist darauf zu achten, unnötige „dekorative“ Elemente zu vermeiden. Die so entstehende überladene eLearning Umgebung - also ein hoher extraneous Load - kann den Lernprozess massiv stören indem sie die Anforderungen an die Informationsverarbeitungskapazität der Studierenden zu hoch ansetzt. Die Umgebung sollte lernzentriert sein. Das bedeutet, dass nur solche Gestaltungsmerkmale lernfördernd sind, die in direktem Zusammenhang mit Prozessen des Wissenserwerbs stehen. Gestaltungsmerkmale die dekorativen Charakter haben sind hingegen lernhindernd.

Eine Ausweitung des Konzeptes des multimedialen Lernens auf eine gesamte „Einheit“, also die Möglichkeit der Studierenden, die Online-Einheit K ohne Lehrpersonal durchführen zu können, war das Ziel eines Teils der Diplomarbeit. Die Kombination von auditiven und visuellen Mitteln wurde bei der Gestaltung des Videos zur Brennwertbestimmung eines Mikrowellenfertiggerichtes und jenem der Bestimmung der Wärmekapazität von Wasser verwendet. Es müssen möglichst viele Elemente in die Vorbereitung eingebunden werden, die den Studierenden das Erfahren von selbstbestimmtem Lernen ermöglichen. Dies kann zu einer gesteigerten intrinsischen Motivation führen, welche in Kapitel 2.7 beschrieben wird.

Dabei wird ein hoher Grad an Anschaulichkeit erreicht. Dies gilt vor allem, wenn fotorealistische Darstellungen sinnvoll sind.

2.5.3 Der Einsatz eines Lehrfilmes im Praktikum

Um die Entwicklung bzw. Gestaltung der Lehrfilme für das Praktikum garantieren zu können, müssen einige Vorbereitungen getroffen werden, auf welche im Kapitel 3 näher eingegangen wird. Die nachstehenden Zeilen zeigen einige positive Eigenschaften bzw. Details von Lehrfilmen auf.

Neben einer guten Kameraposition bzw. Einstellung sind spezielle Ausdrucksmittel des Films, beispielsweise Zoomen sehr hilfreich. Auch das räumliche Empfinden ist im Allgemeinen deutlicher als beim statischen Bild, da es sich um bewegte Objekte handelt. Andererseits verlangt ein Film den Studierenden spezielle Verarbeitungsfähigkeiten ab. Daher ist auf eine überschaubare Szenenabfolge zu achten. Die Studierenden müssen in der Lage sein, dem Geschehen zu folgen. Weiters muss darauf geachtet werden, dass sämtliche Gegenstände entfernt werden, welche nicht direkt lernzielrelevant sind. Dies inkludiert beispielsweise Gegenstände im Hintergrund. Weiters sollte der Experimentator bei seinem Auftreten darauf achten, die verwendeten und für das Experiment nötigen Gegenstände nicht zu verdecken.

Bereits im Vorhinein sollten Hinweise auf wichtige Passagen erläutert werden. Hier ist das Ziel, die Aufmerksamkeit auf lernzielrelevante Informationen zu lenken. Dies ist hilfreich, damit die Studierenden auf vorhandene Wissensstrukturen zugreifen können. Beim Vorführen des Films bieten sich verschiedene methodische Varianten an (Mikelskis 2005):

- Der Film lässt sich ohne Unterbrechung vorzeigen oder durch Besprechungseinheiten in Etappen unterteilen
- Der Film wird einmal vorgeführt oder mehrmals gezeigt (Die Studierenden haben die Möglichkeit, sich den Film bzw. das Video so oft sie wollen anzusehen)

Folgende Maßnahmen dienen dazu, die Informationsdichte im Film an den Level der Studierenden anzupassen.

- Vorbereitende Erklärungen und Hinweise vorausschicken (Warum wird das Video jetzt gezeigt? Erläuterungen zum jeweiligen Experiment und dessen physikalischem Hintergrund)
- Auditive Elemente bzw. Sequenzen einbinden = duale Codierung. Eine Konsequenz aus der Cognitive Theory of Multimedia Learning
- Nebensächlichkeiten ausblenden - eine Konsequenz der Cognitive Load Theory

Im Nachhinein ist es wichtig, Hilfen für eine kognitive Weiterverarbeitung zu liefern, sowie eine dauerhafte Speicherung von Wissens-elementen zu erleichtern. Ein Ansatz ist, nochmals die Kernaussagen zusammenzufassen und in verschiedenen Ausdrucksweisen zu formulieren. Diese Information sollte Platz in der Nachbereitung finden, da den Studierenden während des Betrachtens des Filmes dazu meist zu wenig Zeit zur Verfügung steht.

2.6 Motivation der Lernenden

„Umgangssprachlich beschreibt Motivation den Antrieb, der erklärt, warum eine Person ihr Verhalten auf ein bestimmtes Ziel ausrichtet. Der Fokus liegt auf einer Wechselwirkung zwischen der Person und einer Situation. In der Psychologie versteht man unter Motivation „die aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand“ (Rheinberg 2004).

Nach Mikelskis (2005) sollte jedes Praktikum didaktisch legitimiert werden. Oft werden die Fragen nach dem Warum und Wozu gestellt und müssen vom Lehrenden argumentiert werden können. Sobald die Lernenden eine gewisse Sinnhaftigkeit in Ihrem Handeln erkennen, wird die (intrinsische) Motivation steigen.

„Aus pädagogisch-psychologischer Perspektive kann man annehmen, dass durch motivationale Aspekte die Aufmerksamkeit gesteuert und damit auch die Aufnahme von bestimmten Informationen sowie die Tiefe der Verarbeitung beeinflusst wird“ (Schiefele et al. 1993).

Es sind dabei Merkmale der Person wie Motive und Interessen auf der einen und Merkmale der Situation als potenzielle Anreize auf der anderen Seite, die miteinander in Wechselwirkung treten. Daraus resultiert dann die aktuelle Motivation, die zu einem zielgerichteten Handeln oder zum Lernen antreibt. Dieser Sachverhalt wird mittels Abbildung 5 nochmals verdeutlicht.

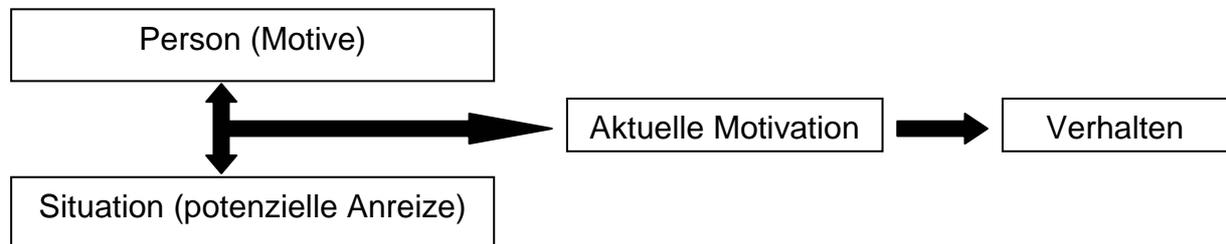


Abbildung 5: Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie (Rheinberg 2004).

Agrund des Aufbaus der Lernumgebung und der damit verbundenen Möglichkeit der selbständigen Durchführung der Praktikumseinheiten Flüssigkeiten F und Kalorimetrie K wurde die Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci und Ryan 1985) zur Beschreibung verwendet. Diese besagt, dass die angeborene Tendenz zur Befriedigung eben dieser Motivation von drei wesentlichen psychischen Grundbedürfnissen abhängig ist.

- Das Erleben von Autonomie und Selbstbestimmung,
- von Kompetenz bzw. Wirksamkeit und
- von sozialer Eingebundenheit.

Damit wird persönliche Entwicklung und psychisches Wohlbefinden erreicht. Inwiefern diese Grundbedürfnisse – im Rahmen der neuen Praktikumseinheiten – befriedigt werden können, wird im Zuge der begleitenden Evaluation erarbeitet. Die Motivation selbst lässt sich ausgehend von ihrer Entstehungsart als intrinsische oder extrinsische Motivation beschreiben.

Intrinsisch motivierte Verhaltensweisen können als interessensbestimmte Handlungen definiert werden, deren Aufrechterhaltung keine vom Handlungsgeschehen separierbare Konsequenzen erfordert, beispielsweise weder Drohungen noch Versprechungen. Intrinsische Motivation beinhaltet Neugierde, Explorations, Spontanität und Interesse an unmittelbaren Gegebenheiten der Umwelt. Um eine maximale intrinsische Motivation zu erreichen, muss ein Bezug - in diesem Fall ein alltags- und ernährungswissenschaftlicher - zum Hauptfach der Studierenden für selbige deutlich erkennbar gemacht werden.

Extrinsische Motivation wird dagegen in Verhaltensweisen sichtbar, die mit instrumenteller Absicht durchgeführt werden, um eine von der Handlung separierbare Konsequenz zu erlangen. Extrinsisch motivierte Verhaltensweisen treten in der Regel nicht spontan auf, sondern werden vielmehr durch Aufforderung in Gang gesetzt, deren Befolgung eine positive Bekräftigung erwarten lässt (Deci & Ryan, 1993). Extrinsische Motivation kann auch selbstbestimmt sein. Diese Verhaltensweisen können durch die Prozesse der Internalisation und Integration selbstbestimmend werden. Wie in Deci & Ryan (1993) beschrieben ist Internalisation der Prozess, durch den externe Werte in die internalen Regulationsprozesse einer Person übernommen werden. Integration ist der weitergehende Prozess, der die internalisierten Werte und Regulationsprinzipien dem individuellen Selbst eingliedert.

2.7 Zur Neugestaltung des Praktikums

All diese bis jetzt beschriebenen Punkte waren Basis für eine Neugestaltung des Praktikums. Dazu war ein hoher Grad an Entwicklungsarbeit nötig. Im alten Praktikum erhielten die Studierenden vorab ein A5-formatiges Heft welchem eine kurze Zusammenfassung der Versuche sowie die, für die jeweilige Praktikumseinheit nötige physikalische Information für die Zielgruppe didaktisch ungeeignet aufbereitet war.

Diese Entwicklungsarbeit war Teil der Diplomarbeit und wurde im Team durchgeführt. Ratgebend und helfend zur Seite standen dem Ausführenden diesbezüglich Kollegen, Professoren, Betreuer und für die Dauer von drei Wochen zwei Schüler, welche eine Praktikum absolvierten. Wie in Wolny (2010) beschrieben, wurde bei der Konzeption der Einheiten das konstruktivistische Praktikumsdesign nach Theyßen berücksichtigt. Es ist davon

auszugehen, dass physikalisches Wissen vor Beginn der Nachbereitung kaum vorhanden ist. Seitens der Studierenden ist nur das Handlungswissen, welches im Laufe des Praktikums angeeignet wird, abrufbar. Aufbauend auf diesem wird die Theorie dazu in der Nachbereitung erläutert. Dieser Theorieteil wurde in der Präsenz-Einheit Flüssigkeiten F als Nachbereitung für eine Reflexion zuhause eingebunden. Bei der Online-Einheit Kalorimetrie K hingegen wurde der Theorieteil jeweils als Begleitung bzw. Unterstützung für die darauffolgenden Experimente und zugehörigen Berechnungen implementiert.

Sämtliche oben genannten Aspekte galt es nun so gut wie möglich umzusetzen. Zuerst musste auf die organisatorischen Randbedingungen eingegangen werden. Sowohl am zeitlichen Umfang als auch an der Gruppengröße würde und sollte sich im „neuen“ Präsenz-Praktikum nichts ändern. Das Praktikum findet an 4 Tagen pro Woche (Mo – Do) als vierstündige Veranstaltung in Zweiergruppen statt (maximal 5 Gruppen). Jeder Gruppe stehen dabei die gleichen Materialien bzw. identische Versuchsplätze zur Verfügung. Pro Versuchstermin werden zwei Versuche zu verwandten Themengebieten (z. B.: „Bestimmung der Viskosität von Wasser“ und „Bestimmung der Oberflächenspannung von Wasser“ zum Themenkreis „Eigenschaften von Flüssigkeiten“) aufgearbeitet.

Nachdem der Inhalt des ernährungswissenschaftlichen Bezugs im Team abgestimmt war, ging es darum, den Text - wie in 2.1.2 beschrieben - möglichst studierendengerecht – den Vorstellungen der Studierenden entsprechend – zu verfassen. Primäres Ziel sowohl der Präsenz- als auch der Online-Einheiten lag auf der Möglichkeit der selbständigen Durchführung sämtlicher Experimente unter der Voraussetzung, dass die Studierenden wenig bzw. kein physikalisches Vorwissen mitbringen. Das hat allerdings zur Folge, dass das neue Arbeitsbuch die Studierenden in kleinen Schritten an das Experiment heranführt. Dies erlaubt den Studierenden aber keinen allzu großen Handlungsspielraum.

3 Entwicklung, Aufbau und Inhalte der Online-Einheit

K - Kalorimetrie

Die Gestaltung einer Online-Einheit beinhaltet neben der–mit dem Professorenteam– Festlegung der physikalischen einführenden Theorie ein exaktes Ausarbeitungs- /Durchführungs- Konzept zur Einbindung der Online Experimente. Der Beitrag des Autors bestand hauptsächlich in der Erstellung und Implementation des Videos zur Verbrennungskalorimetrie. Weiters wurde noch ein interaktives Bildschirmexperiment zur Wärmekalorimetrie entwickelt, wobei auch hier sämtliche Sequenzen mittels Videodatei ausgearbeitet wurden.

3.1 Aufbau der eLearning Umgebung

Die hier vorgestellte eLearning Umgebung ist ein vom „Look-and-Feel“ des zusätzlich entwickelten Texteditierungstools an das Physik–Wiki der Universität Wien angepasstes Programm in php–Script nach Vorlage des von Theyßen und Schumacher an der Universität Düsseldorf entwickelten Vorläufers. Studierende haben hierbei einen eigenen Account in dem sie unbeobachtet und eigenständig arbeiten können. Die Arbeitsschritte und Antworten, sowie die jeweiligen Bearbeitungszeiten werden von einer Datenbank gespeichert. Betreuern ist es möglich, die Antworten der Studierenden zu kommentieren und die Leistungen zu beurteilen. Die eLearnig Umgebung kann über die Website der Fakultät für Physik oder mittels Direkteingabe folgender URL: elearning.mat.univie.ac.at/physikwik. erreicht werden. Mit Klick auf den in der Navigationsleiste angeführten Link Online–Praktikum gelangt man zur Anmeldeseite. Um die diversen Themengebiete bei den Onlinepraktika aufrufen zu können gibt man den Benutzer: Demo und das Passwort: 12345 ein.

Die jeweilige Lerneinheit (z. B. K – Kalorimetrie; W – Wechselstrom;...) ist so aufgebaut, dass sich die wichtigsten physikalischen Informationen betreffend die aktuell aufgerufene Lerneinheit auf den „roten“ Seiten befinden, während Rechenbeispiele und der Lerneinheit nicht direkt zugehörige physikalische Inhalte sowie Experimente über sogenannte „blaue“ Seiten zu erreichen sind. Am Ende einer roten Seite ist es – wie in einem Buch – möglich, von

einer Seite auf die nächste bzw. die letzte Seite zu blättern. Dies hat den Vorteil, dass sich die Studierenden nur von Seite zu Seite vorarbeiten und dabei keine Seiten vergessen können.

Zu den blauen Seiten gelangt man mittels Link auf einer roten Seite. Es ist auch möglich, eine blaue Seite mit einer weiteren blauen Seite zu verlinken. Der Wechsel von einer blauen Seite zu einer roten Seite ist nur aufgrund eines Links „zurück“ am Ende der Seite möglich. Auf jeder Seite können Bilder, Applets, Videos und Links eingefügt werden. Begriffe, welche zum ersten Mal erwähnt werden, werden grün markiert und damit im Glossar gespeichert. Damit haben die Studierenden die Möglichkeit, sämtliche Begriffe am Ende der Praktikumseinheit noch mal aufzurufen und zu lernen. Die Definitionen können auch direkt mittels Mausclick aufgerufen werden.

3.2 Strukturierung der Online-Lernumgebung K - Kalorimetrie

Bei der Strukturierung der Online-Lernumgebung wurde darauf geachtet, die Studierenden so kleinschrittig und effizient wie möglich an das Lernziel heranzuführen. Das Arbeitsbuch beginnt analog zu jenem der Präsenz-Einheit F – auf welches in Kapitel 4 eingegangen wird - mit einer einleitenden motivierenden Seite. Hier wird den Studierenden die Wichtigkeit des Begriffs der Wärme und die Relevanz der zu behandelnden Themen vor Augen geführt. Der ernährungswissenschaftliche Bezug äußert sich hier eindeutig. Es werden Berechnungen zur Energieumwandlung im menschlichen Körper sowie chemisch-physikalische Prozesse behandelt. Die Lernumgebung wurde in vier Kapitel unterteilt. Diesbezügliche Details zur Online – Lernumgebung sind im Anhang abgebildet.

3.2.1 Energie und Formen von Energie

Bereits auf den ersten Seiten werden die Studierenden auf die Wichtigkeit klarer und eindeutiger Definitionen der physikalischen Begriffe (beispielsweise, dass die Einheit für die Energie das Joule ist) hingewiesen. Eine gelbe Umrandung soll physikalische Definitionen und Sätze nochmals verstärkt hervorheben. Weiters werden die im alltäglichen Leben auftretenden Erscheinungsformen von Energie (eine Auswahl) angeführt. Dabei wurde großer

Wert auf den Begriff der Energieumwandlung gelegt. Den Lernenden soll hier bewusst gemacht werden, dass Energie nicht vernichtet sondern nur umgewandelt werden kann. Auf den blauen Seiten befinden sich zwei Rechenbeispiele zum Thema Energieumwandlung. Dabei können die Studierenden einerseits den Grundumsatz eines Menschen und andererseits - auf freiwilliger Basis - den Energiegehalt eines Frühstückes berechnen.

Die an passenden Stellen eingebundenen Fragen müssen von den Studierenden bestmöglich beantwortet werden. Aus den daraus gewonnenen Informationen kann somit eine Bewertung der jeweiligen Studierenden erfolgen. Dabei wurde versucht, möglichst alltagsbezogene Fragen bzw. solche aus der Natur zu finden. Zur Unterstützung wurden bei komplexeren Fragen „Tipps“ eingebaut auf welche die Studierenden zurückgreifen können, sollten sie keine passende Antwort finden. Abbildung 6 zeigt diesen Sachverhalt anhand des oben erwähnten Beispiels zum Grundumsatz eines Menschen und der zugehörigen Fehlerabschätzung auf:

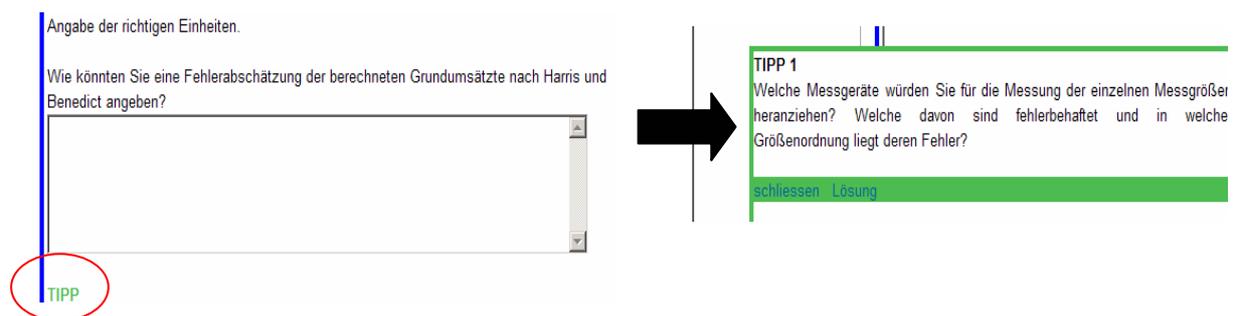


Abbildung 6: Fragen und zugehöriger Tipp zum Grundumsatz eines Menschen

3.2.2 Wärme und Wärmeenergie

Dieses Kapitel beginnt mit einer Wiederholung der zuvor gewonnenen Erkenntnis, dass bei jeder Energieumwandlung ein großer Teil an Wärmeenergie entsteht. Um die weiterführenden Kapitel bestmöglich absolvieren zu können, erfahren die Studierenden hier wichtiges über messbare Größen, wie die Temperatur sowie über die unterschiedlichen Wärmekapazitäten bestimmter Stoffe und deren Wärmeübertragung. Die folgende Frage erläutert den Unterschied zwischen Wärme (gemessen durch differenzempfindliche Temperatursensoren in der Haut) und Temperatur. Weiters verdeutlicht diese den „0-ten Hauptsatz der

Wärmelehre“: Wärme fließt solange vom wärmeren zum kälteren Körper, bis die Temperatur beider gleich ist (Metalltopf und Kochlöffel haben gleiche Temperatur).

„Sie gehen in die Küche und wollen Spaghetti kochen. Dazu nehmen Sie einen großen Metalltopf aus dem Kasten und einen Holzkochlöffel aus der Lade. Welches Objekt ist wärmer?“

Zur Unterstützung wird das Teilchenmodell herangezogen. Dazu wurde dazu eine Animation/Applet implementiert (siehe Abbildung 7; Quelle: <http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/tec/temperature.html>), anhand dessen den Studierenden der Zusammenhang zwischen mittlerer Geschwindigkeit der Teilchen eines Stoffes und dessen Temperatur aufgezeigt werden soll.

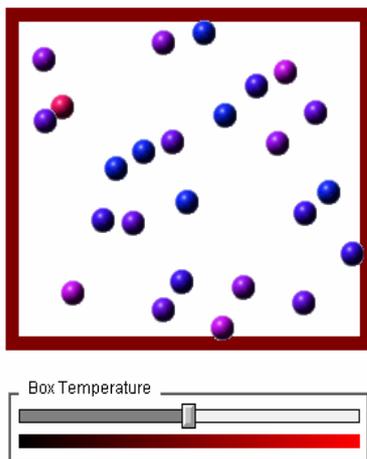


Abbildung 7: Applet zum Zusammenhang zwischen Temperatur und mittlerer Geschwindigkeit der Teilchen

Mithilfe des verschiebbaren Balkens zur Box Temperature kann die aktuelle Temperatur „reguliert“ werden. Befindet sich der Balken beispielsweise am rechten Skalenrand, bewegen sich die sich im inneren der Box befindlichen Teilchen im Mittel am schnellsten.

Auf einer weiteren roten Seite wird auf die verschiedenen Formen des Wärmetransportes (Wärmestrahlung, Wärmeströmung, Wärmeleitung) hingewiesen. Zum Abschluss dieses Unterkapitels und zur Auflockerung wurde ein kurzer Selbsttest zur Wärmeisolation eingebunden.

Der letzte Teil dieses Kapitels befasst sich detailliert mit der Wärmekapazität und dessen Stoff- und Mengenabhängigkeit. Um ein Gefühl für die Wärmekapazitäten diverser Stoffe zu bekommen, wurde eine Tabelle mit den jeweiligen spezifischen Wärmen eingebaut. Abschließend müssen die Studierenden das erste Online-Experiment durchführen. Die Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser mittels Wärmekalorimetrie. Davor werden der physikalische Hintergrund sowie die Aufgaben kurz und Schritt für Schritt erläutert. Bei dem Experiment selbst wird folgendes Messprinzip verwendet: Durch eine im Wasser befindliche Heizspirale - an einem Transformator angeschlossen - wird das Wasser erwärmt. Dabei wird die Heizleistung mit dem Temperaturanstieg verglichen und über $C = (P \cdot t) / (T - T_0)$ die Wärmekapazität von Wasser berechnet. Darin ist C die Wärmekapazität der Gesamtanordnung (wovon jene des Dewars abgezogen werden muss), t die Zeit, die für die Erwärmung des Wassers auf die Temperatur T benötigt wird und P die elektrische Leistung, welche über den Tauchsieder zugeführt wird. Weiters werden sämtliche im Experiment ersichtlichen Materialien genau beschrieben. Nachdem die Studierenden das Experiment selbstständig bewältigt und die nötigen Daten bzw. Informationen notiert haben, müssen sie Berechnungen zur spezifischen Wärmekapazität von Wasser und abschließend eine zugehörige Fehlerrechnung durchführen.

3.2.3 Verbrennungskalorimetrie

Hier werden die Studierenden eingangs über die Hauptaufgabe dieses Kapitels, der Bestimmung des Brennwertes eines Mikrowellenfertigerichtes, informiert. Die Studierenden müssen also, durch Messung der Temperaturerhöhung von Wasser bei Verbrennung einer Substanz, dessen Brennwert bestimmen. Die zugehörige Messmethode wird an dieser Stelle ausführlich beschrieben. Dabei wird die Verbrennung als chemische Reaktion, durch welche Wärme entsteht und gemessen werden kann, erläutert. Das Messprinzip, also die Verbrennungskalorimetrie mit dem Bombenkalorimeter, wird den Studierenden vorgestellt und im Zuge dessen auf den Zusammenhang mit dem Experiment zur Bestimmung der Wärmekapazität von Wasser verwiesen. Hier sollen die Studierenden erkennen, dass jeder physikalische Prozess mit einer Energieumwandlung verknüpft ist. Aus der Verbrennung folgt eine Temperaturerhöhung einer Substanz–hier Wasser–woraus folglich der Brennwert berechnet werden kann. Zur Berechnung müssen die Studierenden ihre gewonnenen

Messdaten in folgende Formel einsetzen und so ihr Ergebnis berechnen: $H = (C * \Delta T) / m$. Hier ist H der Brennwert der Substanz, C die Wärmekapazität der Gesamtanordnung, ΔT die Temperaturänderung sowie m die Netto-Masse des Presslings. Zur Veranschaulichung wird den Studierenden der Aufbau mit einer beschrifteten Skizze (Abbildung 8; Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kalorimetrie>) dargestellt.

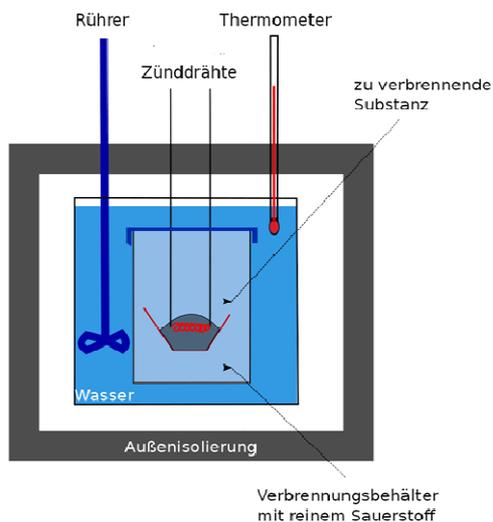


Abbildung 8: Schematischer Aufbau des Verbrennungskalorimeters

Um eine Probe verbrennen zu können, muss gewährleistet sein, dass die Substanz möglichst wenig Wasser enthält. Diesbezüglich wurde eine blaue Seite über die Gefriertrocknung, die damit zusammenhängende Sublimation und deren physikalisches Konzept eingebettet.

Auf der nächsten blauen Seite wird den Studierenden mit Hilfe eines Videos - exakte Erläuterungen zur Erstellung werden in 3.3.2 vorgestellt - die Herstellung eines Presslings gezeigt. Den Pressling kann man sich als eine Art Tablette vorstellen - eine unter hohem Druck komprimierte Substanz. Um für ein besseres Verständnis der einzelnen Arbeitsschritte im Video zu sorgen, wurde eine Kurzpassage mit diesbezüglichen Erläuterungen eingebunden und dabei auf wichtige Szenen, beispielsweise die Berechnung der Netto-Masse(n) des Presslings hingewiesen. Um diese Berechnungen konzentriert und ohne Zeitdruck durchführen zu können, wurden Screenshots der Videos, welche die Brutto-Massen und die Massen der Zünddrähte zeigen (siehe Abbildung 9), eingebunden. Die Berechnung der Netto-Massen erfolgt über implementierte Messtabellen (siehe Abbildung 10)

Zündspule	Pressling
 <p>Zündspulen-Masse Pressling Benzoessäure 1</p>	 <p>Brutto-Masse Pressling Benzoessäure 1</p>

Abbildung 9: Darstellung der Messergebnisse bzgl. Gewicht des Presslings sowie der Zündspule

Nr. Pressling/Zündspule	Masse Zündspule [g]	Brutto-Masse Pressling [g]	Netto-Masse Pressling [g]
Benzoessäure 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Lösung	Lösung	Lösung
Benzoessäure 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Lösung	Lösung	Lösung
Benzoessäure 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Lösung	Lösung	Lösung

Abbildung 10: Messtabelle zur Errechnung der Netto-Massen der Presslinge

Die weiterführenden roten Seiten befassen sich mit dem eigentlichen Experiment, wobei der didaktische Aufbau jenem der Herstellung eines Presslings entspricht. Auch hier wurden wichtige Ergebnisse zusätzlich zum Lehrvideo mittels Screenshots und Tabellen zur Berechnung eingebettet. Die Abbildung 11 zeigt die Temperaturänderung des Wassers nach Verbrennung der Probe.



Abbildung 11: Temperaturänderung nach Verbrennung der Probe

Zu guter Letzt gilt es, einen Vergleich der Messergebnisse mit dem Brennwert laut Verpackungsangabe herzustellen. Dazu wurde ein drittes Video - detailliert beschrieben in 3.3.2 - implementiert, welches den Wassergehalt des Lebensmittels explizit aufzeigt und die Studierenden somit den Brennwert einer gefriergetrockneten Probe mittels Tabelle errechnen können. Den Studierenden soll hier vor allem aufgezeigt werden, dass durch das Experiment die Angaben auf der Verpackung kontrolliert werden und nicht, dass die Qualität des Experimentes von den Angaben auf der Verpackung abhängig ist. Auf einer abschließenden roten Seite wird den Studierenden der Unterschied zwischen physikalischem und physiologischem Brennwert erläutert. Wobei bei letzterem der je nach Lebewesen unterschiedliche Brennwert der Verdauungsreste eine große Rolle spielt.

3.2.4 Kalorimetrische Bestimmung des Energieumsatzes einer Maus

Der letzte Teil der Online-Einheit K zeigt den Studierenden die gängigen Messmethoden zur Bestimmung des Energieumsatzes von Lebewesen auf. Die Studierenden müssen hier über die Temperaturerhöhung eines Metallrohres, in welchem sich eine Maus befindet, die Heizleistung dieser Maus bestimmen. Dabei wird nochmals wiederholt, dass sämtliche verwertbare Energie aus den zugeführten Lebensmitteln gezogen und in ATP, Fette und vor allem Wärme umgewandelt wird. Diese Temperaturerhöhung wird über einen Messkontakt erfasst und die Heizleistung der Maus über das in Abbildung 13 dargestellte Diagramm mithilfe der darin angeführten Formel $P = 79,3 * \Delta T - 38,2$ ermittelt. Das Messprinzip ist somit identisch mit jenem der beiden anderen Experimente. Hauptaugenmerk liegt hier auf der Unterscheidung der Begriffe direkte und indirekte Kalorimetrie, wobei der Energieumsatz bei letzterer über die Sauerstoffaufnahme bzw. Kohlendioxidabgabe berechnet wird. Diesem Sachverhalt wurde eine separate blaue Seite gewidmet.

Die Zersetzung der Lebensmittel im Körper erfolgt über den Sauerstoff. Dabei wird soviel Sauerstoff aufgenommen und in Kohlendioxid umgewandelt, wie für eben diese Zersetzung nötig ist. Dies wird durch den respiratorischen Koeffizienten beschrieben. Weiters wird das kalorische Äquivalent als Umrechnungsfaktor zwischen Sauerstoffverbrauch und Energieumsatz eingeführt. Um das gelernte Wissen zu festigen, wurde ein Rechenbeispiel zur Bestimmung des Grundumsatzes sowie den Energieverbrauch bei

Grundlagenausdauertraining – dem Leistungsumsatz - eines Menschen über den respiratorischen Koeffizienten und der mittleren Sauerstoffaufnahme auf einer weiteren blauen Seite eingebunden.

Auf der nächsten roten Seite wird den Studierenden der Versuchsaufbau zur Messung des Grundumsatzes erklärt. Der Temperaturanstieg wird wie in Abbildung 12 ersichtlich über ein Thermoelement bestimmt welches eine elektrische Spannung liefert, die von einem Data-Logger erfasst, digitalisiert und mittels PC-Software, gegen die Zeit aufgetragen, dargestellt wird.



Abbildung 12: Kupferrohr zur Messung des Grundumsatzes einer Maus

Um vom Temperaturanstieg des Kalorimeters auf die Heizleistung der Maus schließen zu können, muss den Studierenden aufgezeigt werden, welche Heizleistung zu welcher Temperaturerhöhung führt. Dazu wurde ein Diagramm (siehe Abbildung 13) eingebunden, welches die zur jeweiligen Heizleistung zugehörige Temperaturerhöhung angibt. Dieses Diagramm dient der Kalibrierung des verwendeten Kalorimeters. Sämtliche Daten wurden von der Universität Düsseldorf zur Verfügung gestellt. Dort wurde dieser Versuch mit echten Mäusen durchgeführt, wobei diese eine entsprechende Genehmigung dafür haben. Hier wird nur ein Film mit einem Beispielexperiment verwendet.

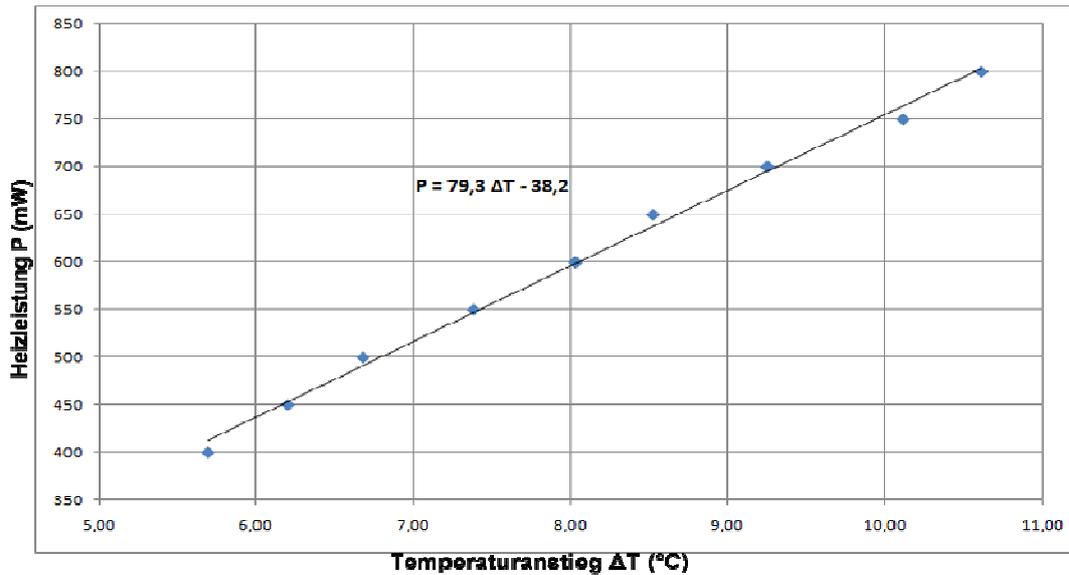


Abbildung 13: Heizleistung im Bezug zur Temperaturerhöhung im Kupferrohr - Kalorimeter

Während der Betrachtung des Videos sollen die Studierenden zwei Fragen beantworten:

- *Macht es für die Messung einen Unterschied, ob die Maus nahe dem Atemloch sitzt, oder nicht? Wenn ja, warum?*
- *Nach ungefähr welcher Zeit hat sich das Wärmeflussgleichgewicht (Wärmeabgabe der Maus an das Metallrohr vs. Wärmeabgabe des Metallrohres an die Umgebung) eingestellt? Wie groß ist dort der Temperaturunterschied?*

Bei der zugehörigen Fehlerrechnung wird explizit auf einen systematischen Fehler – der Atemvorgang der Maus - hingewiesen welcher unvermeidbar ist. Diese Komponente beinhaltet die Leistung zur Erwärmung sowie zur Verdampfung der Atemluft. Auch hier wird auf eine Verbindung mit dem Alltag in Form einer Frage zur Atmung im Freien an einem kalten Wintertag eingegangen. Abschließend sollen die Studierenden unter Zuhilfenahme einer Formel aus der Physiologie zur Berechnung des Grundumsatzes von Säugetieren den Grundumsatz der Maus bestimmen.

3.3 Entwicklung der Experimente

Im Folgenden wird auf die Entwicklung bzw. Gestaltung bei der Beschreibung des Kontextes bereits erwähnten Experimente genau eingegangen. Dies umfasst die Vorbereitung sowie die Planung und die Verfilmung unter Zuhilfenahme eines Drehbuchs.

3.3.1 Vorbereitungen

Es wurden zwei Experimente „gefilmt“, wobei eines davon – die Bestimmung der Wärmekapazität von Wasser - als IBE bezeichnet werden kann. Hier hat der Betrachter die Möglichkeit mittels Mausklick in das „Geschehen“ einzugreifen und den Ablauf des Experimentes zu steuern. Das Experiment zur Bestimmung des Brennwertes eines Mikrowellenfertigerichtes erwies sich als zu komplex, um als IBE implementiert zu werden. Hier haben die Studierenden nur die Möglichkeit, die Messung zu betrachten und Ergebnisse zu übernehmen um im Anschluss Berechnungen durchführen zu können. Das für den abschließenden Teil der Online-Einheit notwendige „Mausvideo“ (erstellt von der Heinrich – Heine Universität Düsseldorf im Rahmen einer Projektzusammenarbeit) wurde vertont und gekürzt implementiert. Die Universität Düsseldorf erhielt im Gegenzug das Video zur Brennwertbestimmung von der Universität Wien.

Ein grundsätzliches Unterscheidungsmerkmal der Online-Einheiten von den Präsenz-Einheiten ist, dass die „Nachbereitung und Vertiefung“ keine Nachbereitung in dem Sinne des Systems der Präsenz-Einheiten ist. Das physikalische Detailwissen wird hier jeweils kurz vor bzw. kurz nach dem zu bearbeitenden Kapitel gegeben bzw. beschrieben.

Wie oben beschrieben basiert der Inhalt des Textes auf den Vorstellungen der Studierenden und sollte somit möglichst „einfach“ gestaltet werden. Bei der Online-Einheit kann eine Intervention der Lehrenden kaum berücksichtigt werden. Deshalb sollte seitens der Lehrenden ein kontinuierliches Feedback eine fixe Rolle einnehmen.

3.3.2 Entwicklung des IBEs zur Messung der (spezifischen) Wärmekapazität von Wasser

Für die Entwicklung des IBEs musste ein Video gedreht werden. Die ersten diesbezüglichen Versuche wurden in den Praktikumsräumlichkeiten durchgeführt. Hauptaugenmerk lag dabei dem Ablauf der einzelnen Sequenzen. Beim Aufbau wurde auf größtmögliche Kompaktheit geachtet. Dies ermöglicht den Studierenden das gleichzeitige Ablesen von mehreren Werten und erfüllt somit auch die Voraussetzungen der Informationsverarbeitung, welche in der Cognitive Load Theory beschrieben wird. Wie in Abbildung 14 dargestellt wurde am rechten Bildrand eine Digitalwaage platziert. Hier war auf die Vermeidung diverser Lichtspiegelungen zu achten (diese würden ein Ablesen des Messwertes erschweren). Zur Verdeutlichung wurde bei der Verarbeitung in Flash, welche von der Technikerin des Praktikums (Fr. Ing. Marion Malleck) durchgeführt wurde, eine gezoomte Einstellung des Ablesebalkens (siehe Abbildung 15) eingebaut.

Hinter der Waage wurde ein mit destilliertem Wasser gefüllter Kanister mit aufgesetztem Hahn auf einer Laborhebebühne, in einer im Vorhinein festgelegten Höhe (siehe Abbildung 14), platziert. Links von der Laborhebebühne wurden - für Strom- bzw. Spannungsmessung - zwei Digitalmessgeräte positioniert. Diese wurden über einen Transformator an das Stromnetz gehängt und Strom- bzw. Spannungsrichtig mit einer Heizspirale verbunden. Damit die Heizspirale und der Temperaturfühler für die Studierenden sichtbar sind, wurden diese bereits vor Beginn des Experimentes in den Deckel des Dewar-Gefäßes (des „Dewars“) eingebaut und vorerst auf einem für das eigentliche Experiment nötigen Magnetrührer über ein Becherglas am linken Bildschirmrand positioniert. Die erforderlichen Verkabelungen durften die nötigen Sichtfelder des Experiments nicht verdecken.

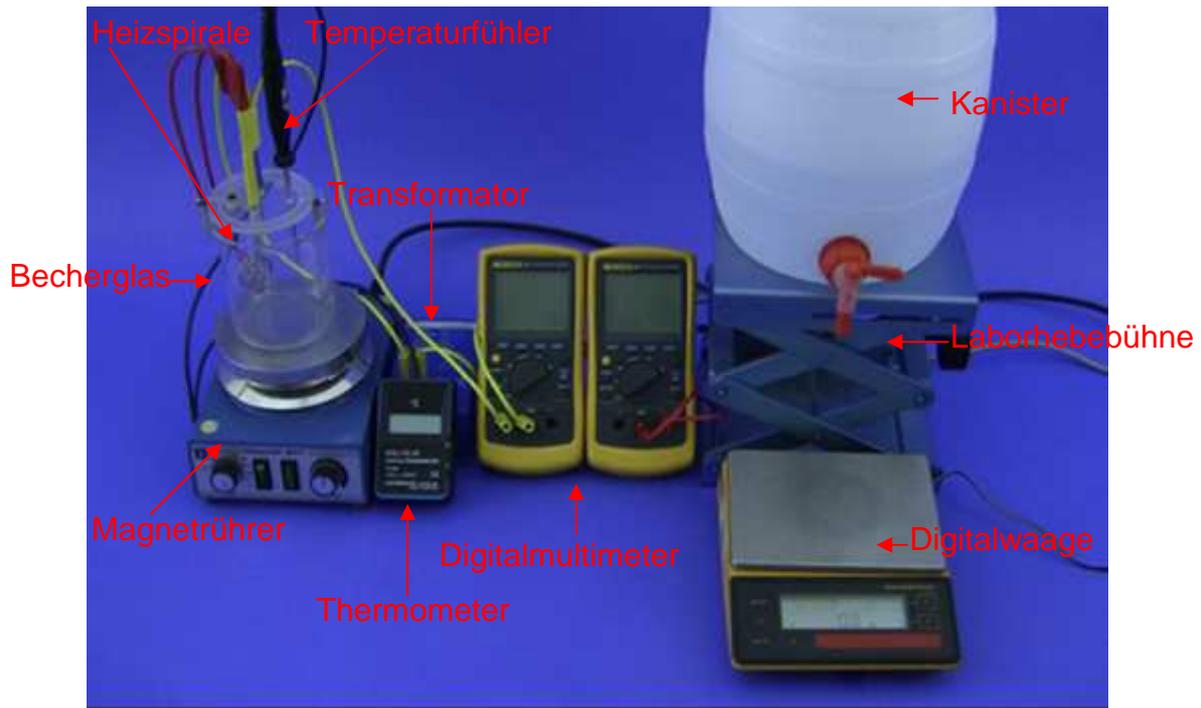


Abbildung 14: experimenteller Aufbau zur Bestimmung der Wärmekapazität von Wasser - Totale

Für die Erstellung des IBEs wurde das Experiment in zwei Teile zerlegt.

- Befüllung des Dewars mit Wasser
- Erwärmung des Wassers mittels Heizspirale

Im ersten Teil des IBEs wurde die Befüllung des Dewars mit Wasser in der Einstellung „Totale“ gefilmt. „Totale“ bedeutet im Folgenden, dass sämtliche für das Experiment nötigen Materialien im Bild zu erkennen bzw. zu sehen sind. Die in Abbildung 16 dargestellte Einstellung ist eine solche Totale. Bevor es an die filmischen Aufnahmen des ersten Teils gehen konnte, wurde ein „Drehbuch“ erstellt. In diesem wurde festgelegt, wann ein bestimmter Gegenstand wo positioniert werden musste. Um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, sämtliche Schritte verfolgen zu können, musste, speziell in Situationen in welchen Messerwerte abzulesen waren, auf eine passende Geschwindigkeit der Arbeitsabläufe geachtet werden.

Der Ablauf des ersten Teils wurde wie folgt festgelegt: Das Einbringen des Rührknochens in das Dewar. Das Positionieren des Dewars auf die Waage wurde als erster interaktiver Schritt eingebunden. Dazu müssen die Studierenden das Dewar mit dem Mauszeiger erfassen und in

Richtung der Waage ziehen. Im Anschluss startet der erste Teil des Videos. Dazu wurde der Rührknochen langsam von rechts in Richtung Dewar bewegt, dort kurz abgestoppt, um den Studierenden die Möglichkeit zu bieten, den Gegenstand zu erkennen, und dann in das Dewar eingebracht. Im nächsten Schritt wurde die Taste „Tara“ auf der Waage gedrückt. Der sich ergebende Wert von 0,0 g auf der Anzeige wurde nicht in der Einstellung „Zoom“ gefilmt, da dieser keine bedeutende Relevanz für die Messung hat. Unter „Zoom“ wird im Folgenden ein vergrößerter Ausschnitt der Totalen verstanden. Dabei haben die Studierenden die Möglichkeit, wichtige experimentelle Schritte im Detail zu beobachten. Der Wert ist aber auch in der Totalen erkennbar. Die abschließende Sequenz beinhaltet das Öffnen und Schließen des Wasserhahns und die dadurch eingeleitete Befüllung des Dewars (in Abbildung 15 gekennzeichnet) mit Wasser. Der Endwert der Wassermasse wurde in gezoomter Einstellung gefilmt und, aus Gründen der Erkennbarkeit, in das IBE unter die Waage eingebunden.

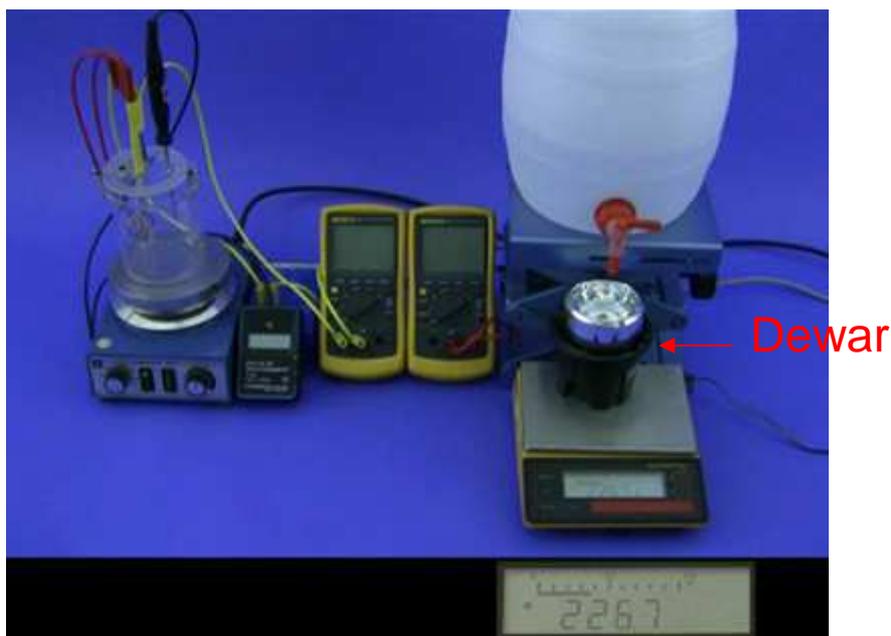


Abbildung 15: eingefüllte Wassermasse

Um die abschließenden Berechnungen durchführen zu können, muss dieser Wert von den Studierenden übernommen werden und somit für längere Zeit sichtbar sein. Der Zeitraum für diese Ablesungen wurde mit ca. 5 Sekunden festgelegt.

Um nun die eigentliche Messung starten zu können, müssen die Studierenden das Dewar mit der Maus von der Waage in Richtung Magnetrührer ziehen. Sobald sich also das Dewar auf

dem Magnetrührer befindet, kann durch einen Klick auf „Messung starten“ die Stromzufuhr aktiviert werden (siehe Abbildung 16). Bei der Verfilmung des Videos musste dazu ein Schalter betätigt werden. Auf den etwas unübersichtlichen Part der Anbringung des Deckels am Dewar sowie Montage der Kabel und Einführung des Temperaturfühlers in ein dafür vorgesehenes Loch im Deckel wurde aufgrund der Übersichtlichkeit sowie die in der Cognitive Load Theory beschriebenen allgemeinen Vermeidung von Überladung des IBEs verzichtet. Diese Arbeiten haben für das Verständnis des Experimentes keinerlei Bedeutung.

Nun müssen die Studierenden den Startwert der Temperatur sowie die Werte für Strom und Spannung in das Online – Arbeitsbuch übertragen. Der Temperaturwert muss jede Minute abgelesen und eingetragen werden. Strom und Spannung ändern sich kaum.



Abbildung 16: Ansicht vor Beginn der Messung

Die in Abbildung 16 von der Technikerin eingebundene Stoppuhr vereinfacht die Datensammlung für die abschließenden Berechnungen. Die gesamte Dauer des „Erwärmungsprozesses“ wurde mit 12 Minuten festgelegt. In Anlehnung an Realexperimente ist es dabei nicht möglich, den Prozess zwischendurch zu stoppen und zu einem späteren Zeitpunkt weiterlaufen zu lassen.

3.4 Vorbereitungen - Verbrennungskalorimetrie

Bevor ein Drehbuch für die exakte Durchführung bzw. das Handling in Bezug auf Totale und Zoom bei der Verfilmung erstellt wurde, war es wichtig sich mit dem Experiment vertraut zu machen. Die erste Kontaktaufnahme dazu fand bereits am Institut für Ernährungswissenschaften statt. Der Großteil der verwendeten Materialien wurde ebenfalls vom Institut für Ernährungswissenschaften bereitgestellt. Die weiterführenden Arbeiten wurden im IBE Labor der Arbeitsgruppe Experimentelle Grundausbildung der Physik durchgeführt. Dieser Raum ist mit einem speziellen Rollladen am einzigen Fenster (in Abbildung 17 hinter dem blauen Papier) versehen, welcher für absolute Abschirmung von Tageslicht sorgt. Weiters befindet sich dort ein sehr massiver Tisch aus Holz, welcher für ein nahezu schwingungsfreies Experimentieren sorgt (siehe Abbildung 17).



Abbildung 17: IBE Labor sowie Experimentiertisch

Dieser wurde so positioniert, dass zwischen Tisch und Fenster noch ausreichend Platz für die Bewegungsfreiheit des Experimentators vorhanden war. Um der Cognitive Load Theory gerecht zu werden, wurde ein Blue-Screen Hintergrund geschaffen. Das dafür verwendete Karton-Papier hat eine Breite von rund vier Metern und ist auf einer Rolle aufgewickelt. Ein Abschnitt wurde auf der Oberfläche des Tisches - mit jeweils einem Überstand nach hinten und nach vorne, um den gesamten Experimentierplatz abzudecken - und ein zweiter mit Hilfe von zwei Standbeinen, an welchen die Papierrolle festgemacht werden konnte, ausgelegt (siehe Abbildung 17).

Das für die Aufnahmen verwendete Licht lieferten drei spezielle schwenkbare Lampen mit Diffusor. Diese wurden so ausgerichtet, dass ausschließlich indirekte Beleuchtung des

Experiments gegeben war, damit so wenig Schatten wie möglich, welcher hauptsächlich vom Experimentator verursacht wurde, sichtbar wurde. Die Stromkabel sämtlicher Lampen wurden mit Klebeband am Boden fixiert. Somit waren optimale Voraussetzungen geschaffen. Die jeweiligen Videos wurden mit einer Digitalkamera im Videoformat HD-TV, welche an ein höhenverstellbares und schwenkbares Stativ aufgesetzt wurde, aufgenommen.

Die einzelnen Sequenzen wurden jeweils mindestens fünf mal aufgenommen, um bei der abschließenden Zusammenführung (schneiden) mehrere Optionen zur Verfügung zu haben. Die Bearbeitung der mit der Kamera erstellten Filmaufnahmen wurden in Adobe Premiere bearbeitet und in ein Flash Videoformat konvertiert. Dabei war darauf zu achten, dass die Datei-Größe einen Wert von 29,9MB nicht überschreitet, da die Einbindung des entsprechenden Videos in die Online-Lernumgebung größenbeschränkt auf 30MB ist. Dies geht natürlich einher mit einem Qualitätsverlust der Aufzeichnungen. Vor allem bei den Zoom-Sequenzen war großer Wert auf das manuelle Fokussieren zu legen, da es ansonsten ebenfalls zu massiven Qualitätsverlusten kommen kann.

3.4.1 Erstellung des Filmmaterials zur Verbrennungskalorimetrie

Das Experiment zur Verbrennungskalorimetrie musste – aufgrund der Übersichtlichkeit – in drei separate Teile zerlegt werden, wobei die angegebene Reihenfolge nicht mit der Reihenfolge der anschließenden Bearbeitung durch die Studierenden übereinstimmt:

- Brennwert des Lebensmittels laut Packungsangabe.
Der erste Teil zeigt das zu untersuchende Mikrowellenfertiggericht, nimmt Bezug auf den Wassergehalt des Lebensmittels und zeigt dessen Brennwert auf (in kJ und kcal).
- Herstellung eines Presslings
Der zweite Teil befasst sich mit der Herstellung eines Presslings – also sozusagen der Vorbereitung bzw. der Erstellung eines für die abschließende Messung notwendigen Materials, dem Pressling.

- Bestimmung des Brennwertes des Mikrowellenfertiggerichtes „Hühnerfleisch süß-sauer“

Der dritte und letzte Teil zeigt das eigentliche Experiment.

Bevor es an die filmische Aufzeichnung des Experiments gehen konnte, wurde ein Drehbuch verfasst. Der hauptsächliche Aspekt lag dabei auf der detaillierten Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte. Es wurde im Vorhinein festgelegt, welche Materialien wo auf dem Experimentiertisch zu positionieren sind, um dem Betrachter so wenig Anhaltspunkte/Materialien wie möglich zu verdecken. Dadurch war es auch einfacher, den Übergang von der Totalen in die Einstellung Zoom flüssiger und authentischer zu gestalten. Anhaltspunkt war also immer die Totale.

In einem ersten Filmversuch waren nur der Praktikant und der Experimentator im Fotolabor. Es stellte sich heraus, dass für eine professionelle Aufnahme mehrere Personen involviert werden mussten. Ein Kameramann, ein Beobachter, welcher auf die Lichtverhältnisse zu achten hat, ein Beobachter, welcher die einzelnen Handgriffe und Übergänge (Totale – Zoom) exakt protokolliert, und ein Experimentator. Nachdem bei den Proben die einzelnen Arbeitsschritte bereits verinnerlicht wurden - die ersten Versuche fanden im Juli 2009 statt und erstreckten sich bis einschließlich Oktober 2009 - war die Einbeziehung bzw. Verwendung eines Drehbuches bei der Verfilmung der Endversion nicht mehr notwendig. Die folgenden Kapitel zeigen Screenshots der finalen Version sämtlicher Videos.

Die Videos wurden nach Fertigstellung der jeweiligen Endversion vertont. Bei der diesbezüglichen Textgestaltung wurde darauf geachtet, den Inhalt so einfach und kurz wie möglich zu verfassen. Im folgenden Kapitel wird – falls vorhanden – der zugehörige Text bei der jeweiligen Sequenz ergänzend angeführt und kursiv dargestellt. Um sich ein exaktes Bild der Videos und deren zugehörige Vertonung machen zu können, wurden die Texte bei der Beschreibung der einzelnen Schritte eingebunden.

Teil 1 – Das Mikrowellenfertiggericht

Im ersten Teil des Videos wird den Studierenden der Wassergehalt des Mikrowellenfertiggerichtes deutlich gemacht. Dazu wurde neben die Verpackung ein Glas mit der Menge an Wasser, welche sich in dem Lebensmittel befindet, positioniert (siehe

Abbildung 18). Somit wird den Studierenden einsichtig, dass der Großteil des angegebenen Gewichtes Wasser ist.



Abbildung 18: Wassergehalt des Mikrowellenfertiggerichtes

Die Sequenz wurde - von Beginn an - folgendermaßen vertont:

Heute sollen Sie den Brennwert einer typischen Studentenmahlzeit untersuchen: Ein Mikrowellenfertiggericht. Bevor man das jedoch verbrennen kann, muss das Wasser raus. Das geht mittels Gefriertrocknung. In der 350g-Packung befanden sich ungefähr 270 Gramm Wasser. Erst nach Beendigung dieses Textes wird das Glas mit Wasser neben das Mikrowellenfertiggericht abgestellt. Dieses soll den Studierenden die Menge an Wasser, welche dem Mikrowellenfertiggericht entzogen wurde, verdeutlichen.

Auf der Rückseite der Verpackung erfahren die Studierenden genaues über die Gesamtmasse und den Gesamtenergiegehalt. Um diese Werte ablesen zu können, wurde die Rückseite in gezoomter Einstellung gefilmt und zusätzlich mit folgendem Text auditiv unterstützt:

Der Rest besteht aus Eiweiß, Fetten und Kohlehydraten – wie hinten auf der Packung beschrieben steht. Hier können sie nachsehen, ob der angegebene Wert, im Rahmen der Messgenauigkeit, stimmt.

Teil 2 – Herstellung eines Presslings

Der zweite Teil des Videos befasst sich mit der Herstellung eines Presslings - für die Verbrennung im eigentlichen Experiment notwendig. Bei sämtlichen Sequenzen wurde dabei ein Benzoesäurepressling verwendet, da der Ablauf des Experiments unabhängig von der Art der Probe ist. Bei diesem Teil wurde wieder zuerst eine Totale und jene Sequenzen, welche schwer zu erkennen waren, in gezoomter Einstellung gefilmt. Um den Studierenden eine Vorstellung von einem Pressling und dessen Größe zu verschaffen, wurde dieser am Beginn des Videos in Verbindung mit einem Lineal eingeblendet (siehe Abbildung 19). Das Lineal ist

für den Experimentator notwendig, um die passende Drahtlänge von ca. 8 cm abschneiden zu können. Diese erste Sequenz wurde folgendermaßen vertont: *Im folgenden Versuch wird ein Pressling hergestellt. Der sieht so aus.*



Abbildung 19: fertiger Pressling

Die komplette Herstellung des für die im dritten Teil nötigen Zündung wurde in gezoomter Einstellung gefilmt, da die Studierenden ansonsten keine Möglichkeit haben, dem Geschehen zu folgen. Um in Einklang mit der Totalen zu sein, musste darauf geachtet werden, dass sich die Zünddrahtrolle nach dem Abschneiden des Drahtes am rechten Rand (Die Zünddrahtrolle ist in Abbildung 20c rot markiert) des Lineals befindet. Auch die Schere sowie die für das Wickeln der Zündspule notwendige Stange musste nach rechts abgelegt werden. Die Sequenz zu Abbildung 20a wurde folgendermaßen vertont:

Bevor also mit der Messung begonnen werden kann, muss die gefriergetrocknete Probe in eine geeignete Form gebracht werden. Im ersten Schritt wird von einer Drahtrolle ein ca. 8cm langes Stück abgeschnitten.

Abbildung 20b wurde folgendermaßen vertont: *Im Anschluss wird in der Mitte des Drahtstückes eine Art Zündspule gewickelt. Dazu umwickelt man mehrmals eine dünne Eisenstange.*

Abbildung 20d zeigt die fertig gewickelte Zündspule. Zugehörige Vertonung: *Die fertige Zündspule sieht so aus.*

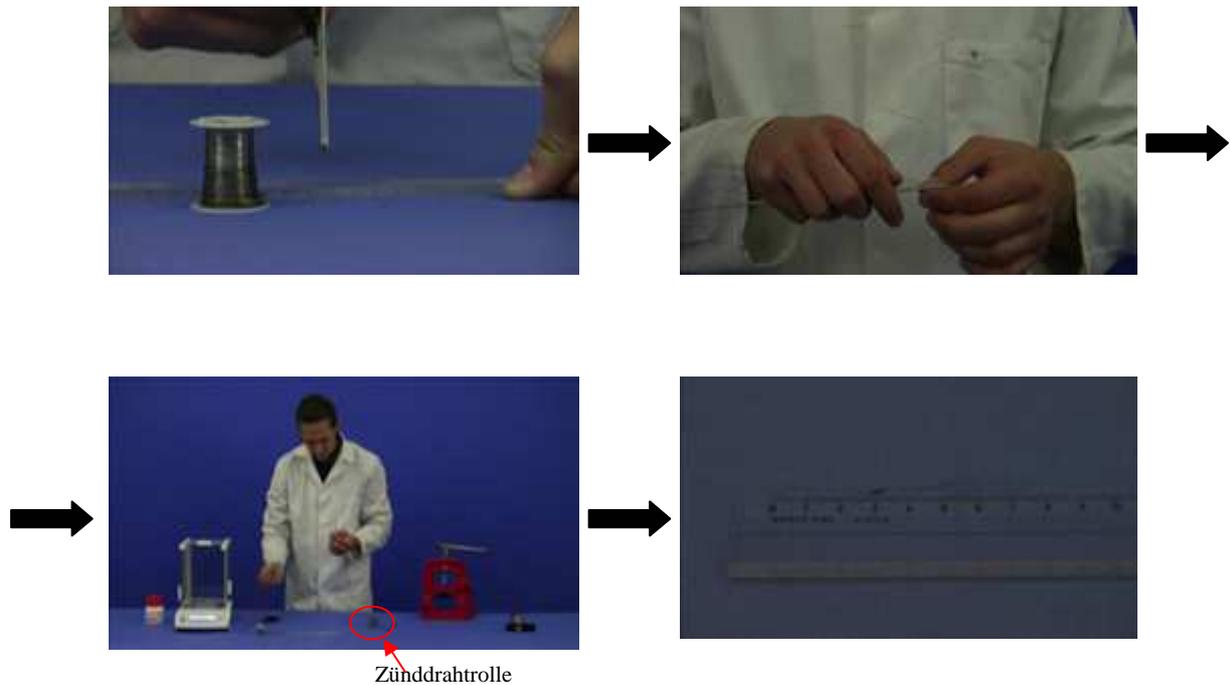


Abbildung 20: Herstellung des Zünddrahtes sowie die Verknüpfung Totale – Zoom

Bei der Verbrennung des Presslings im dritten Teil des Videos muss natürlich die Masse des Zünddrahtes abgezogen werden, da diese nicht verbrannt werden kann. Somit musste im nächsten Schritt die Masse des Drahtes bestimmt werden. Zugehörige Vertonung der in Abbildung 21a und 21b dargestellten Sequenzen: *Diese wird nun abgewogen, denn man muss ja schließlich später die Nettomasse der Probesubstanz berechnen. Und da ist die Zündspule natürlich nicht dabei.*

Da das Abwiegen wieder in der gezoomten Variante von statten ging, musste wieder auf einen flüssigen Übergang geachtet werden. In diesem Fall musste also die linke Hand des Experimentators von rechts ins Bild kommen. Auf der Waage befand sich ein Wiegeschiffchen, worauf der Draht gelegt und im Zuge dessen abgewogen wurde.

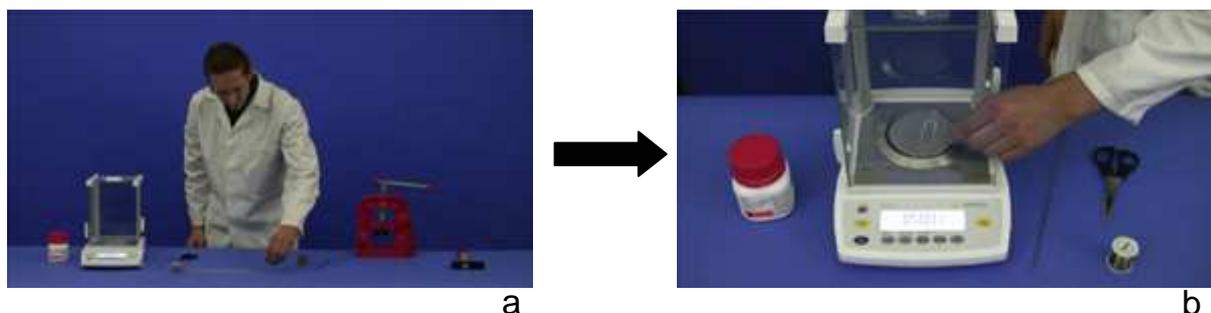


Abbildung 21: Abwiegen des Zünddrahtes

Um den Studierenden die Berechnung der Nettomasse (Masse des Presslings abzüglich Drahtmasse) zu vereinfachen, wurde, wie in Abbildung 10 erklärt und erwähnt, im Online - Arbeitsbuch eine Gegenüberstellung von Pressling und zugehöriger Drahtmasse eingebunden.

In der nächsten Sequenz wurde die Einwaage von ca. 300g der zu untersuchenden Substanz aufgenommen. Dazu musste der Becher mit Benzoesäure vom linken Bildschirmrand 22a) weggenommen, aufgeschraubt und der Deckel wieder zurückgelegt werden. Die Vertonung dieser Sequenz beginnt mit dem Aufnehmen des Benzoesäurebehälters: *Das Verbrennungskalomimeter muss zuerst geeicht werden. Dazu verwendet man Benzoesäure. Davon kennt man den Brennwert.* Das für die Befüllung notwendige Schaufelchen musste mit der linken Hand aufgenommen werden und damit vom rechten Bildschirmrand kommend (siehe Abbildung 22b) die Benzoesäure in das Wiegeschiffchen eingefüllt werden (Übergang Totale – Zoom). Dazu wurde folgender Text eingebunden: *Jetzt befüllt man ein Wiegeschiffchen mit ca. 300 mg dieser Substanz. Die exakte Masse ist vorerst nicht von Bedeutung, denn es wird noch einiges abbröseln.*

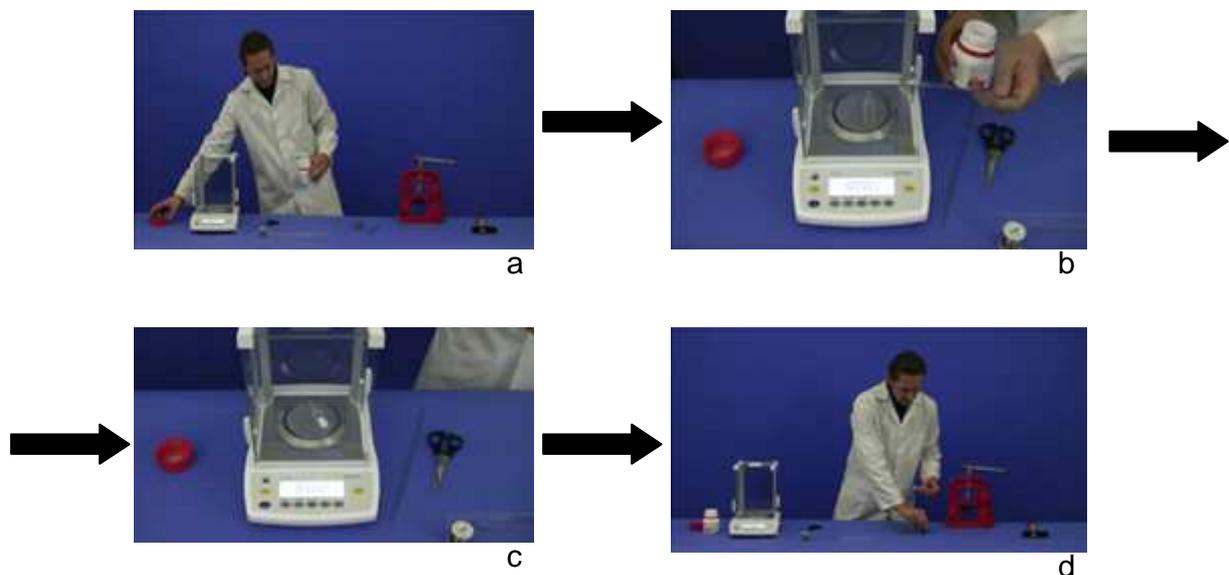


Abbildung 22: Befüllung und Abwaage des Wiegeschiffchens mit Benzoesäure

Das Endgewicht der eingewogenen Benzoesäure konnte nun direkt abgelesen werden und das befüllte Wiegeschiffchen musste rechts neben dem Messzylinder abgelegt werden, da im Anschluss eine gezoomte Sequenz der Befüllung des Messzylinders mit der Benzoesäure gedreht wurde. Eingeleitet wurde diese Sequenz mit folgendem Text: *Die eingewogene Referenzprobe wird nun mit Hilfe einer kleinen Schaufel in die Pillenpresse gefüllt.* Wie oben

bereits erwähnt, musste sich dazu auch das Schaufelchen in nächster Umgebung des Wiegeschiffchens befinden. Das Wiegeschiffchen wurde in der linken Hand gehalten, während in der rechten Hand das Schaufelchen als Hilfswerkzeug zur Befüllung des Messzylinders verwendet wurde (siehe Abbildung 23a). Nun wurde ca. die Hälfte der Masse in den Messzylinder gefüllt und folgender Text eingebunden: *Sobald die Pillenpresse halb voll ist, kommt die Zündspule dazu.* Im Anschluss wurde der Draht, welcher sich in greifbarer Nähe (beim Lineal) befinden musste, eingelegt (siehe Abbildung 23b) und zu guter letzt die restliche Masse eingefüllt (siehe Abbildung 23c).

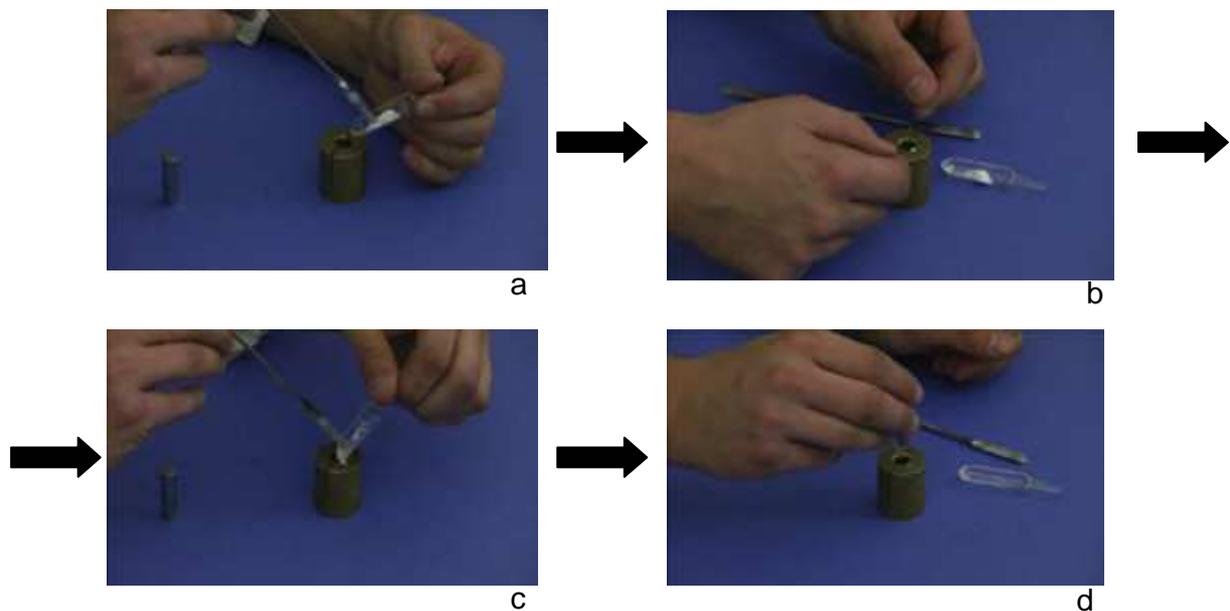


Abbildung 23: Befüllung des Messzylinders samt Einbringung des Zünddrahtes und Aufsetzen des Pressstempels

Spatel und Wiegeschiffchen mussten wiederrum auf die für sie vorgesehenen Plätze zurückgelegt werden - wieder aufgrund eines flüssigen und authentischen Überganges Zoom – Totale. Im Anschluss wurde der sich im linken unteren Bereich der Abbildung 23c befindliche Pressstempel in den Messzylinder gesetzt (siehe Abbildung 23d) und von folgendermaßen vertont: *Danach setzt man den Stempel ein.* Nun musste der Presszylinder samt eingewogener Benzoesäure, Zünddraht und Pressstempel in die Presse gestellt werden (siehe Abbildung 24a). Dazu wurde wieder auf die Totale gewechselt und folgender Text eingebunden: *In einem Schraubstock entsteht unter Druck der Pressling.*

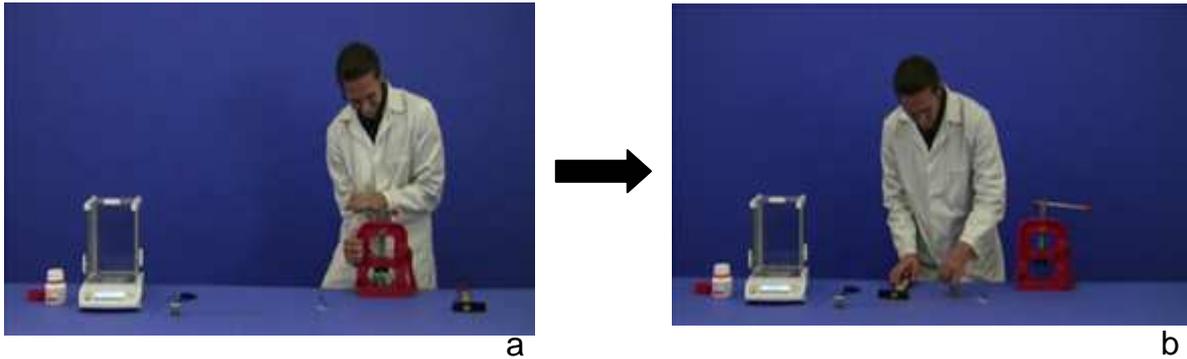


Abbildung 24: Herstellung des Presslings aus der Benzoesäure unter Zuhilfenahme einer Presse

Nach Beendigung des Pressvorganges musste der Hammer vom rechten Bildschirmrand (siehe Abbildung 25a) in die Bildschirmmitte (siehe Abbildung 25b) gebracht werden. Mit der linken Hand musste der Pressstempel aus dem Presszylinder genommen, der Presszylinder um 180° gedreht werden und der Stempel auf der Rückseite des Zylinders aufgesetzt werden. Somit konnte der Hammer mit der rechten Hand aufgenommen und der Pressling aus dem Zylinder herausgeschlagen werden. Dieser Sequenz wurde folgendermaßen vertont: *Diesen klopft man mit einem Hammer vorsichtig aus dem Presszylinder.*

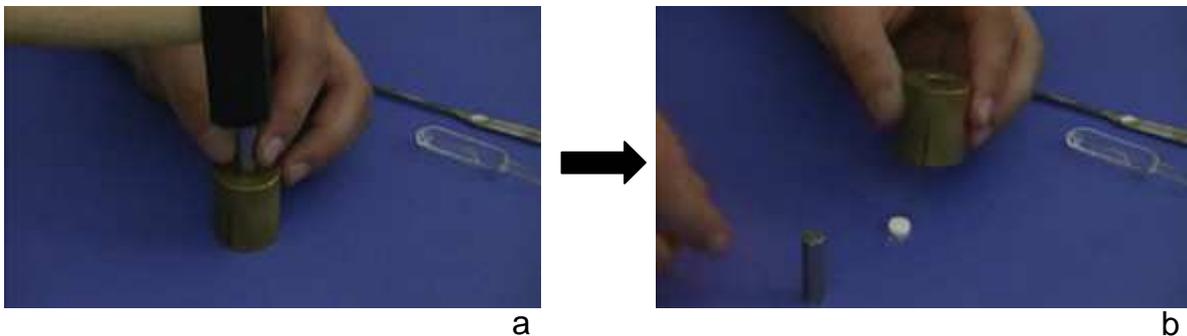


Abbildung 25: Herausklappen des Presslings

Der so entstandene Pressling wurde nun, wie in Abbildung 19 ersichtlich, vor das Lineal gelegt, um dessen Größe und Form zu präsentieren. Dabei wurde noch folgender Text unterstützend eingebunden: *Der Pressling hat einen Durchmesser von ca. 1cm.* Damit den Studierenden die Möglichkeit geboten wird, die Netto-Masse der Substanz bestimmen zu können, musste in der letzten Sequenz nur noch der Pressling abgewogen werden (siehe Abbildung 26b). Dazu wurde der Pressling mit der linken Hand aus dem rechten Bildschirmrand kommend in die Waage eingelegt (siehe Abbildung 26a). Diese Sequenz wurde wieder in der zoomten Variante abgedreht und dazu folgender Text eingebaut: *Im nächsten Schritt wird dessen Brutto-Masse bestimmt.*

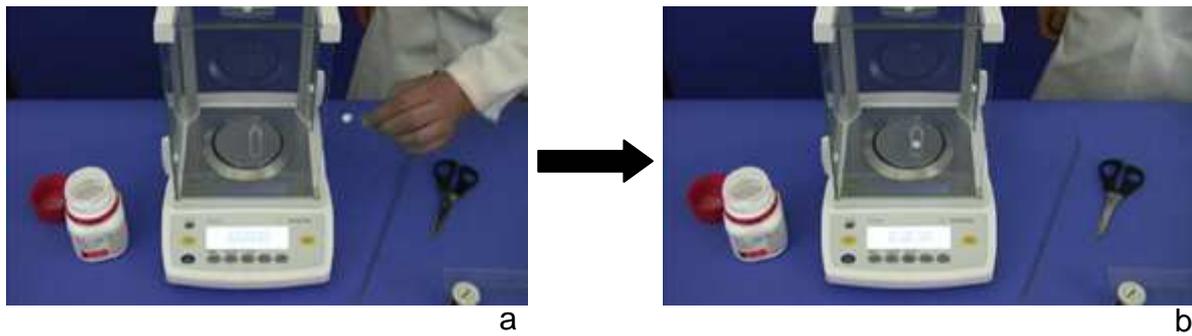


Abbildung 26: Abwaage des Presslings

Teil 3 – Messung des Brennwertes des Mikrowellenfertiggerichtes

Der letzte Teil des Videos befasste sich mit der Bestimmung des Brennwertes eines Mikrowellenfertiggerichtes. Den Aufbau zeigt das folgende Bild samt Detailbeschreibung.



Abbildung 27: Experimentieraufbau samt Beschreibung der einzelnen Geräte

Wie bei den zuvor dargestellten Teilen des Videos wurde zuerst eine Totale aufgenommen, auf welche die gezoomten Einstellungen abzustimmen waren. Die erste Sequenz wurde in der gezoomten Variante eingebunden. Dazu wurden die Einzelteile (Bombenbehälter, Deckel samt Elektroden und aufgesetztem Ventil, Dichtungsring mit Schraubverschluss) der zerlegten Kalorimeterbombe sowie der Pressling und ein Stück Schleifpapier gefilmt. Da die gesamte Sequenz in einer gezoomten Variante aufgenommen wurde, spielte es (ab Abbildung 28b) keine Rolle, welche Hand für welche Tätigkeit eingesetzt wurde. Die unten angeführten

Bilder zeigen die einzelnen Arbeitsschritte. Im Anschluss an die Säuberung der Elektroden musste der Pressling in die Elektroden eingesetzt werden (siehe Abbildung 28c).

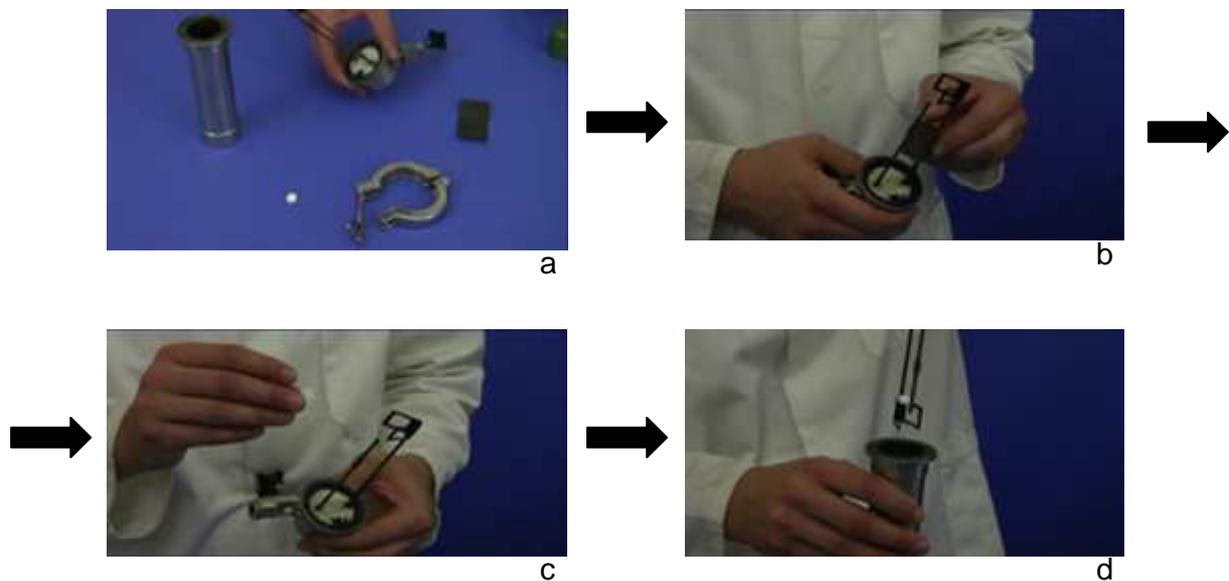


Abbildung 28: Reinigung der Elektroden sowie Einbringen des Presslings in die Kalorimeterbombe

Abbildung 28a zeigt, dass der Bombendeckel mit der rechten Hand aufgenommen wurde und sich dieser somit beim Übergang zur nächsten zoomten Sequenz ebenfalls in dieser Hand befinden musste. In Abbildung 28b werden die Elektroden von eventuellen Verbrennungsrückständen der letzten Messungen gesäubert. Zusätzlich wurde folgender Text implementiert: *Die Elektroden müssen von Verbrennungsrückständen gesäubert werden. Dazu wird ein feinkörniges Schleifpapier verwendet.* Abbildung 28c zeigt, dass die Drahtenden des Presslings in die an den Elektroden befindlichen Löcher eingefädelt werden müssen. Dieser Arbeitsschritt wurde folgendermaßen beschrieben: *Jetzt montiert man den Pressling. Die Drahtenden müssen unbedingt in Kontakt mit den Elektroden stehen, da es sonst im Anschluss zu keiner Zündung kommen kann.* Abbildung 28d zeigt den befestigten Pressling sowie das Zusammenführen des Deckels und des Behälters. Folgender Text wurde hilfstellend eingebaut: *Jetzt wird der Deckel mitsamt der Probe in den Druckbehälter eingesetzt.*

Zwischendurch wurde eine kurze Sequenz in der Totalen eingefügt (siehe Abbildung 29a und 29b), um den Studierenden den gesamten Aufbau nochmals aufzuzeigen. Abbildung 29c zeigt - wieder im Zoom - wie die Dichtung an das Bombenkalorimeter anzubringen war.

Zugehörige Vertonung: *Mittels Spannring verbindet man den Druckbehälter und Deckel zu einer Einheit. Diese bezeichnet man als Bombe. Sie muss luftdicht verschlossen werden.*

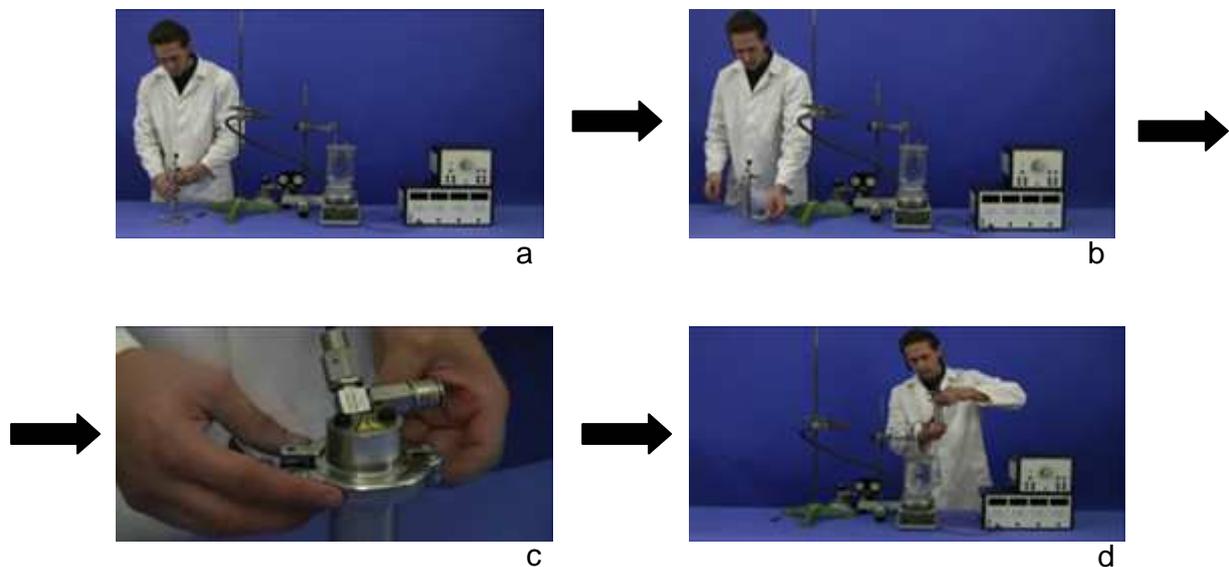


Abbildung 29: Abdichtung der Kalorimeterbombe sowie Einbringung der Bombe in das Dewar

Nach Abdichtung der Bombe wurde wieder auf die Totale gewechselt (siehe Abbildung 29d). Diese Abbildung zeigt auch das Einbringen des Kalorimeters in das Dewar. Zugehörige Vertonung: *Nun wird die Bombe in das mit Wasser befüllte Kalorimeter getaucht. Das Kalorimeter selbst befindet sich auf einem Magnetrührer. Der zugehörige Rührknochen befindet sich im Kalorimeter und sorgt für eine ständige Wasserströmung. So kann sich später die Wärme schön gleichmäßig im Wasser verteilen.*

Die Montage des Schlauches der Sauerstoffflasche am Kalorimeter wird in Abbildung 30a und 30b aufgezeigt. Um diesen Prozess genau verfolgen zu können, wurde hier wieder in gezoomter Einstellung gedreht und ein begleitender Text inkludiert: *Jetzt wird die Bombe mit Sauerstoff gefüllt. Dabei war auch besser zu erkennen, dass das Ventil – welches sich zu Beginn in geöffneter Position befunden hatte – zuge dreht wurde.*

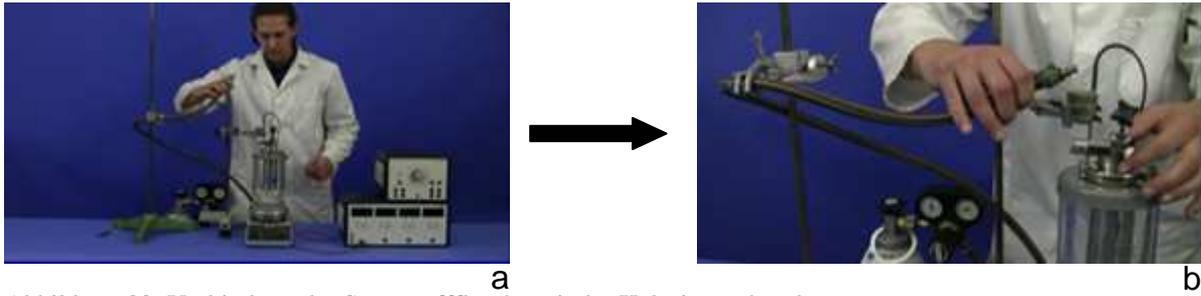


Abbildung 30: Verbindung der Sauerstoffflasche mit der Kalorimeterbombe

Davor musste der Sauerstoff eingelassen werden. Im Anschluss konnte das Ventil auf dem Kalorimeterdeckel wieder verschlossen und die Sauerstoffzufuhr abgestellt werden (zudrehen des Verschlusses der Sauerstoffflasche – siehe Abbildung 31). Vertonung: *Die Ventile werden geschlossen.*



Abbildung 31: Verschließen der Sauerstoffflasche

Der Schlauch wurde wieder vom Kalorimeter genommen. Vertonung: *Und der Druckschlauch entfernt. In der Bombe herrscht jetzt ein Druck von 10 Bar.* Nun galt es, die Elektroden des Kalorimeters mit dem Stelltransformator zu verbinden. Die Befestigung der Kabel wurde wieder in gezoomter Variante gedreht und folgendermaßen vertont: *Mittels Kabel wird die Kalorimeterbombe an ein Netzgerät mit 15V Spannung angeschlossen.*

Wie auf der Abbildung 32 zu erkennen ist, war hier wieder auf einen flüssigen Übergang zu achten.

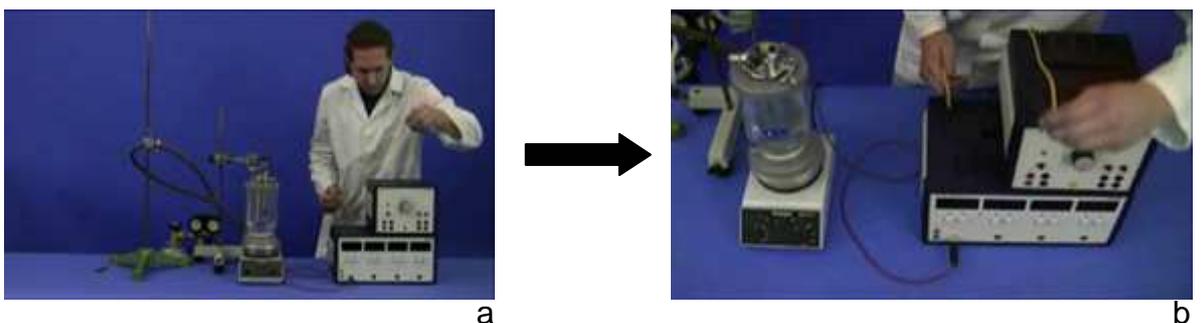


Abbildung 32: Anschließung und Verbindung des Stelltransformators mittels Kabel mit der Kalorimeterbombe

Zu guter letzt musste nur noch die Stromzufuhr aktiviert werden - es wurden zeitgleich Stelltransformator, Temperaturmessgerät und Magnetrührer eingeschaltet. Dazu wurde in eine frontale Zoom - Ansicht gewechselt (siehe Abbildung 33) und zusätzlich folgender Text eingebunden: *Nun sind sämtliche Vorbereitungen getroffen. Das Temperaturmessgerät, der Magnetrührer und das Netzgerät werden nun gleichzeitig eingeschaltet. Die Anfangstemperatur ist hier nicht von Bedeutung da nur die Temperaturerhöhung in die anschließende Berechnung eingeht. Um die Temperatur auf Null zu setzen drückt man den Knopf links oberhalb der Anzeige. Um zu zünden wird das Stellrad für die Spannung für einige Sekunden voll aufgedreht. Eine erfolgreiche Zündung erkennt man am Ansteigen der Temperatur. Ist das der Fall, wird die Spannung wieder abgedreht.*

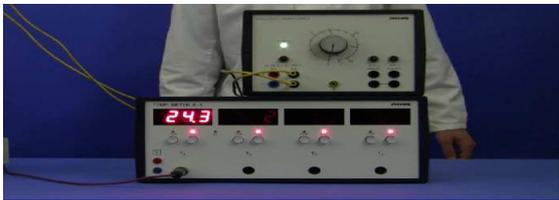


Abbildung 33: aktuelle Wassertemperatur

Abbildung 33 zeigt die aktuelle Wassertemperatur. Um den Temperaturanstieg bei der Verbrennung anschaulicher zu machen, wurde die Temperatur auf Null gesetzt. Damit ist an der Temperaturanzeige nur noch der relative Anstieg ersichtlich und dieser kann somit direkt übernommen werden. Die letzten Sekunden des Videos wurden von folgendem Text begleitet: *Nun verbrennt die Probe in der Bombe und die Wärme, die bei der Verbrennung entsteht, erhöht die Temperatur des Wassers. Beobachten Sie den Temperaturanstieg.*

4 Entwicklung, Aufbau und Inhalt der Präsenz-Einheit F - Flüssigkeiten

Bevor der Text und dessen essentiellen Inhalt gestaltet und entwickelt werden konnte, musste ein einleitender motivierender Text – in Form eines ernährungswissenschaftlichen Bezuges - implementiert werden. In einem ersten Schritt musste eine Auswahl der im neuen Arbeitsbuch zu inkludierenden Experimente getroffen werden. Aufgrund der knappen Zeit- und Geldressourcen wurde in Absprache mit dem Team ein Beibehalten der bis dato in der „alten“ Version des Praktikums eingesetzten Versuche gefordert bzw. beschlossen. Die Experimente per se passen jedoch zu den von Wolny (2010) geforderten Themenkreisen, die sich aus der didaktischen Rekonstruktion des Ernährungswissenschaftlichen Praktikums ableiten. Die Experimente mussten also in das neue konstruktivistische Praktikumsdesign (vgl. Theyßen 1999) übertragen werden.

Das Arbeitsbuch wurde in Anlehnung an die durchzuführenden Experimente in drei Teile (2 Experimente und Nachbereitung) gegliedert. Diese beinhalten Details über Flüssigkeiten, jedoch in jeweils verschiedenen Themengebieten. Diese sind:

- Bestimmung der Viskosität von Wasser nach Hagen-Poiseuille
Hier wird die Viskosität mittels Messung der Durchflusszeit durch eine vertikale Kapillare gemessen. Die Studierenden sollen dabei den Umgang mit den dafür nötigen Experimentiermaterialien und die exakte Arbeitsweise erlernen. Der Aufbau des Experiments ist bereits vorgegeben. Außerdem soll den Studierenden die Temperaturabhängigkeit der Viskosität vor Augen geführt werden.
- Bestimmung der Oberflächenspannung nach der Abreißmethode
Die Studierenden sollen hier die Oberflächenspannung von Wasser unter Zuhilfenahme einfacher experimenteller Materialien erforschen und berechnen. Weiters soll Ihnen das Vorkommen dieser Eigenschaft in der Natur aufgezeigt werden.

Beide angeführten Unterkapitel der Präsenz-Einheit beinhalten einleitende Fragestellungen, welche den Studierenden den Alltagsbezug aufzeigen sollen. Die jeweils folgenden

Experimente, deren Reihenfolge aufgrund des Schwierigkeitsgrades bzw. Zeitinanspruchnahme festgelegt wurde, dienen einerseits dazu, die „handwerklichen“ Fähigkeiten zur physikalischen Bestimmung der Produkteigenschaften zu erlangen und andererseits sollen Sie die Antworten auf die einleitenden Fragen bestätigen bzw. widerlegen. Bei der Auswahl der Experimente wurde grundsätzlich auf einige pragmatische Punkte geachtet:

- Für die in der jeweiligen Praktikumseinheit vorgesehenen Studierenden müssen genügend Arbeitsplätze bzw. Experimentiermaterialien vorhanden sein. Die Präsenzeinheiten werden von jeweils zwei Studierenden in einer Arbeitsgruppe absolviert. Die Studierenden finden auf ihrem Arbeitsplatz sämtliche für die Experimente nötigen Materialien vor.
- Bevor ein Experiment tatsächlich eingesetzt werden kann, muss es aber auf seine Reproduzierbarkeit bzw. seine wiederholte Anwendbarkeit bezüglich der Ergebnisse getestet werden. Nachdem die „alten“ Experimente übernommen wurden, lag dieser Sachverhalt auf der Hand.
- Der für die Messungen sowie für die nachstehenden Berechnungen nötige Zeitrahmen sollte so definiert sein, dass ein konzentriertes Arbeiten ohne Stress möglich ist. Im Rahmen des neuen Arbeitsbuches wurde die Messung der Viskosität von Wasser bei vier verschiedenen Temperaturen sowie deren Fehlerabschätzung verlangt.
- Experimente und Kontext des „neuen“ Arbeitsbuches sollten so gestaltet sein, dass ein selbständiges Arbeiten möglichst ohne Fragen bzgl. der Handhabung oder des Verständnisses an die Tutoren / Betreuer zu bewältigen ist.
- Den Studierenden sollte die Möglichkeit der regelmäßigen Kontrolle Ihrer Arbeitsschritte eingeräumt werden.

4.1 Strukturierung des neuen Teiles des Arbeitsbuches - F

Um die in der Präsenz-Einheit eingesetzten Experimente in passender Form in das Arbeitsbuch zu implementieren, wurde jeder der Gegenstände fotografiert und im Arbeitsbuch abgebildet. Dies ermöglicht den Studierenden eine Verknüpfung zwischen den realen Gegenständen und deren Bezeichnung herstellen zu können. Details werden in den folgenden Zeilen vorgestellt. Der Aufbau des neuen Arbeitsbuches wurde wie folgt festgelegt.

4.1.1 Einleitung und Ziele

Hier wird den Studierenden ein Überblick über die für die Einheit nötigen Begriffe Viskosität bzw. Oberflächenspannung und deren Konfrontation im alltäglichen Leben gegeben.

4.1.2 Ernährungswissenschaftlicher Bezug

Der einleitende ernährungswissenschaftliche Bezug soll an dieser Stelle als Motivation dienen. Diesbezüglich wird hier die Qualitätskontrolle von Lebensmitteln und die damit verbundene Viskosität diverser Produkte beschrieben. Der zweite Teil wurde auf folgenden Weise motivierend dargestellt: Eine geringe Oberflächenspannung von Wasser sorgt für die Transportierbarkeit dieser Produkte im menschlichen Körper. Somit wurde eine gute Ausgangsbasis bezüglich der Motivation der nachstehenden Bearbeitung des Arbeitsbuches geschaffen.

4.1.3 Bestimmung der Viskosität sowie zugehörige Fehlerabschätzung

In diesem Teil der Praktikumseinheit war die Aufgabe der Studierenden, die Viskosität von Wasser bei drei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Dazu mussten sie die Durchflussgeschwindigkeit des Wassers durch eine Kapillare messen, da Flüssigkeiten unterschiedlicher Zähigkeit unterschiedlich schnell ausfließen. Wie oben bereits erwähnt wurde dieses Kapitel mittels alltagsbezogener Fragen eröffnet. Zum Beispiel:

Denken Sie an Speiseöl, welches Sie in eine Pfanne gießen. Wie verhält es sich, wenn Sie die Pfanne erhitzen? Überlegen Sie im Anschluss wovon die Viskosität abhängen könnte und notieren Sie Ihre Überlegungen.

Um die Studierenden mit den vorliegenden Experimenten vertraut zu machen, wurden wie bereits oben erwähnt, sämtliche Experimentiermaterialien fotografiert und samt Beschreibung in das Arbeitsbuch eingebunden. Für den Versuch zur Bestimmung der Viskosität von Wasser waren dies folgende Gegenstände (Abbildung 34): Becherglas, Peleusball, Laborhebebühne.



Abbildung 34: Becherglas, Peleusball, Laborhebebühne

Außerdem wurde das für die Bestimmung der Viskosität nötige Viskosimeter in der für die Messungen aufgebauten Version abgebildet (siehe Abbildung 35a). Dabei wurde wieder auf eine exakte Beschreibung der, für einen reibungslosen Versuchsablauf nötigen Details, Wert gelegt. Die in Abbildung 35b dargestellten Markierungen M1 und M2 definieren den Kapillarabschnitt, welcher für die Zeitmessung des Wasserdurchlaufes maßgeblich ist.

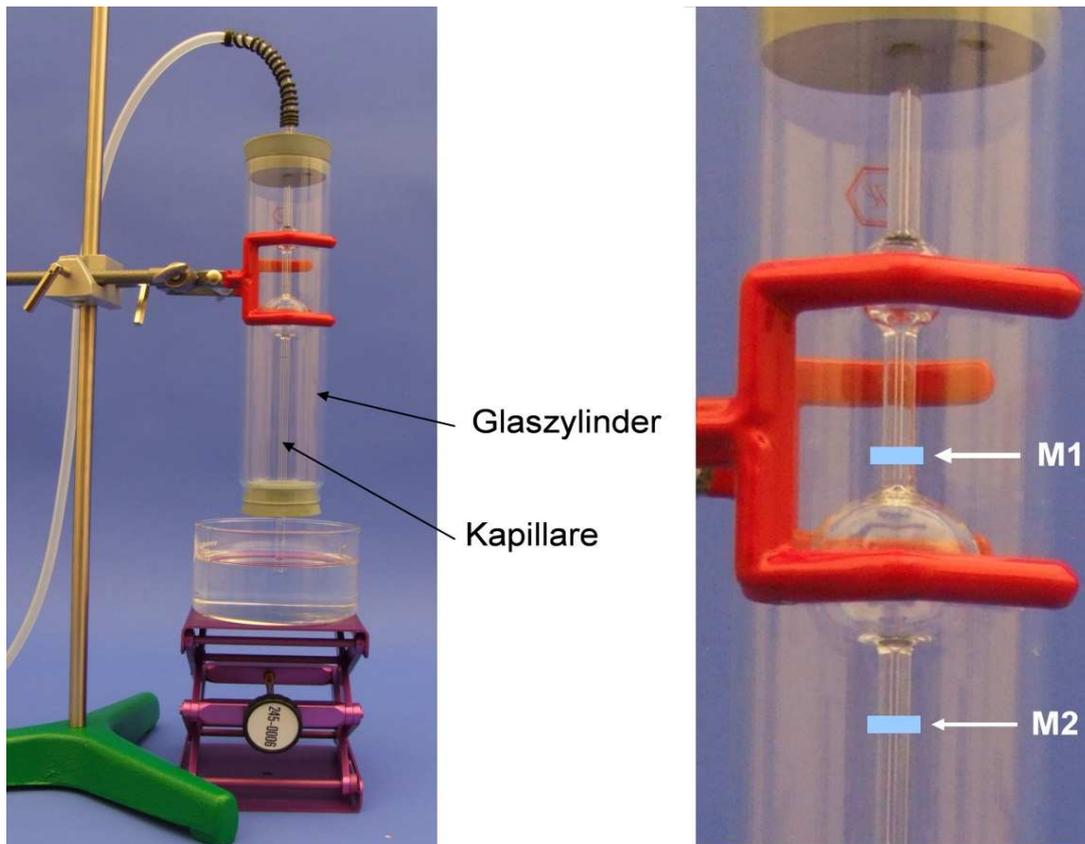


Abbildung 35: Aufbau Experiment – Viskosität samt zoomtem Bereich

Die Bestimmung der Viskosität wurde für vier verschiedene Temperaturen durchgeführt, wobei der Fehler bei der Zeitmessung nur einmal berechnet und für die restlichen drei Temperaturen als relativer Fehler verwendet wurde. Die Bestimmung der Dichte von Wasser wurde von den Studierenden manuell mittels eines Aräometers (siehe Abbildung 36) durchgeführt, wobei analog zu oben ein Bild samt Gerätebeschreibung eingebunden wurde.

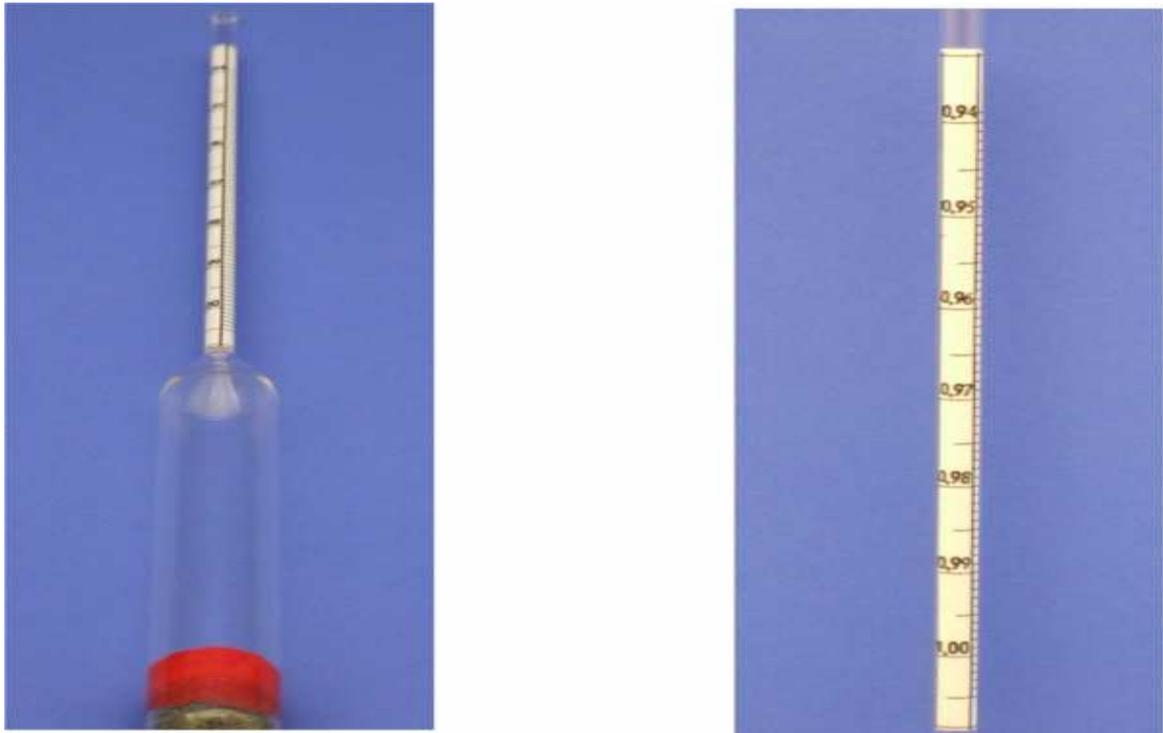


Abbildung 36: Aräometer

Da dieses Messinstrument für die meisten der Studierenden noch kein Begriff war, musste das dahinterstehende physikalische Prinzip ebenfalls in der Nachbereitung erläutert werden. Die für den Ablauf des Experiments nötigen Arbeitsschritte wurden so kleinschrittig wie möglich beschrieben, um die eigenständige Durchführung zu gewährleisten. Aufgrund praktischer Überlegungen wurde hier auf die möglichen Probleme bei der alleinigen Befüllung des Viskosimeters mit Wasser unter Zuhilfenahme des oben abgebildeten Peleusballes hingewiesen.

Um die Viskosität von Wasser berechnen zu können, mussten die Studierenden die mittlere Höhe (Vergleich vor und nach der Messung) der sich im Viskosimeter befindlichen Wassersäule bestimmen. Ein Blick auf die Formel zur Berechnung der Zähigkeit zeigt die Wichtigkeit dieser Messgröße. $\eta = a \cdot \rho \cdot h \cdot t$. Wobei η die Zähigkeit, a die Gerätekonstante (in der das Volumen des kugelförmigen Gefäßes zwischen den Kapillaren eingeht), ρ die Dichte der Flüssigkeit (Wasser), h die gemittelte Höhe der Wassersäule und t die gemessene Ausflußzeit. Zu guter Letzt mussten die Studierenden den Fehler für jeden einzelnen Messwert berechnen. Das Erkennen der größten Fehlerkomponente – der Zeitmessung - sollte hier auch ersichtlich werden.

Um die Veränderung der Viskosität bei den verschiedenen Temperaturen zu veranschaulichen, wurden die entsprechenden Werte im Anschluss an die Berechnungen von den Studierenden in ein vorgegebenes und vorskaliertes Diagramm eingetragen. Davor mussten noch zwei Fragen punkto Veränderung der Viskosität mit der Temperatur bzw. der Dichte beantwortet werden.

4.1.4 Bestimmung der Oberflächenspannung und Fehlerabschätzung

Der Aufbau des zweiten Teils des Arbeitsbuches ist analog zu jenem der Bestimmung der Viskosität. Ein Beispiel einer einleitenden motivierenden Fragestellung:

Sie haben sicher schon bemerkt, dass sich aufgrund hoher Luftfeuchtigkeit (z. B.: verursacht durch den Dampf nasser Wäsche) Wassertropfen an kalten Oberflächen bilden (z. B.: Fenster). Es entsteht kein gleichmäßiger Wasserfilm (Benetzung). Diesen Effekt können Sie in einem einfachen Freihandexperiment beobachten. Gießen Sie eine kleine Menge Wasser auf die Tischoberfläche. Was beobachten Sie? Sodann geben Sie einen Tropfen Spülmittel in das Wasser. Was beobachten Sie nun?

Da die Oberflächenspannung als Kraft pro Länge definiert ist, mussten die Studierenden in diesem zweiten Teil der Praktikumseinheit über die zum Herausziehen des Aluminiumringes aus der Wasseroberfläche nötigen Kraft - welche mit einer Federwaage abgelesen werden konnte - die Oberflächenspannung von Wasser bestimmen. Die hierfür nötige Länge ergibt sich aus der Bestimmung des (mittleren) Durchmessers des Aluminiumringes, an welchem sich das Wasser festzuhalten versucht. Analog zu obigem Versuch wurden die Studierenden mithilfe von Bildern der zu verwendenden Experimentiermaterialien an den Arbeitsablauf herangeführt (siehe Abbildung 37).



Abbildung 37: Aluminiumring; Federwaage; Aufbau Experiment-Oberflächenspannung

Hier wird die Experimentieranleitung von Zwischenfragen begleitet, welche zu einem besseren Verständnis führen sollte, z. B.:

*...Das Wasser „hält sich am Aluminiumring fest“ wie auch der Tropfen am Wasserhahn.
Welchen Grund könnte das haben?*

Speziell bei dieser Frage mit etwas höherem Schwierigkeitsgrad werden die Studierenden darauf hingewiesen, dass Sie nach Überarbeitung der Nachbereitung immer noch die Möglichkeit haben, die Frage zu beantworten.

Um den Studierenden eine klare Vorstellung der sich beim „Herausziehen“ des Aluminiumringes bildenden Flüssigkeitslamelle zu geben, wurde eine von Prof. Alfred Korner erstellte Graphik (Abbildung 38) in das Arbeitsbuch implementiert.

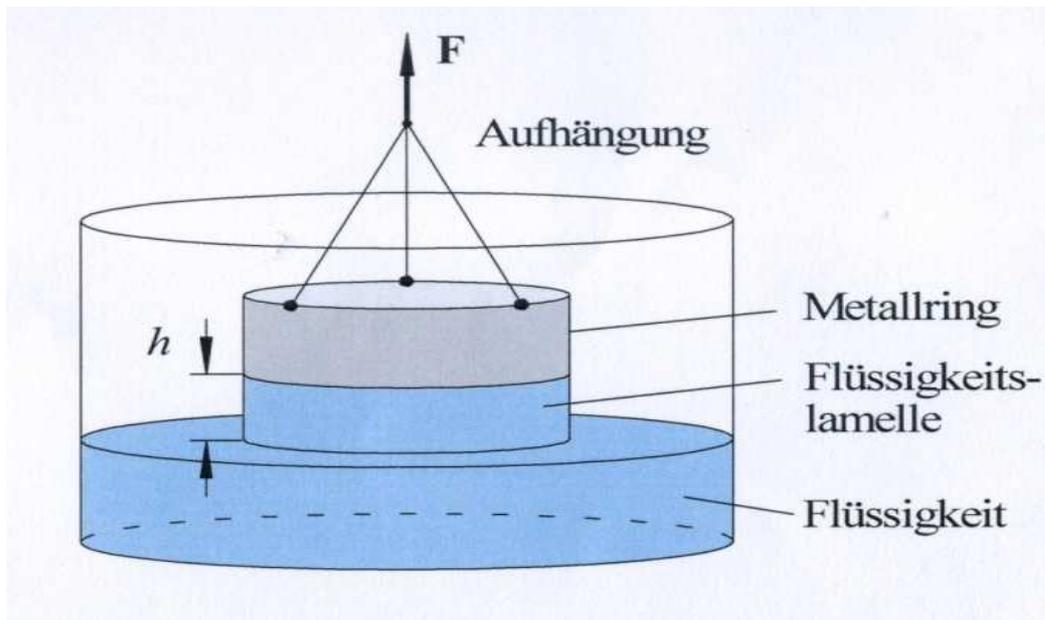


Abbildung 38: Flüssigkeitslamelle

Um die Oberflächenspannung berechnen zu können, müssen die Studierenden den Durchmesser des Aluminiumringes mittels einer Schublehre bestimmen. Diesbezüglich können sich die Studierenden mit der Funktionsweise und der Handhabung dieser Schublehre vertraut machen. Dieses Konzept wurde mit graphischer Unterstützung in das Arbeitsbuch eingebunden. Die Messung der Oberflächenspannung wurde hier nur bei einer Temperatur durchgeführt, da eine Temperaturänderung zu keinem messbaren Unterschied führen würde.

4.1.5 Nachbereitung und Vertiefung

Dieser abschließende Teil des neuen Arbeitsbuches gibt den Studierenden einen genaueren Einblick in die für die Experimente nötigen physikalischen Hintergründe. Im Speziellen wird hier auf die Viskosität und deren Berechnung eingegangen. Dazu wurde das Konzept der sich mit dem Abstand zur bewegten Platte ändernden Geschwindigkeit von „Flüssigkeitsschichten“ verwendet (siehe Abbildung 39) und Bezug auf die bei dem von den Studierenden durchgeführten Experiment genommen.



Abbildung 39: Schichtenmodell - Viskosität

Die Abhängigkeit der Viskosität von Substanz, Druck und - für das Praktikum am wichtigsten - Temperatur wird hier ebenfalls beschrieben. Wie oben bereits erwähnt, wird hier auf die exakte Funktionsweise des Aräometers und die indirekt proportionale $1/r^4$ - Abhängigkeit des Druckabfalles über das Hagen-Poiseulle'sche Gesetz hingewiesen. Im Zuge dessen bzw. im Sinne des ernährungswissenschaftlichen Bezuges werden die Studierenden auf die Auswirkung dieses Sachverhaltes auf die Blutgefäße im menschlichen Körper aufmerksam gemacht.

Der Begriff der Oberflächenspannung wird hier über das Modell der auf die einzelnen Moleküle im Flüssigkeitsinneren sowie jenen an der Oberfläche wirkenden Kräfte präsentiert. Unterstützend wurde dazu die Abbildung 40a eingebunden und im Zuge dessen auf die nötige Kraft zur Entfernung von Gegenständen (siehe Abbildung 40b), welche mit dieser Flüssigkeit benetzt wurden, hingewiesen.

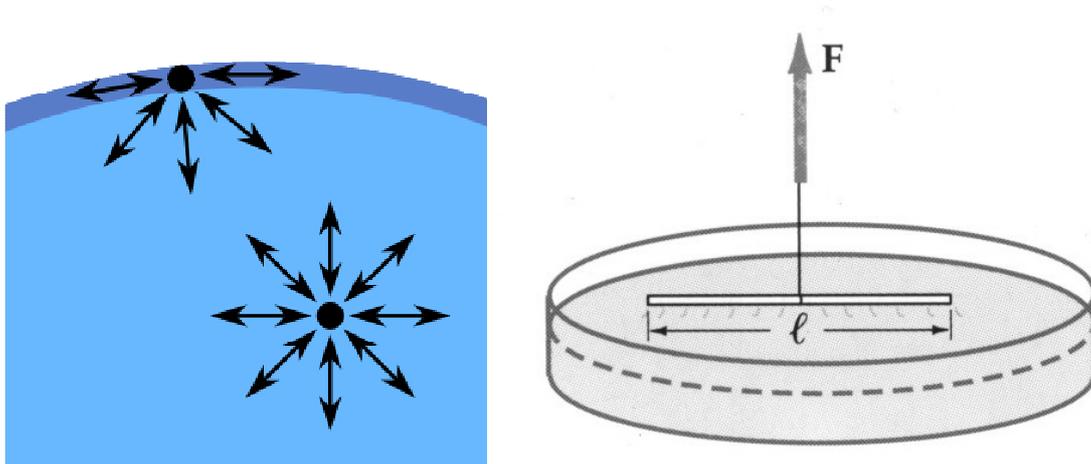


Abbildung 40: Physikalisches Prinzip zur Oberflächenspannung

Abgeschlossen wurde dieses Kapitel mit der Erläuterung zu Viskositätsmessungen mit dem Rapid Visco Analyser sowie dessen exakte Funktionsweise und zugehörigem physikalischen Prinzip. Neben dem Ziel des Verständnisses von in der Praxis angewendeten Messmethoden wird den Studierenden das Lesen von relativ komplexen Diagrammen (siehe Abbildung 41)

näher gebracht. Diesbezüglich wurde ein Diagramm zur Messung von „Verkleisterungskurven“ eingebunden. Die Temperaturskala bezieht sich ausschließlich auf die rote Kurve, während die linke Ordinatenachse Rückschlüsse auf die sich ändernde Viskosität mit der auf der Abszisse dargestellten Zeitskala gibt.

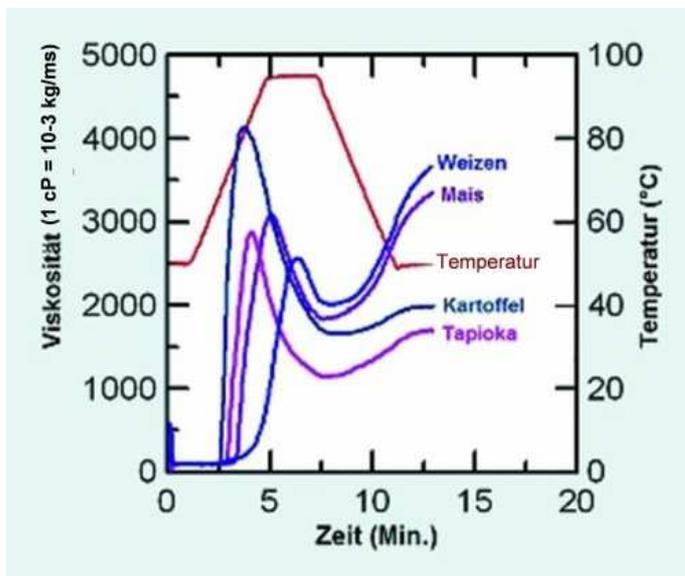


Abbildung 41: Verkleisterungskurven

4.2 Zusammenfassung

Die in den Kapiteln 3 und 4 vorgestellten neuen Einheiten wurden in Anlehnung an die lerntheoretischen Grundlagen – wie beispielsweise in Bruners Lerntheorie (1960) beschrieben – entwickelt. Den Studierenden wird dabei die Möglichkeit geboten, eine enaktive Handlung zu setzen. Jedes Experiment sowie jede Sequenz oder, wie im Arbeitsbuch zu Flüssigkeiten, jedes Bild wurde den Studierenden bestmöglich präsentiert. Die gewonnenen Daten können im Anschluss mathematisch und symbolisch unter Zuhilfenahme diverser Tabellen symbolisch dargestellt werden. Im Gesamten wurde speziell darauf geachtet, den Studierenden einen größtmöglichen Handlungsspielraum bei der Durchführung der Onlineexperimente zu geben. Auch bei der Gestaltung des theoretischen Teiles wurde – wie in der Lernerperspektive beschrieben – versucht, eine Verbindung sowohl zum Alltag als auch zu den ernährungswissenschaftlichen Themen herzustellen. Inwiefern dieser Versuch gelungen ist

und wie die Studierenden damit zurechtkommen, wird im abschließenden Kapitel zur deskriptiven Analyse im Detail diskutiert.

5 Deskriptive Analyse

Im Rahmen der Diplomarbeit wird sowohl die Neugestaltung der Präsenz-Einheit als auch jene der Online-Einheit des Praktikums für Ernährungswissenschaftler einer deskriptiven Analyse unterzogen. Bei dieser Form der Evaluation wird sowohl auf die Vorkenntnisse der Studierenden als auch auf die Meinung und Einstellung detailliert eingegangen.

Die Evaluationsstrategie stützt sich auf das Grundkonzept der Methodentriangulation, wie in Flick (2004) beschrieben. Ergänzend wurde ein Fragebogen erstellt und evaluiert. Diese Triangulation beinhaltet einerseits Interviews mit Studierenden und einer Lehrperson und Beobachtungen andererseits. Zusammenfassend wurden Daten zu ein und derselben Situation aus drei verschiedenen Blickwinkeln analysiert.

1. Perspektive der Lehrperson (durch ein leitfadengestütztes narratives Interview)
2. Perspektive einzelner Studierenden (durch ein leitfadengestütztes narratives Interview)
3. Perspektive eines neutralen Dritten (durch Beobachtung mittels Beobachtungsraster)

Abbildung 42 verdeutlicht diesen Sachverhalt graphisch.

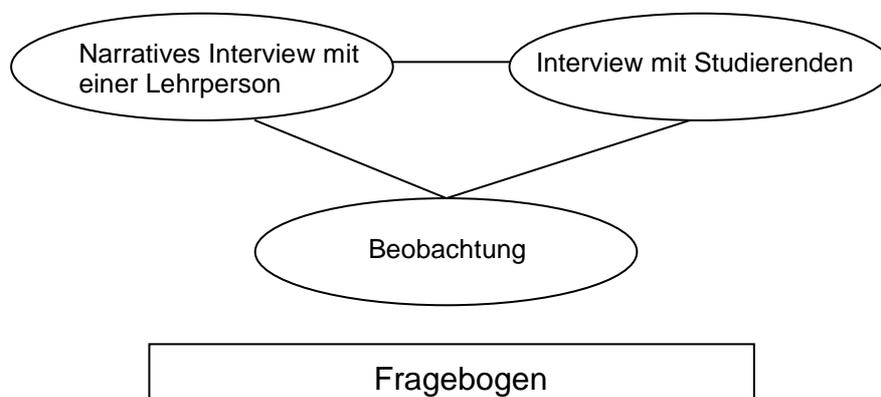


Abbildung 42: Methoden zur qualitativen Analyse

Die Beobachtung mittels Beobachtungsraster wurde vom Verfasser der vorliegenden Arbeit durchgeführt. Daher ist die in Punkt 3 angeführte Neutralität nur bis zu einem gewissen Grad gewährleistet, jedoch angenähert, da der Beobachtende nicht in den Lehr-bzw. Lernprozess eingebunden war.

Die neu gestalteten Einheiten werden mithilfe eines Beobachtungsrasters analysiert, auf welchen im Anschluss noch im Detail eingegangen wird. Der Beobachter fungiert dabei nicht als Betreuer, sondern konzentriert sich bei seiner Beobachtungstätigkeit auf die Lernhandlungen und eventuell auftretende Probleme der Studierenden. Dieser Teil der deskriptiven Analyse wird sowohl bei der Online-Einheit als auch bei der Präsenz-Einheit angewendet. Zusätzlich wird bei der Präsenz-Einheit ein narratives Interview mit einer Lehrperson, welche auch als Betreuer fungierte, und ergänzend ein Leitfaden gestütztes Interview mit zwei Studentinnen durchgeführt. Der Fragebogen Post beinhaltet Fragen zur Lernsituation im Praktikum sowie Fragen zum Aufbau und Arbeitsaufwand der neu gestalteten Lernumgebung. Sämtliche aus diesen Daten gewonnene Informationen werden gegenübergestellt und im abschließenden Kapitel Resumee zusammengefasst.

Das narrative Interview hat den Zweck, Rückmeldungen – positiver oder negativer Natur – über das neu gestaltete Arbeitsbuch einzuholen. Allerdings konnte ausschließlich das Arbeitsbuch F in Form eines Interviews evaluiert werden, da sich für die Online-Einheit keine Studierenden als Interviewpartner zur Verfügung stellen wollten. Das unten ausgewertete Interview wurde mit zwei Studentinnen, sofort im Anschluss an die Praktikumseinheit, durchgeführt. Die folgenden Seiten beinhalten Details zur Durchführung von Interviews und zur Beobachtung.

5.1 Beobachtung der Präsenz-Einheit F

Beobachtung ist etwas Alltägliches. „Beobachtungen sind im Normalfall weitgehend intuitiv und ganzheitlich, seltener absichtlich und gezielt“ (Altrichter & Posch 2004). Es wird etwas Bestimmtes zu einem bestimmten Zweck beobachtet. Im Rahmen der Diplomarbeit wurde eine direkte Prozessbeobachtung bzw. eine „teilnehmende Beobachtung“ durchgeführt. Dabei

wird auf technische Hilfsmittel verzichtet. Diese Variante der Beobachtung ist besonders für Personen geeignet, welche keinen regelmäßigen Kontakt mit den zu beobachtenden Studierenden haben. Bevor es an einen Beobachtungsauftrag gehen kann, gilt es einige Punkte festzulegen:

- Warum wird beobachtet? Hier sollte das Ziel sein, die neu gestalteten Arbeitsbücher auf Ihre Vorzüge bzw. Nachteile zu analysieren.
- Wann und wie lange wird beobachtet? Der unten angeführte Beobachtungsraster wurde auf die Dauer der Einheit inhaltlich abgestimmt.
- Was soll beobachtet werden? Hier: Ablauf bestimmter Ereignisse bzw. Ablauf der neu gestalteten Einheiten, sprich der Umgang mit den Arbeitsbüchern.

Als Konsequenz dieser drei Punkte, müssen die Arbeitsbücher in Beobachtungsabschnitte eingeteilt werden. Dies hat den Zweck der besseren Überschaubarkeit. Bei der Beobachtung mussten die Aktivitäten von 4 Gruppen überwacht werden, wobei sich sämtliche Teilnehmer in einem Raum befunden haben. Die Gliederung der Präsenz-Einheit erfolgt in dem Sinne, dass nach Beendigung eines Experimentes oder einer Fehlerrechnung die Beobachtung beim nächsten Kapitel fortgesetzt wird. Aus den angeführten Gründen ist die Erstellung eines Beobachtungsrasters in Form einer Matrix erforderlich bzw. zweckdienlich. Im Folgenden werden die Beobachtungsraster der Präsenz-Einheit (Abbildung 43) und der Online-Einheit (Abbildung 44) dargestellt. In diesem sind die einzelnen Beobachtungsaufträge / Kapitel als Zeilenüberschriften und die zugehörigen Fragestellungen als Spaltenüberschriften dargestellt. Zur Gliederung der Beobachtungsabschnitte der Online-Einheit wurden die einzelnen roten und blauen Seiten herangezogen.

	Zeit	Anzahl der gestellten Fragen	Art der Fragen	Wie reagieren die Betreuer auf die Fragen	Ist Wissen aus den vorangegangenen Kursen vorhanden?	Sonstiges
Ziele / ernährungswissenschaftlicher Bezug						
Bestimmung der Viskosität (bis Verwendung Thermometer)						
Temperatur- und Dichtemessung						
Messung der Viskosität bei Zimmertemperatur						
Messung der restlichen drei Temperaturen						
Auswertung (inkl. Diagramm)						
Einstiegsfragen zur Oberflächenspannung						
Messung der Oberflächenspannung						
Auswertung						
Nachbereitung						

Abbildung 43: Beobachtungsraster zur Präsenz-Einheit F

	Zeit	Anzahl der gestellten Fragen	Art der Fragen	Wie reagieren die Betreuer auf die Fragen	Ist Wissen aus den vorangegangenen Kursen vorhanden?	Sonstiges
1 Energie und Formen von Energie						
1.1 Energieformen						
1.2 Energieumwandlung Was ist eine Kalorie? Energieverbrauch in Ruhe Frühstück						
2 Wärme und Wärmeenergie						
2.1 Wärme in Alltag und Wissenschaft						
2.2 Wärmetransport						
2.3 Wärmekapazität Versuch – Wärmekalorimeter Auswirkungen auf den Alltag						
3 Verbrennungskalorimetrie						
3.1 Wie funktioniert die Verbrennungskalorimetrie?						
3.2 Vorbereitung der Messung Kalibrieren des Verbrennungskalorimeters Gefriertrocknung – Was ist das? Herstellung eines Presslings						
3.3 Energiegehalt von Hühnerfleisch süß –sauer Messung des Brennwertes von Hühnerfleisch süß –sauer Physikalischer Brennwert – Umsetzung im Körper						
4 Kalorimetrische Bestimmung des Energieumsatzes einer Maus						
4.1 Direkte und indirekte Kalorimetrie Umsatzbestimmung durch indirekte Kalorimetrie Energieverbrauch beim Sport – Ein Rechenbeispiel						
4.2 Messprinzip von Tierkalorimetrie Messung des Grundumsatzes einer Maus						

Abbildung 44: Beobachtungsraster zur Online-Einheit K

Im Folgenden werden die Informationen wiedergegeben bzw. Details angeführt, welche bei der Beobachtung auffällig waren und der Weiterentwicklung der Präsenz-Einheit dienen. Dabei wird auf die Dauer der jeweiligen Abschnitte nicht eingegangen.

5.1.2 Ergebnisse der Beobachtungen der Präsenz-Einheit

Die sich aus der Beobachtung der Präsenz-Einheit ergebenden Problemstellungen wurden in Kategorien unterteilt. Im Folgenden werden zu jeder dieser Kategorien die entsprechenden Probleme dargestellt. Die erste Annäherung an die Praktikumseinheit über den *ernährungswissenschaftlichen Bezug* ergibt folgendes:

Der zur Steigerung der Motivation einleitende ernährungswissenschaftliche Bezug wurde von keiner der beobachteten Gruppen studiert. Die Argumentation seitens der Studierenden war hier, dass der für die gesamte Praktikumseinheit vorgesehene Zeitrahmen zu knapp dafür ist. Diese Argumentation muss allerdings in Frage gestellt werden, da die Studierenden die Dauer der Praktikumseinheiten vor der Durchführung nicht abschätzen können.

Verständnisschwierigkeiten der Arbeitsanleitung im Arbeitsbuch:

Die Arbeitsanweisung bei der Viskositätsmessung war für einige Studierende nicht eindeutig zu verstehen. Ihnen war trotz Hinweis im Arbeitsbuch („...den Kanister finden Sie im Nebenraum“) nicht klar, wo sie den Kanister mit destilliertem Wasser finden können. Eine weitere Unklarheit trat bezüglich der Verwendung des passenden Messzylinders für den jeweiligen Arbeitsschritt auf. Genauer ging es um den für die Dichtebestimmung erforderlichen hohen Messzylinder. Die Beschreibung des jeweils nötigen Messinstrumentes ist laut Aussage eines Studierenden im Arbeitsbuch etwas zu „lasch“ formuliert. Zu Beginn des Experimentes wurde folgender Text eingebunden: „...befüllen Sie einen Messzylinder...“, während der Wortlaut in einer weiter hinten stehenden Textpassage wie folgt ist: „...tauchen Sie das Aräometer in ein ausreichend hohes Becherglas“.

Probleme bei der Handhabung der Geräte:

Bei der Temperatur und Dichtemessung wurde von einer Gruppe das Aräometer mit der Skala voran in den Messzylinder gesteckt. Die Tutoren mussten dann die Funktionsweise noch näher erläutern, da es zu Schwierigkeiten beim Ablesen kam. Weiters war den Studierenden nicht klar, ob die Dichtemessung ebenfalls 5mal durchgeführt werden muss. Auch bei der Messung der Oberflächenspannung traten Verständnisschwierigkeiten auf. So war einer Gruppe die Durchführung des Experimentes unklar. Der diesbezügliche Arbeitsschritt ist im Arbeitsbuch folgendermaßen formuliert: „Kurbeln Sie die Laborhebebühne samt Becherglas langsam nach oben. Was bemerken Sie wenn der Aluminiumring die Wasseroberfläche

erreicht? Eine Gruppe dachte, dass der Aluminiumring auf der Wasseroberfläche schwimmen soll. Daher musste nochmals auf das davor nötige Eintauchen des Ringes in das Wasser hingewiesen werden. Auch bei der Bestimmung der mittleren Höhe der Wassersäule im Viskosimeter war – bei Verwendung zweier Lineale – der Begriff Parallaxe ein Problem. Die Tutoren mussten diesbezüglich von den Studierenden befragt werden.

Zeitmangel:

Aufgrund eines Mangels an Zeit-Argumentation seitens der Studierenden wurde das Anfertigen des Diagramms nicht durchgeführt. Obwohl einige Berechnungen weggelassen wurden, war die Zeit insgesamt etwas zu knapp. Die schnellste Gruppe wurde 15min nach dem offiziellen Ende der Praktikumseinheit fertig.

5.1.3 Ergebnisse der Beobachtung der Online-Einheit

Die folgenden Punkte repräsentieren die aus dem Beobachtungsraster gewonnenen Informationen in chronologischer (der Abfolge laut Beobachtungsraster) Reihenfolge.

1. Bei vielen Fragen wird zuerst auf diversen Seiten im Internet (z. B. Wikipedia, google) nach passenden Lösungen gesucht, anstatt nachgedacht.
2. Einige Bilder werden beim Anklicken verkleinert.
3. Die Bestimmung der Netto-Massen wurde als äußerst einfach aber mühsam empfunden.
4. Andererseits hatten sie größere Probleme bei der Berechnung des Brennwertes H der Probe.
5. Falls man die Graphiken auf Seite 1.2 zum ersten Mal sieht, wirken diese etwas zu überladen. Die Studierenden hatten kurz vor der Praktikumseinheit eine Biochemievorlesung, in welcher der Prozess der Energieumwandlung im Körper detailliert diskutiert wurde, und somit keine Schwierigkeiten diesen zu verstehen.
6. Freiwillige Zusatzübungen werden grundsätzlich übersprungen
7. Auf der blauen Seite. „Grundumsatz des Menschen“ befindet sich eine Frage nach den Einflussfaktoren auf den Grundumsatz. Hier wird die Antwort einfach vom letzten Absatz auf der roten Seite kopiert und eingefügt.

8. Der Link zur Animation auf der Seite 2.1 vermittelt den Studierenden, dass diese auch den gesamten Text rund um den physikalischen Background zur Animation lesen müssen, was hier nicht nötig bzw. nicht wünschenswert ist.
9. Die blaue Seite „Auswirkungen auf den Alltag“ wird nicht gelesen.
10. Auf der blauen Seite:“physikalischer Brennwert – Umsetzung im Körper“: Die Antwort auf die Frage steht im darauffolgenden Absatz.
11. Blaue Seite:“Messung des Grundumsatzes einer Maus“: Die Formel in der Kalibrierkurve ist nicht als solche erkennbar. Studierende wussten nicht, wie sie den Heizwert bestimmen sollen

Schlussfolgerungen:

Aufgrund oben angeführter Informationen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

Ad 5) Wenn man die Tatsache berücksichtigt, dass die Studierenden keinerlei Vorkenntnisse mitbringen, muss man versuchen, eine bessere und leichter verständliche Grafik zu finden bzw. zu implementieren.

Ad 6) Freiwillige Übungen sollte man entweder herausnehmen oder den Zusatz „freiwillig“ streichen

Ad 7) Hier wäre es von Vorteil, die Frage entweder herauszunehmen oder eine passendere Fragestellung zu finden

Ad 8) Es sollte explizit darauf hingewiesen werden, dass nur die Animation von Bedeutung ist.

Ad 9) Diese Seite sollte eventuell von einer Frage begleitet oder anderweitig aufgebessert werden.

Ad 10) Analog zur Frage nach den Einflussfaktoren auf den Grundumsatz sollte die Frage entweder gestrichen oder umformuliert werden.

5.2 Narrative Interviews

Wie oben bereits erwähnt, werden neben der Beobachtung der neu gestalteten Einheiten Interviews bezüglich der Präsenz-Einheit durchgeführt. Interviews sind eine Weiterentwicklung des alltäglichen Gesprächs. Somit kann detaillierter auf gewisse Fragestellungen eingegangen werden. Sie bieten Zugang zu Informationen, über welche die Interviewpartner verfügen. Es werden Gedanken und Einstellungen ersichtlich, welche hinter dem aktuellen Verhalten stehen. Die wichtigste Voraussetzung für das Gelingen von Interviews besteht darin, den Interviewten deutlich zu machen, dass die Informationen, die man von ihnen erwartet, bedeutsam in zweifacher Hinsicht sind (Altrichter & Posch 2007):

- Für den Interviewer: Die Interviewten geben Informationen preis, weil sie erleben, für jemanden dadurch eine wichtige Rolle zu spielen.
- Für die Interviewten: Die Interviewten glauben, durch ihre Mitteilungen etwas an ihrer eigenen Situation zu verbessern.

Das Interview wurde unter günstigen Voraussetzungen durchgeführt, da der Interviewer und die Interviewten bis zum Zeitpunkt des Interviews keinerlei Kontakt hatten. Beide Seiten bauten somit erst während des Interviews eine „Beziehung“ auf. Den Interviewten kann das Gefühl vermittelt werden, dass ihre Gedanken wichtig für den Interviewer und die Weiterentwicklung des Praktikums sind.

5.2.1 Vorbereitung des Interviews

Bevor es an die Durchführung eines Interviews geht, muss überlegt werden, warum und wie gefragt werden soll. Die ausgewählten Fragestellungen beinhaltet ein sogenannter Leitfaden. Dort wurden sämtliche Themen bzw. Fragen in gewisser Reihenfolge notiert. Wichtig ist dabei, dass die vorbereiteten Fragen nicht Punkt für Punkt und genau in dieser Form abgearbeitet werden müssen sondern – ganz im Stil eines narrativen Interviews - dass die Interviewten relativ frei sprechen können. Während des Interviews kann es auch zu speziellen

Situationen kommen, welche andere Fragestrategien nahe legen. Deshalb auch die Formulierung „Leitfaden“.

Im Rahmen der Diplomarbeit wird eine Form des offenen Interviews – das narrative Interview - angewendet. Bei narrativen Interviews ist im Idealfall einzig ein thematischer Impuls vorgegeben. Diese Interviewform wurde in leitfadengestützter Form bei der Befragung des Betreuers sowie der Studierenden angewendet.

Sämtliche Interviews wurden auf einem digitalen Diktaphon festgehalten. Sämtliche Ergebnisse wurden im Anschluss detailliert ausgearbeitet und mit Zitaten belegt. Im Folgenden wird der Interview-Leitfaden sowie die daraus gewonnenen Antworten der Studierenden dargestellt.

5.2.2 Leitfaden und Ergebnisse des narrativen Interviews mit zwei Studierenden

Die folgenden Fragen (Leitfaden) und die Ergebnisse dieses narrativen Interviews beziehen sich auf die Präsenz-Einheit F.

- Wie hat Ihnen/euch die Übungseinheit gefallen?
- Der Schwierigkeitsgrad war in Ordnung?
- Waren Sie in der Lage, anhand der Unterlagen selbständig zu arbeiten?
- Wie schwer fiel Ihnen die Übungseinheit im Vergleich zu anderen?
- War genügend Zeit um sich in Ruhe mit den Aufgaben zu befassen?
- Konnten Sie Zusammenhänge mit anderen Übungseinheiten erkennen?
- Hatten Sie Schwierigkeiten, sich mit den Messgeräten vertraut zu machen und damit zu arbeiten?
- Konnte der ernährungswissenschaftliche Bezug Ihr Interesse an den Versuchen steigern?
- Hatten Sie Schwierigkeiten, die Einstiegsfragen zu beantworten?
- Gab es Probleme beim Befüllen des Viskosimeters mit Wasser?
- Hatten Sie Schwierigkeiten bei der Auswertung/Fehlerrechnung?

- Hatten Sie ausreichend theoretisches Wissen um die Versuche zu verstehen, oder mussten Sie vieles in der Nachbereitung nachlesen?
- Schwierigkeiten / Verbesserungsvorschläge

Die Studentin 1 antwortet auf die Einstiegsfrage zum Interview:

„Es war zeitweise etwas stressig, da sehr viel zu machen und zu rechnen war. Mit der Zeit ist sich das nicht ganz ausgegangen. Man hat einiges auslassen müssen. Hauptsächlich bei der Fehlerrechnung“

Allgemein geht aus der Einstiegsfrage hervor, dass die Studierende eine eher positive Einstellung gegenüber dem neu gestalteten Arbeitsbuch aufweist. Ein Kritikpunkt ist die etwas zu knapp bemessene Zeit zur Durchführung sämtlicher im Arbeitsbuch angeführter Arbeitsaufträge. Dies ist ein wichtiger Hinweis, da die Übungseinheit F, so wie alle anderen auch, so konzipiert ist, dass sämtliche darin enthaltenen Aufgaben im vorgegebenen Zeitrahmen machbar sind. Hier wird vor allem die sehr zeitraubende Fehlerrechnung kritisiert. Diese wurde als Aufgabe dargestellt, welche ein gewisses Maß an Routine erfordert und der diesbezüglich subjektiv empfundene Schwierigkeitsgrad dieser Berechnungen somit von der jeweiligen Anwendungshäufigkeit abhängig ist.

In Bezug auf den Schwierigkeitsgrad der Einheit antwortet Studentin 1:

„Vielleicht hätte man sich das ganze vorher kurz durchlesen müssen, das hätte sicher geholfen.“

Im Großen und Ganzen wird der Schwierigkeitsgrad als eher passend empfunden. Die Studentin verknüpft die manchmal aufgetretene Problematik punkto Verständnis mit einer etwas zu kurz ausgefallenen Vorbereitung auf die Einheit. Hier ist allerdings zu bemerken, dass die Vorbereitung auf die jeweilige Übungseinheit nicht notwendig bzw. nicht vorgesehen ist und daher der von der Studierenden aufgezeigte Kritikpunkt einen Hinweis darauf gibt, dass die Erklärungen bzw. Ausführungen im Arbeitsbuch als zu gering anzusehen sind.

Auf die Frage nach der Möglichkeit der selbständigen Durchführung mittels der zur Verfügung gestellten Materialien bzw. neu gestalteten Unterlagen - dem Arbeitsbuch – antwortet die Studierende 2:

„Am Beginn haben wir uns nicht ganz ausgekannt. Bei der Gerätebeschreibung haben wir uns etwas schwer getan, vor allem beim Nonius. Da habe ich einen Tutor gefragt, und der hat mir das dann in der Realität gezeigt, wie man damit misst.“

Die Studierende verweist auf die anfängliche Problematik, eine Praktikumseinheit ohne fremde Hilfe durchzuführen. Ein leichter Kritikpunkt war die Beschreibung der Geräte im Arbeitsbuch. Diese könnte noch etwas exakter dargeboten werden. Dazu muss jedoch angemerkt werden, dass bei der ersten „Kontaktaufnahme“ mit zuvor noch nie verwendeten Geräten es immer zu gewissen Schwierigkeiten im Verständnis von ausschließlich schriftlicher Erklärungen kommen kann. Weiters streicht die Studierende die Hilfsbereitschaft sowie das Know-How sämtlicher Tutoren hervor und verweist auf den Vorteil des praktischen Umganges bzw. des Kontaktes mit den im Arbeitsbuch beschriebenen Geräten. Die bei der Präsenz-Einheit mögliche verbale Kommunikation mit den Betreuern wird hier als sehr hilfreich empfunden.

Auf die Frage nach dem Schwierigkeitsgrad der Einheit im Vergleich mit anderen neu entwickelten Einheiten gibt die Studierende 1 folgenden Kommentar ab:

„Die ersten beiden waren leichter. Da waren ganz einfache Sachen. Gewichtsmessung und dergleichen. Das andere war in etwa gleich wie das heute. Beim letzten haben wir die Zeichnungen nicht ganz verstanden. Das einzige was wirklich schwierig war, war die Anwendung der Geräte. Die Berechnungen waren ok, aber die Beschreibungen waren manchmal nicht ganz eindeutig, wenn man das noch nie gehört hat.“

Die Studierende setzt den Schwierigkeitsgrad der Einheit auf eine Stufe mit den restlichen – mit Ausnahme der ersten beiden – Praktikumseinheiten. Wie bereits in der Einstiegsfrage argumentiert wurde, war der Umgang mit den Geräten etwas problematisch. Abgesehen vom zeitlichen Rahmen, stellten sämtliche durchzuführende Berechnungen die Studierende nicht vor allzu große Schwierigkeiten. Diesbezüglich kritisiert sie nur die Formulierung bzw. Beschreibung des Arbeitsauftrages.

Zur Frage nach der zur Verfügung stehenden Zeit äußerte sich die Studierende 2 folgendermaßen:

„Es war ziemlich knapp mit der Zeit, man darf sich nicht wirklich einen Fehler erlauben.“

Der Faktor Zeit und der damit verbundene Arbeitsaufwand wurde von der Studierenden ebenfalls als leichtes Manko dargestellt. Die Studierende verweist dabei auch auf die große Anzahl an durchzuführenden Berechnungen. Eine Kürzung eben dieser würde zu höheren Zeitressourcen und somit zu einer besseren Auseinandersetzung mit der jeweiligen Thematik führen. Dieses typische Bild der Studierenden von der Physik muss allerdings sehr kritisch betrachtet werden. Die Berechnungen sind nicht als Zusatz anzusehen, sondern tragen einen wesentlichen bzw. den größten Anteil zum Konzept und zum Verständnis bei.

Studentin 1 gibt auf die Frage nach den Zusammenhängen mit anderen Übungseinheiten folgendes Statement ab:

„Standardabweichung muss man immer berechnen. Also hauptsächlich von der Uni. Schulwissen ist nicht mehr vorhanden, schon zu lange her. Es war ein ganz anderes Thema. Sonst haben wir immer mit Strom gearbeitet. Aber vom Arbeitsablauf war es genau gleich.“

Die Studentin beschreibt die Zusammenhänge mit anderen Übungseinheiten ausschließlich über die jeweils nötige Berechnung der Standardabweichung und verweist auf die erstmalige Auseinandersetzung mit diesem Thema an der Universität. Weiters führt sie den von Einheit zu Einheit gleich bleibenden Arbeitsablauf an und gibt als einziges Unterschied das jeweilige Themengebiet an.

Auf die Frage nach der Handhabung der Messgeräte und die damit verbundene mögliche Problematik antwortet die Studierende 2:

„Ja eigentlich schon. Das Aräometer haben wir zuvor noch nie gesehen. Die Schublehre schon, aber da haben wir uns trotzdem sehr schwer getan. Und die Federwaage haben wir schon gekannt.“

Wie in einer der ersten Fragen bereits kurz angesprochen, führt die Studierende nochmals die Schwierigkeit der Handhabung vor allem mit jenen Messgeräten an, welche im Zuge des Praktikums das erste Mal zur Verwendung kommen. Vor allem der Umgang mit der Schublehre wurde als äußerst schwierig dargestellt und musste mithilfe der Tutoren in der Praxis nochmals detailliert erklärt werden.

Auf die Frage nach der eventuellen Interessensteigerung aufgrund des ernährungswissenschaftlichen Bezuges meinte Studentin 1:

„Das haben wir ausgelassen, weil wir zu wenig Zeit hatten. Das hätten wir uns schon zuhause durchlesen sollen.“

Da der geplante einleitende und hoffentlich motivationssteigernde ernährungswissenschaftliche Bezug außer Acht gelassen wurde, konnte die Studierende kein Feedback zu dieser Frage geben. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Studierenden in diesem einleitenden Teil keine Fragen bzw. Problemstellungen durchzuführen haben, und die verfügbare Zeit eher für die Experimente und die Berechnungen nutzen. Wie bereits oben erwähnt, sollte aber der Inhalt des Arbeitsbuches in der vorgegebenen Zeit zu bewältigen sein.

Die Frage nach eventuellen Schwierigkeiten bezüglich der Einstiegsfragen zur Bestimmung der Viskosität sowie der Oberflächenspannung von Wasser meinte Studentin 1:

„Die ersten beiden waren leicht. Mit dem Benetzen. Zum Beispiel das Wasser benetzt den Tisch nicht ganz. Ja es geht, wir haben das zu viert gemacht und dann ist irgendeiner draufgekommen. Gruppenarbeit halt. Bei der Viskosität haben wir zu zweit etwas nachgedacht und ja, ist gegangen. Die Fragen waren schon ok.“

Die Studentin merkt den unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad der einzelnen Fragen an. Einige wurden als zu trivial empfunden, andere wiederum mussten in der Gruppe gelöst werden. Insgesamt empfindet sie die Fragen als recht passend bzw. zielführend.

Studentin 1 antwortet auf die spezielle Frage zu einer bereits bei der Entwicklung des neuen Arbeitsbuches vermuteten Problemstellung zur Befüllung des Viskosimeters mit Wasser sowie der befürchteten zu hohen Temperatur des heißen Wassers:

„Zu zweit ist es ok. Wenn einer befüllt und der andere das Ventil schließt.“; „Nein überhaupt nicht, waren ca. 45 Grad.“

Die Studentin weist in ihrem Statement indirekt darauf hin, dass die alleinige Befüllung des Viskosimeters mit Wassers zu Problemen führen kann und betont im Zuge dessen die Unterstützung durch die Gruppenpartnerin. Da die Wassertemperatur weit unter 50°C gelegen ist, gab es keinerlei Bedenken bezüglich der Handhabung mit eben diesem.

Auf die Frage nach den Schwierigkeiten mit der Auswertung bzw. der Fehlerrechnung antwortete die Studierende 2:

„Eigentlich nicht, außer beim Zeichnen vom Diagramm. Aber nur aus zeitlichen Gründen.“

Im Gegensatz zu der in einer der ersten Fragen geäußerten Problematik bei der Fehlerrechnung verweist die Studierende hier nur auf die etwas zu knapp bemessene Zeit um sämtliche Berechnungen und Arbeitsaufträge durchführen zu können. Das Zeichnen des Diagramms wurde erst im Zuge der Nachbereitung durchgeführt.

Auf die Frage des für das Verständnis der Versuche nötigen theoretischen Wissens und dem damit verbundenen Blättern in der Nachbereitung meinte die Studierende 2:

„Wenn man davon ausgeht, dass man gar nichts weiß, kann man den Versuch auch durchführen. Das ist ja glaub ich der Sinn von den neuen Arbeitsblättern. Wir haben eigentlich gar nicht in der Nachbereitung nachgelesen. Man muss ja eh nicht viel wissen dazu. Man muss das immer nur messen. Die Nachbereitung erklärt einem das dann später. Wenn wir uns irgendwo nicht ausgekannt haben, haben wir das einfach übersprungen.“

Die Studierende spiegelt das bereits bei der Erarbeitung des neuen Arbeitsbuches erhoffte Resultat der Durchführung der Experimente auch ohne theoretisches Wissen durchführen zu können wieder und erkennt auch die dahinterstehende Absicht. Weiters betont sie, dass keine Informationen – auch bei Verständnisproblemen - aus der Nachbereitung bezogen wurden.

Auf die abschließende Frage nach Schwierigkeiten und / oder Verbesserungsvorschlägen antwortet die Studierende 2:

„Ja zum Beispiel ein paar Sachen herausnehmen. Zum Beispiel das Diagramm. Und die Fehlerrechnung für alle Temperaturen, das haben wir auch übersprungen.“

5.2.3 Narratives Interview mit dem Kursleiter zur Übungseinheit F

Ein weiterer Teil der Triangulation war die Durchführung eines narrativen Interviews mit dem Kursleiter zur Übungseinheit F. Analog zum Interview mit den Studierenden wurde auch hier ein Leitfaden erstellt. Der Interviewpartner wurde von Jakob Bauer sowie vom Autor der vorliegenden Arbeit zu den Übungseinheiten F (Flüssigkeiten) und E (Elektrizität) befragt. Dabei kam folgender Leitfaden zur Anwendung:

- Einstiegsfrage:
Ich möchte die Übungseinheit F didaktisch sinnvoll weiterentwickeln und habe dazu in Ihrem Kurs eine neu überarbeitete Übungseinheit getestet. Wie haben Sie als erfahrener Kursleiter diese Premiere empfunden?
- Länge der Übungseinheit
- Schwierigkeitsgrad für die Studierenden
- Generelles Verständnis, potentielle Lerneffizienz
- Welche Schwierigkeiten hat es gegeben?
- Welche Fragen haben die Studierenden gestellt?
- Wie unterschied sich die neue Übungseinheit von der Alten?
- Verhalten der Studierenden
- Verhalten der Betreuenden
- Was würden Sie abändern und warum?

Das Interview wurde ca. zwei Wochen nach Beendigung der beiden Praktikumseinheiten im Büro des Kursleiters durchgeführt. Wie auch das Interview mit den beiden Studierenden wurde auch dieses mittels eines digitalen Diktafons aufgezeichnet. Da der Interviewpartner bereits mit dem Stellen der Einstiegsfrage annähernd alle Fragen aus dem Leitfaden beantworten konnte, werden in den folgenden Zeilen die aus dem narrativen Interview mit

dem Kursleiter gewonnenen Informationen – in Form einer interpretativen – reduktiven Transkription – dargestellt.

Auf die Einstiegsfrage nach der Qualität und dem erstmaligen Umgang der Studierenden mit den neu gestalteten Arbeitsbüchern antwortete der Kursleiter:

„Durch die neuen Beispiele lernen sie selbständig zu arbeiten bzw. zu experimentieren. Sie bekommen ein Gefühl fürs Experimentieren, also die mechanischen Fähigkeiten werden besser...Sie profitieren schon einiges mehr als bei den alten Beispielen.“

Der Kursleiter zeigt hier einen großen Vorteil der neu gestalteten Arbeitsbücher auf. Aufgrund der kleinschrittigen Heranführung an die jeweiligen Experimente haben die Studierenden die Möglichkeit, sämtliche Experimente ohne die Hilfe von Lehrpersonal zu bewältigen. Weiters verweist er darauf, dass sich der direkte Kontakt und das Handling mit den zugehörigen Geräten äußerst positiv auf die Geschicklichkeit der Studierenden auswirkt. Insgesamt gewinnt er den neu gestalteten Einheiten positives ab.

Zum Schwierigkeitsgrad der neuen Praktikumseinheit gibt der Kursleiter folgende Antwort:

„Schwierigkeitsgrad ist ok. Die Studierenden brauchen zwar einiges an Hilfe aber das ist nicht tragisch.“

Generell empfindet der Kursleiter den Schwierigkeitsgrad als passend. Dies begründet er damit, dass die Art und die Anzahl der auftretenden Probleme nicht gravierend ausgefallen sind. Diese Tatsache ist im Konzept zwar so nicht vorgesehen. Vollständig abzustellen sind diese Fragen aber nicht, da sämtliche Arbeitsbücher noch detailreicher gestaltet werden müssten, und diese somit mindestens doppelt so lang werden würden.

In Bezug auf die Länge bzw. die Dauer der jeweiligen Praktikumseinheiten merkt der Interviewpartner folgendes an:

„Vom Zeitrahmen her ist es nicht für alle möglich, was im bisherigen Text steht. Die meisten haben am Ende der Einheit nicht alles ausgerechnet. Das Diagramm, Viskosität mit Temperatur, hat fast keiner in der Einheit gemacht. Und die Fehlerrechnung schon gar nicht.“

Es gibt Vorschläge diese nur für eine Temperatur zu machen und den Fehler für die anderen Temperaturen zu übernehmen.“

Der Kursleiter weist mit seiner Aussage darauf hin, dass der in den Arbeitsbüchern enthaltene Inhalt am oberen Limit angesiedelt ist. Aufgrund dessen versuchen die Studierenden die durchzuführenden Experimente, Messungen oder Berechnungen auf dem schnellsten Wege zu erledigen bzw. diese komplett auszulassen. Das Auseinandersetzen mit der dahintersteckenden physikalischen Theorie wird somit ebenfalls vernachlässigt. Wie auch von den Studierenden im Rahmen des Interviews bestätigt wurde, wurden manche Berechnungen und speziell das Befüllen des Diagramms aus Zeitgründen sowie in manchen Fällen aus Gründen der Verständlichkeit konsequent übersprungen. Weiters verweist er darauf, dass bereits von einigen Seiten Vorschläge bzgl. der Kürzung der Arbeitsbücher im Bereich der Fehlerrechnung thematisiert wurden.

Auf die Frage nach etwaigen Schwierigkeiten innerhalb der Arbeitsbücher antwortet der Kursleiter folgendes:

„Bei den Diagrammen gibt es große Probleme, da haben sie irgendwelche Punkte eingezeichnet...“; Die Fehlerrechnung ist für die meisten sehr schwierig, auch wenn sie es kurz davor gelernt haben. Die Berechnung von relativem Fehler und dann aus diesem den absoluten. Das gilt aber für alles.“

Das Erstellen von Diagrammen und die davor notwendige Durchführung von diversen Berechnungen lässt sich auch durch die Neugestaltung der Arbeitsbücher nicht vermeiden. Den Studierenden fällt diese Thematik erst nach längerer Praxis etwas leichter.

Auf die Frage nach dem generellen Verständnis und die damit im Zusammenhang stehende Lerneffizienz äußert sich der Interviewpartner folgendermaßen:

„Sie machen das Beispiel wie eine Art Kochrezept, aber das Verständnis fehlt größtenteils. Die Geschicklichkeit um die Experimente durchzuführen ist schon vorhanden. Ansaugen der Flüssigkeit, Ventil schließen.“

Der Interviewpartner übt mit seiner Aussage Kritik an der Art der Wissenskonstruktion im Praktikum. Durch die Schritt für Schritt dargestellte Anleitung ist die Durchführung der Experimente eher als eine rezeptartige Abarbeitung zu verstehen, wobei der physikalische Aspekt in den Hintergrund gedrängt wird, was bei diesem Praktikumsdesign auch vorrangig ist. Die Studierenden eignen sich dieses Wissen in der Nachbereitung an. Im Gegenzug wurde aber die Förderung der manuellen Fähigkeiten aufgrund eben dieser Herangehensweise hervorgehoben.

Weiters wurde der Kursleiter bezüglich der aufgetretenen Probleme und der somit aufgetretenen Fragen der Studierenden befragt. Daraus wurde folgende Erkenntnis gewonnen:

„Fragen gestellt haben sie so gut wie nicht. Sie trauen sich nicht. Am ehesten die Tutoren. Die typische Frage ist: Kann das stimmen? Es kommt selten einer auf die Idee das ausgerechnete mit dem Experiment zu vergleichen – ob das Ergebnis richtig sein kann. Zum Beispiel der Durchmesser vom Ring; es kommt 3,7 m raus; m werden mit cm verwechselt.“

Vielen Studierenden ist es unangenehm, bei eventuell auftretenden Schwierigkeiten persönlichen Kontakt mit dem Kursleiter aufzunehmen. Stattdessen wird versucht, die Probleme mithilfe der Tutoren aus dem Weg zu schaffen. Weiters verweist er darauf, dass sich die Studierenden oft wenige Gedanken bezüglich des gewonnenen Messergebnisses machen und dieses nicht mit den zugrundeliegenden Instrumenten vergleichen. Die erhaltenen Ergebnisse bei diversen Berechnungen werden großteils nicht hinterfragt und mit dem Experiment verglichen. „Kann das stimmen“ ist zwar auch in anderen Praktika die häufigste Frage, hier kann diese allerdings eher als eine Einholung einer Bestätigung Ihrer Ergebnisse gedeutet werden und somit als ein Schlüsselhinweis auf die gute Umsetzung des Konzeptes angesehen werden. Die Studierenden haben also bereits selbständig Handlungen gesetzt und fragen lediglich nach deren Richtigkeit. Früher – und das ist durch das Erfahrungswissen zahlreicher Betreuer belegt – waren die typischen Fragen „Ich kenn mich nicht aus, wie geht das?“

Auf die Frage nach den Unterscheidungsmerkmalen der alten bzw. neuen Arbeitsbücher äußert sich der Interviewpartner folgendermaßen:

„Ein großes Problem sind die Einheiten. Rechnen mit Buchstaben. Den Studenten wäre es lieber, wenn die Einheiten bereits im Text stehen würden. Vielleicht sollte man diese noch genauer beschreiben. Hier hat sich im Vergleich zu den alten Beispielen nichts verändert. Formeln umformen ist für die meisten sehr schwer.“

Der Kursleiter zeigt hier keinen Unterschied zu den alten Arbeitsbüchern auf, sondern verweist hier darauf, dass es für die Studierenden sehr schwierig ist, auftretende Formeln entsprechend umzuformen. Dabei bereitet das Rechnen mit Variablen große Probleme. Diese Punkte sind nicht erst seit der Neugestaltung der Praktikumseinheit vorhanden und ließen sich damit auch nicht eliminieren. Das Problem ist nicht in der Physik, sondern vielmehr in der Mathematik (genauer: in der elementarsten Schulmathematik) zu suchen.

5.3 Resümee

Nach Durchführung der beiden Interviews und der Beobachtung wurde deutlich, dass der Schwierigkeitsgrad des neu gestalteten Praktikums sowohl für die Studierenden als auch für die Lehrenden und dem Beobachter als sehr befriedigend angesehen wird. Ein leichter Kritikpunkt seitens der Studierenden war die etwas zu detailarme Beschreibung mancher Geräte. Weiters wurde von allen Seiten auf die etwas zu lang geratene Fehlerrechnung hingewiesen, welche daher in Absprache mit dem Team in Zukunft reduziert wird. Für diese Entscheidung spricht auch, dass die Fehlerrechnung vor allem zu Beginn eines Studiums als sehr schwierig empfunden wird. Meist wird diese als eine Art Anwendung eines Kochrezeptes verstanden, wobei das Verständnis fehlt. Auch die Erarbeitung bzw. Durchführung der Experimente wird aufgrund der kleinschrittigen Anleitung annähernd ohne die Kenntnis der das jeweilige Experiment betreffenden Theorie ermöglicht. Diese Tatsache wurde im Rahmen des Interviews mit den Studierenden bestätigt, jedoch bereits bei der Planung der neuen Arbeitsbücher überdacht und als zielführend befunden. Dieses Defizit wird durch die der Praxis folgenden Nachbereitung ausgeglichen. Das sehr wichtige Konzept des Rechnens mit Einheiten erfordert ebenfalls einen großen Zeitaufwand und wird somit von den Studierenden kritisiert. Der Großteil würde sich eine bereits vorgegebene Angabe der Einheiten im Arbeitsbuch wünschen. In engem Zusammenhang damit steht auch das Rechnen mit Variablen. Dieser Punkt wurde jedoch nur seitens des Kursleiters erwähnt. Weil die

Studierenden dazu keine Beziehung haben und es nicht als Defizit ansehen, gaben diese dazu keinerlei Rückmeldung. Insgesamt wurde der gesamte Inhalt der neu gestalteten Übungseinheiten sowohl von den Studierenden als auch vom Kursleiter als am oberen Limit befindlich empfunden. Weiters wurde für jede der beiden Einheiten je ein positiver Aspekt hervorgehoben. Bei der Präsenz-Einheit ist es die Möglichkeit, der Befragung der Tutoren. Bei der Online-Einheit jene der selbständigen Entscheidung über die Durchführung und des dafür nötigen Zeitrahmens. Im Zuge der Analyse kristallisierte sich jedoch auch eine Diskrepanz zwischen den Studierenden und den Lehrenden heraus. Die Studierenden sind (meist aus zeitlichen Gründen) für ein Eliminieren des Diagramms bezüglich des Zusammenhanges der Viskosität mit der Temperatur, wohingegen sich die Lehrenden für eine Ergänzung (Einzeichnen des Fehlerbalkens) aussprechen.

5.4 Schriftliche Befragung

Die schriftliche Befragung kann als eine Art formalisiertes Interview angesehen werden. Ein bzw. der wesentliche Unterschied zum narrativen Interview ist, dass der Interviewer eine weitaus geringere Möglichkeit hat, auf die Fragen der Interviewten zu reagieren. Aufgrund der relativ problemlosen Organisation wird der Fragebogen oft als Instrument zur Datensammlung verwendet. Die Brauchbarkeit hängt natürlich wesentlich von der Qualität der Fragen ab. „Selbst wenn die Fragen zufrieden stellend formuliert sind, d.h. wenn die Adressaten sie so verstehen, wie der Autor sie verstanden wissen möchte, und in der Lage sind, sie zu beantworten, ist der Erkenntnisgewinn durch einen Fragebogen oft wesentlich geringer als erwartet“ (Altrichter & Posch 2007). Der Großteil der Fragen war bereits vor Neugestaltung des Praktikums von einer Studierenden sowie Clemens Nagel ausgearbeitet und musste nur noch leicht adaptiert werden. Hauptaugenmerk liegt auf der Formulierung der Fragen, um einen möglichen Verständniskonflikt zu vermeiden. Weiters wurden die Anregungen zur Gestaltung und Verwendung von Fragebögen von Altrichter & Posch (2007, 168) angewendet und umgesetzt.

Der Fragebogen „Post“ besteht zum Großteil aus geschlossenen Fragen inklusive Antwortraster zum Ankreuzen. Die Studierenden können die einzelnen Fragen mittels Schulnotensystem beantworten (von 1: trifft völlig zu bis 5: trifft gar nicht zu). Die einzige

Abweichung gibt es bei der Frage nach dem für die Durchführung der jeweiligen Einheit benötigten Zeit. Hier war die Angabe in Stunden mittels metrischem System erforderlich. Der Fragebogen Post wurde an sämtliche Studierende und in allen Kurstagen verteilt und im Zuge dessen von eben diesen ausgefüllt. Diese schriftliche Befragung fand somit an sechs Kurstagen statt, wobei an manchen Tagen zwei Kurstermine abgehalten wurden. Insgesamt wurden somit 159 Studierende befragt.

Die Codierung und Auswertung des Fragebogens Post wurde von Jakob Bauer sowie vom Verfasser der Diplomarbeit mithilfe von SPSS durchgeführt. Die Aufteilung der auszuarbeitenden Fragenteile erfolgte in beidseitiger Übereinkunft. Durch Angabe eines angeleiteten Codenamens ist der Fragebogen anonym und dennoch personenbezogen. Damit wird sichergestellt, dass die jeweiligen Antworten zu den einzelnen Fragen miteinander in Beziehung gesetzt werden können. Der Test besteht zum Einen aus kurzen Testskalen zu „intrinsische Motivation“, „Lernstrategien“ und „kognitives Engagement“ aus der getesteten Auswahl von Berger und Hanze (2004), zum Anderen aus von Nagel (2009) selbst generierten Fragen zu Lerntypenkategorisierung und eLearning - Nutzertypenkategorisierung.

Bei der Gestaltung des Fragebogens Post wurde auf das Motivationsmodell nach Ryan & Deci (1993) Rücksicht genommen. Das Modell beinhaltet fünf Faktoren (Soziale Eingebundenheit SE, Autonomie erleben AE, Kompetenz erleben KE, Intrinsische Motivation IM sowie Engagement ENG), wobei jeder der Faktoren mit zwei Fragen / Items getestet wird. Die vier Typen der Lernstrategie der Studierenden wurde mit jeweils einem Item getestet. Zur Messung der Anstrengungsbereitschaft wurden drei Items eingebunden. Weiters wurde noch der Nutzungs- sowie der Lerntyp untersucht. Letztere sind entweder – oder Typisierungen, wobei bei gleicher Fragenausrichtung (Polung) mittels des in SPSS implementierten Cronbach – Alpha – Tests eine Reliabilitätsmessung durchgeführt werden kann. Hochreliable Ergebnisse sind annähernd frei von Zufallsfehlern, was bei Wiederholung des Tests unter gleichen Rahmenbedingungen (was aber hier praktisch nicht möglich ist) ein nahezu identes Ergebnis liefern würde. Jede der möglichen Gruppen wurde auf die Anzahl gültiger Antworten überprüft. Gültig bedeutet hier und auch im Folgenden, dass bei der entsprechenden Frage auch eine Antwort in Form eines „Kreuzes“ gegeben wurde. Diese Information wird in der Tabelle „Zusammenfassung der Fallverarbeitung“ in Bezug auf die jeweils untersuchte Gruppe wiedergegeben. Diese Tabelle inkludiert somit die Anzahl (auch prozentuell) der gültigen sowie der ausgeschlossenen Antworten. Wo es Sinn hat, werden

zwei Tabellen zur Reliabilität angeführt, wobei in ersterer – der Reliabilitätsstatistik - die Reliabilität der gesamten Gruppe und in letzterer – der Item – Skala – Statistik - eben diese Reliabilität bei „Weglassen“ einer zugehörigen Frage dargestellt wird. Weiters wurde zu jeder Gruppe ein Balkendiagramm erstellt, welches die jeweilige Anzahl der fünf Antwortmöglichkeiten („trifft völlig zu“ bis „trifft gar nicht zu“) aufzeigt. Ergänzend wurde diesbezüglich noch eine Tabelle mit dem Mittelwert sowie der zugehörigen Standardabweichung angefertigt. Aufgrund der Möglichkeit, die aus der schriftlichen Befragung gewonnenen Informationen mit einer bereits bestehenden neu gestalteten Online-Einheit zu vergleichen, wurde die Einheit O – Optik ebenfalls ausgewertet und die zugehörigen Ergebnisse dargestellt.

Die offene Frage zum Thema Wünsche, Ideen, Kritiken und Verbesserungsvorschläge wurde quantitativ dargestellt und in Kategorien (nach Anzahl und Auftreten gleicher Antworten) zusammengefasst. Die neben der in Tabelle 1 jeweiligen Antwort stehende Zahl spiegelt die Häufigkeit eben dieser wieder (Positive bzw. negative Rückmeldungen werden getrennt voneinander dargestellt).

Positives:	
Online - Einheit	Präsenz - Einheit
Zeiteinteilung 5x	rasche Hilfe / gute Betreuung 12x
Verbindung mit ernährungswissenschaften 3x	verständlicher 4x
besser erklärt 3x	Diskussion mit Partner / Betreuer 6x
guter Überblick 2x	Anforderung / Aufwand 1x
Gestaltung 2x	Arbeitsklima 3x
Alltagsbezug 1x	
Abwechslungsreich 1x	
interessant aufgebaut 1x	
Negatives	
Online - Einheit	Präsenz - Einheit
zeitintensiv 14x	umständlich formuliert 1x
unverständlich 7x	könnte anspruchsvoller sein 1x
manche IBE nicht gut funktioniert 5x	
kein Feedback 4x	
zu viel Theorie 3x	
keine Hilfestellung 3x	
unübersichtlich / ständiges blättern 3x	
Vorbesprechung zu Online wäre sinnvoll 3x	
Werte oft nicht erkennbar 3x	
Formulierung / Beschreibung 2x	
schwierige / zu viele Rechenbeispiele 2x	
Tipps nicht immer hilfreich / knifflig 2x	
man lernt nichts 1x	

Tabelle 1: Kategorisierung der offenen Frage

Zusammenfassung der aus der Kategorisierung gewonnenen Informationen

Bezüglich der Präsenz-Einheit ergab diese Kategorisierung folgendes Bild:

Positives Feedback gab es vor allem in Bezug auf die rasche und gute Betreuung durch die Tutoren bzw. des Kursleiters. Weiters wurde die Gruppengröße, das gesamte Team sowie die damit zusammenhängende Möglichkeit der Diskussion als äußerst positiv hervorgehoben. Einige Studierende empfanden die Präsenz-Einheit als besser verständlich, anschaulicher und logischer gegenüber den Online-Einheiten. Negative Rückmeldungen punkto Präsenz-Einheit waren eher die Ausnahme. Ein Studierender kritisiert hier den etwas zu einfachen Aufbau der

Arbeitsbücher. Weiters wurde auch auf den unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad der Fragestellungen hingewiesen.

Bezüglich der Online-Einheit ergab diese Kategorisierung folgendes Bild

Besonders oft wurde die Möglichkeit der selbständigen und zeitunabhängigen Durchführung der Einheiten erwähnt. Von einigen Studierenden wurde die Gestaltung als sehr positiv bezeichnet. Weiters wurde die sehr gute Heranführung an die jeweiligen Themen hervorgehoben. Auch die Verbindung zum Hauptfach der Studierenden wurde in der Online – Einheit deutlicher als bei der Präsenz – Einheit. Auf der anderen Seite gab es auch einige Kritikpunkte an der Online – Einheit. Am häufigsten wurde die zu zeitintensive Erarbeitung der einzelnen Aufträge aufgrund der manchmal zu detailarmen bzw. unverständlichen Formulierungen angeführt. Dies lässt sich auch darauf zurückführen, dass manche IBEs nicht auf Anhieb bzw. gar nicht funktioniert haben (diese Tatsache wurde von fünf Studierenden angeführt). Damit im Zusammenhang steht die leider unmögliche Besprechung bzw. Befragung mit Partnern und / oder Tutoren. Als Verbesserungsvorschlag wurde die Einführung einer Vorbesprechung zur jeweiligen Online-Einheit angeführt.

5.4.1 Ergebnisse der schriftlichen Befragung

Bereits bei der ersten Durchsicht war eine durchwegs positive Einstellung gegenüber der neu gestalteten Praktikumseinheiten ersichtlich. Im Folgenden werden die aus der schriftlichen Befragung gewonnenen Ergebnisse dargestellt.

5.4.2 Auswertung der einzelnen Gruppen

Motivation

Nach Bauer (2010) gibt der Cronbach Alpha Test (0,836) an, dass die 10 Items eine sehr zuverlässige Motivationsmessung ergeben. Diese Gruppe wurde in Untergruppen unterteilt. Diese waren:

Item Untergruppe – Soziale Eingebundenheit (SE1, SE2)

Hier zeigt Bauers Auswertung, dass sich die Studierenden sozial eingebunden fühlten. Die Studierenden empfinden also die Stimmung während des Kurses als angenehm. Dies wurde durch die hohe Zustimmung der beiden Items SE1 und SE2 bestätigt.

Item Untergruppe – Kompetenzerleben (KE1, KE2)

Nach Bauer (2010) haben die Studierenden das Gefühl, Dinge verstanden zu haben und den Anforderungen gewachsen zu sein. Nur 15% der Studierenden befanden die Items KE1 und KE2 als eher oder gar nicht zutreffend.

Item Untergruppe – Autonomie erleben (AE1, AE2)

Hier zeigt Bauers Auswertung, dass die Studierenden das selbständige Arbeiten während des Praktikums erlebt haben. Dem Item AE1 wurde von über 80% eher oder völlig zugestimmt, während dem Item AE2 nur von 40% zugestimmt wurde. Dies spiegelt die angestrebte Tatsache wieder, dass die Studierenden die Experimente anhand der neuen Arbeitbücher zwar eigenständig durchführen können, ihnen dadurch aber auch die möglichen Entscheidungsspielräume eingeschränkt bzw. genommen werden.

Item Untergruppe Intrinsische Motivation (IM1, IM2)

Das Ergebnis zeigt hier die niedrigsten Werte. Nach Bauer (2010) ist der Großteil der Studierenden bezüglich der Motivation während des Arbeitens leicht positiv eingestellt. Dies ist auch leicht verständlich, da die intrinsische Motivation der Ernährungswissenschaftsstudenten für den Besuch einer Lehrveranstaltung außerhalb deren Studiengbietes nur bei einer geringen Gruppe Studierender auf hohem Level angesiedelt sein wird.

Item Untergruppe – Engagement (ENG1, ENG2)

Nach Bauer (2010) hatte die Mehrheit der Studierenden das Gefühl, konzentriert und engagiert zu arbeiten. Dies wird auch von den Mittelwerten ENG1 (2,31) bzw. ENG2 (2,25) bestätigt

Lernstrategie

Nach Bauer (2010) zeigt das Ergebnis, dass die Studierenden von sich den Eindruck haben, sich viele Fakten eingeprägt zu haben und den Stoff mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft zu haben. Dieser Item fand dabei die größte, während jener zur kritischen Prüfung der Inhalte die geringste Zustimmung fand.

Anstrengungsbereitschaft

Nach Bauer (2010) zeigt das Ergebnis des Cronbach Alpha Tests (0,758), dass die drei zugehörigen Items die Anstrengungsbereitschaft der Studierenden zuverlässig angeben. Die Auswertung ergibt, dass die Studierenden so fleißig wie möglich auch an schwierigeren Aufgaben gearbeitet haben, um sich Wissen und Fertigkeiten anzueignen. Sämtliche Mittelwerte liegen bei etwa 2,00.

Nutzungstypen

Nach Bauer (2010) gibt der Cronbach Alpha Test (0,729) auch bei diesen vier Items an, dass die vier Items eine sehr zuverlässige Messung zur Bestimmung der Nutzungstypen sind. Die zugehörigen Mittelwerte zeigen, dass die Studierenden das Angebot der Übungseinheiten völlig bzw. eher genutzt haben.

Lerntyp

Post_LeTy1: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, achte ich darauf, alle Lernziele zu erreichen.

Post_LeTy2: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, investiere ich möglichst wenig Zeit und Arbeit.

Post_LeTy3: Während einer Lehrveranstaltung will ich mitdenken und Inhalte verstehen.

Post_LeTy4: Während einer Lehrveranstaltung will ich Aufgaben schnell erledigen, egal ob ich die Inhalte dabei verstanden habe.

Die nachstehenden Tabellen (1 – 3) geben Auskunft über die Auswertung der Gruppe „Lerntyp“. Hier wird auf den in Nagel (2009) beschriebenen Lerntypenunterschied (aufwandsökonomischer vs. lernzielorientierter Lerntyp) getestet.

		Anzahl	%
Fälle	Gültig	159	100
	Ausgeschlossen(a)	0	0
	Insgesamt	159	100

Tabelle 2: Zusammenfassung der Fallverarbeitung - Lerntyp

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,573	4

Tabelle 3: Reliabilitätsstatistik - Lerntyp

	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Post_LeTy1	0,515
Post_LeTy2	0,551
Post_LeTy3	0,496
Post_LeTy4	0,443

Tabelle 4: Item-Skala-Statistik - Lerntyp

Die Variablen Post_LeTy2 und Post_LeTy4 wurden dabei umkodiert, da diese Fragen negativ formuliert waren. Der Wert liegt in diesem Fall bei 0,573 (Tabelle 3). Die Skala ist zwar nicht besonders zuverlässig, aber für die geringe Anzahl der Items trotzdem gut. Jeder Studierende ist somit in manchen Bereichen eher untätig dafür in anderen Bereichen engagiert. (z. B: einem Studierenden ist das Erreichen der Lernziele wichtig, hingegen möchte er so wenig Zeit wie möglich dafür investieren). Weiters zeigt die Item Skala Statistik (Tabelle 4), dass kein einzelner Wert – bei Ausgliederung – das Ergebnis negativ beeinflusst. Die Reliabilitätsstatistik sagt aus, dass diese Fragen eher nicht das gleiche Konstrukt abfragen, aber für die geringe Anzahl an Items ein befriedigendes Ergebnis liefert.

Das nachstehende Balkendiagramm zeigt die Anzahl der gewählten Antwortmöglichkeit für jede Frage zur Gruppe Lerntyp.

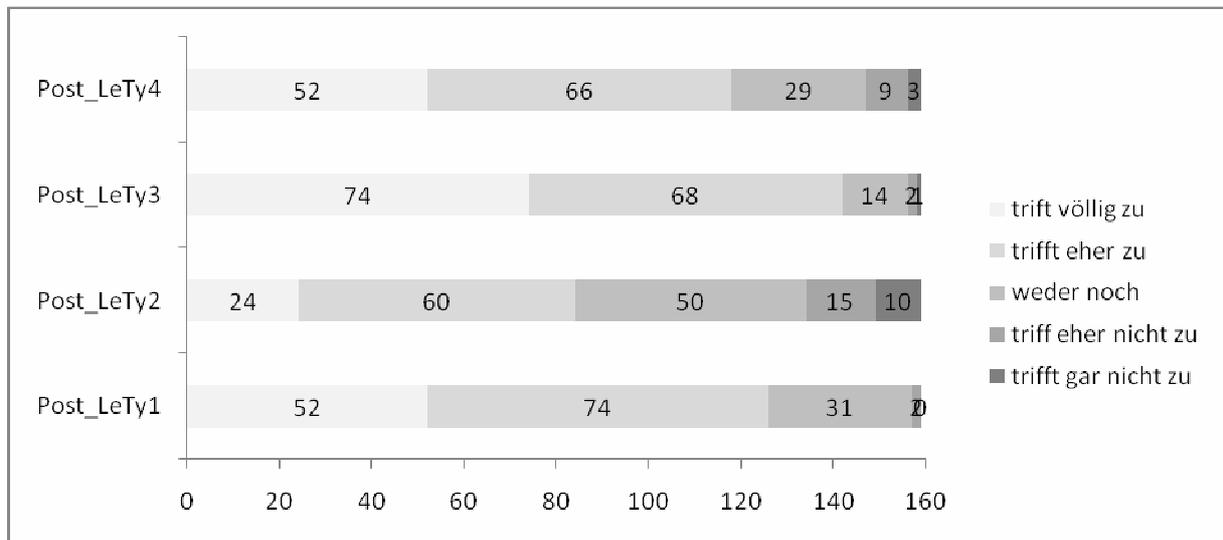


Abbildung 45: Balkendiagramm – Häufigkeiten Lerntyp

	LeTy1	LeTy2	LeTy3	LeTy4
Mittelwert	1,89	2,54	1,67	2,03
Standardabweichung	0,751	1,060	0,743	0,954

Tabelle 5: Lerntyp - Mittelwert und Standardabweichung

Ergebnisse:

Post_LeTy1:

Dem überwiegenden Teil der Studierenden ist es sehr wichtig, die vorgegebenen Lernziele so gut wie möglich zu erfüllen. Dies ist einleuchtend, da bei nicht - Erreichen dieser die LV nicht positiv abgeschlossen werden kann. Der Mittelwert von 1,89 und die Standardabweichung von 0,751 bestätigen diese Erkenntnis.

Post_LeTy2:

Diese Frage wurde aufgrund der negativen Formulierung umkodiert (um ein sinnvolles Ergebnis beim Cronbach-Alpha Test zu erreichen). Das Ergebnis zeigt deutlich, dass die Studierenden nicht allzu großen Wert auf eine möglichst kurze Vorbereitungszeit legen. Der Mittelwert von 2,54 zeigt, dass es vielen Studierenden wichtiger ist, sich gut auf das Praktikum vorzubereiten und die Intensität bzw. Dauer der Vorbereitung nebensächlich ist.

Post_LeTy3:

Das Mitdenken und vor allem das Verständnis des für das Praktikum nötigen physikalischen Hintergrundwissens ist den Studierenden von äußerster Wichtigkeit. Rund 90% (142 v. 159) der Studierenden beantworteten diese Frage mit „trifft eher“ bzw. „trifft völlig“ zu.

Post_LeTy4:

Die schnelle Erledigung der Aufgaben ist für den Großteil der Studierenden nur dann wichtig, wenn sie auch den physikalischen Inhalt verstehen. Weniger als 10% der Studierenden legt nur Wert darauf, sämtliche Aufgaben schnell zu erledigen ohne Rücksicht auf das Verständnis.

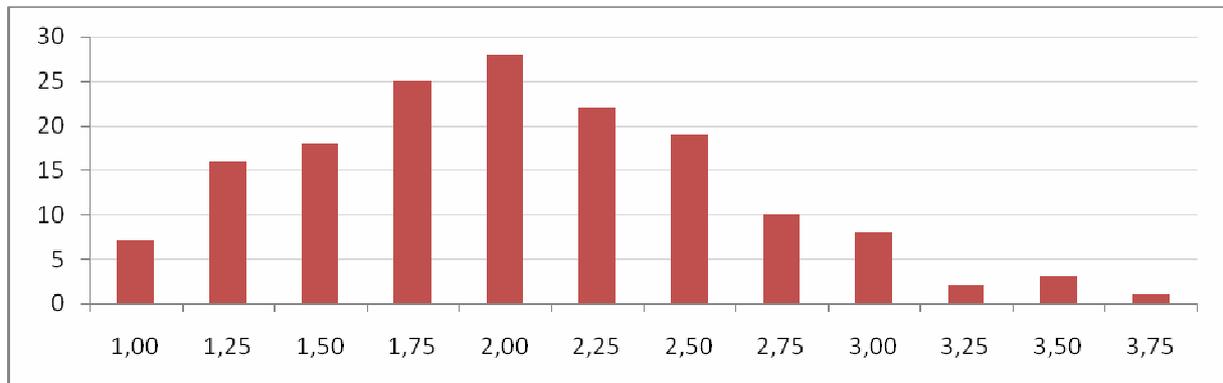


Abbildung 46: Histogramm Summe-Lerntyp

Im Zuge des in Abbildung 46 dargestellten Histogrammes wurden sämtliche Antworten der zur Gruppe Lerntyp zugehörigen Fragestellungen addiert (dabei wurde in SPSS eine neue Variable deklariert: $\text{Sum_LeTy} = \text{LeTy 1} + \text{LeTy2} + \text{LeTy3} + \text{LeTy4}$. Mögliche Ergebnisse können somit zwischen 4,0 und 20,0 variieren) und im Anschluss durch die Anzahl (in diesem Fall vier) der Fragen dividiert. Auf der Ordinatenachse ist die Anzahl der Studierenden aufgetragen. Somit erhält man wieder ein „Antwortenspektrum“ von „trifft völlig zu“ bis „trifft gar nicht zu“ (Abszissenachse). Keiner der Studierenden beantwortete die Fragen schlechter als mit einem Wert von 3,75. Anhand des Histogramms (Abb. 46) ist zu erkennen, dass der Großteil der Studierenden mit einer positiven Einstellung an das Praktikum herangeht und sich auch dementsprechend gut vorbereitet. Dabei wird das physikalische Verständnis gegenüber dem Zeitaufwand als wichtiger empfunden. Der Test zeigt auch, dass es keine Studierenden gibt, welchen die Beschäftigung mit dem im Zusammenhang mit dem Praktikum stehenden Inhalt bzw. Verständnis gar nicht wichtig ist. Eine Identifikation von

zwei verschiedenen Lerntypen ist hier nur schwierig möglich, da das Ergebnis sehr deutlich normalverteilt ist.

Unterlagen

Unterlagen: Die zur Verfügung gestellten Unterlagen ermöglichen eine gute Orientierung über die gestellten Aufgaben.

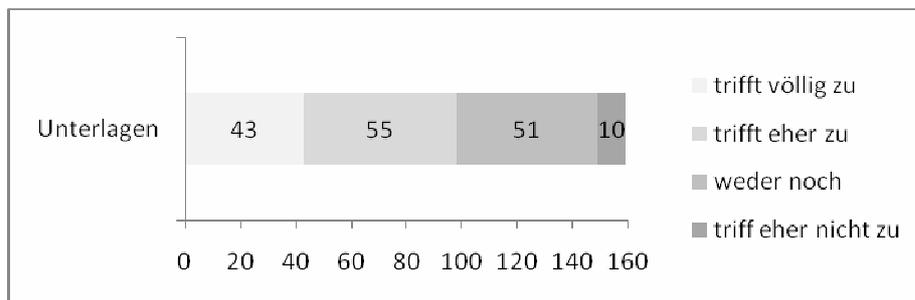


Abbildung 47: Balkendiagramm – Häufigkeiten Unterlagen

	Unterlagen
Mittelwert	2,18
Standardabweichung	0,904

Tabelle 6: Mittelwert und Standardabweichung - Unterlagen

Ergebnis:

Aufgrund des Mittelwertes von 2,18 ist hier deutlich zu erkennen, dass die neu gestalteten Unterlagen eine gute Orientierung über die gestellten Aufgaben bieten. Das schrittweise Heranführen an die jeweiligen Aufgaben wird also als eher positiv empfunden.

Ausrüstung

Ausrüstung: Die experimentelle Ausrüstung ist in gutem Zustand und einsatzfähig.

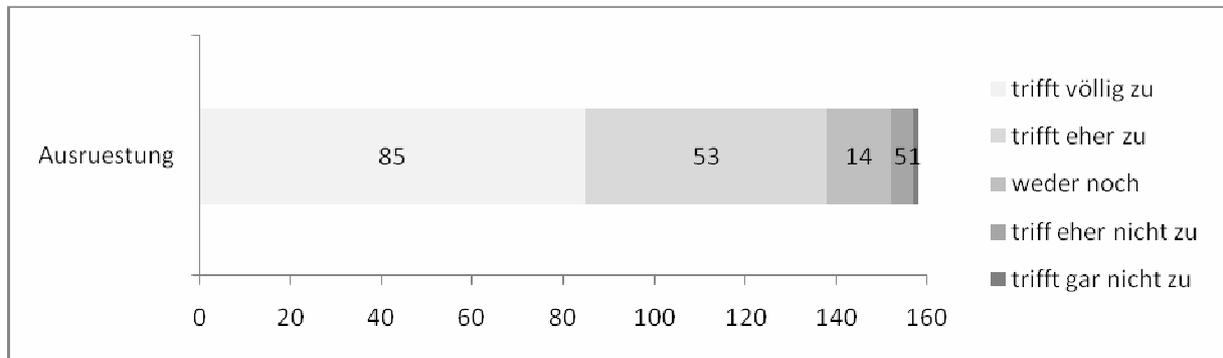


Abbildung 48: Balkendiagramm – Häufigkeiten Ausrüstung

	Ausrüstung
Mittelwert	1,63
Standardabweichung	0,824

Tabelle 7: Mittelwert und Standardabweichung – Ausrüstung

Ergebnis:

Die zur Verfügung gestellten experimentellen Materialien werden von den Studierenden als sehr gut – bezüglich des Zustandes - empfunden. Der sehr geringe Mittelwert ist ein weiteres Indiz für diese Annahme.

Aufgaben

Aufgaben: Die Aufgaben sind so eingeteilt, dass sie in der vorgesehenen Zeit bewältigt werden können.

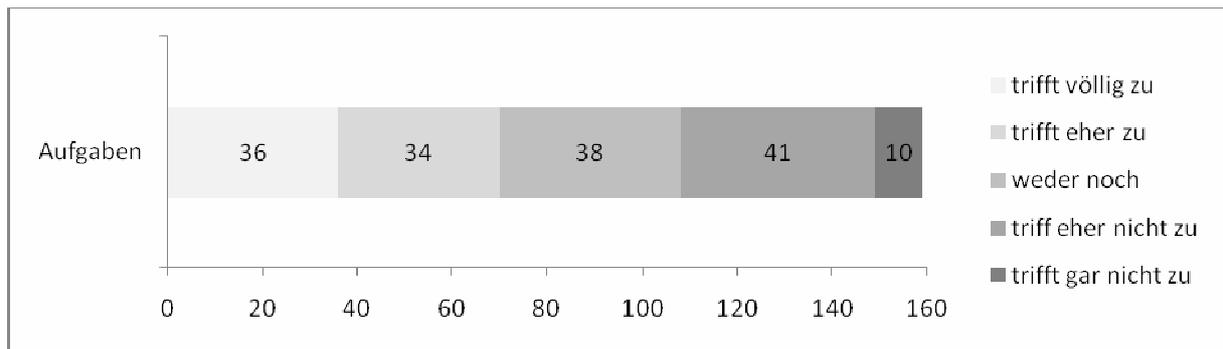


Abbildung 49: Balkendiagramm –Häufigkeit - Aufgaben

	Aufgaben
Mittelwert	2,72
Standardabweichung	1,25

Tabelle 8.: Mittelwert und Standardabweichung – Aufgaben

Ergebnis:

In Bezug auf den Umfang der jeweiligen Einheiten ergibt sich eine breitere Verteilung der Antworten. Rund 30% empfinden die Praktikumseinheiten als zu umfangreich. Dies äußert sich dahingehend, dass einige Berechnungen bei den Präsenz-Einheiten entweder weggelassen oder nach Ablauf der verfügbaren Zeit nachgeholt werden (innerhalb oder außerhalb der Praktikums-Räumlichkeiten). Nur etwas weniger als der Hälfte der Studierenden ist es möglich, sämtliche Aufgaben im vorgegebenen Zeitrahmen zu erledigen (70 von 159).

Rel1

Rel1: Ich habe den Eindruck, dass die behandelten Inhalte für mein Studium relevant sind.

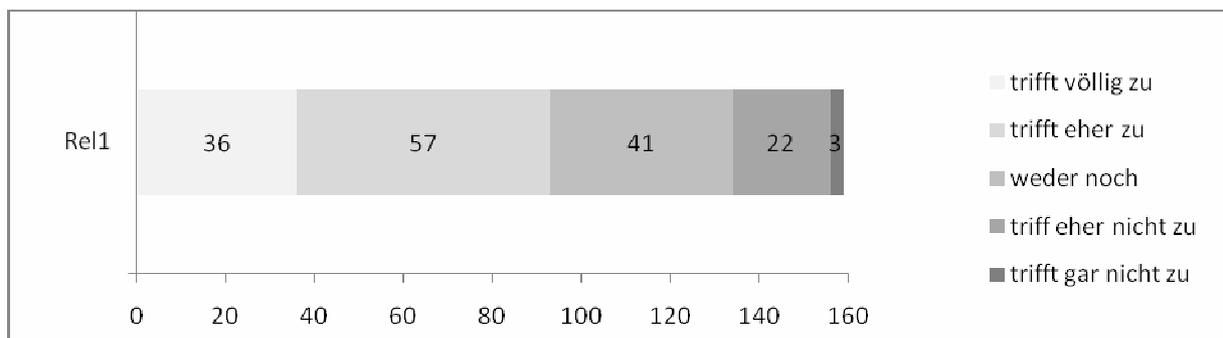


Abbildung 50: Balkendiagramm -Häufigkeit – Rel1

	Rel1
Mittelwert	2,36
Standardabweichung	1,040

Tabelle 9: Mittelwert und Standardabweichung Rel1

Ergebnis:

Der Großteil der Studierenden hatte den Eindruck, dass die behandelten Themen bzw. Inhalte für ihr Studium relevant sind. Für einen verschwindend geringen Teil (3) war dieser Eindruck nicht vorhanden. Dass es einen verschwindend kleinen Teil gibt, ist wahrscheinlich auch auf den „ernährungswissenschaftlichen Bezug“ – auf den bei der Gestaltung der Arbeitsbücher bzw. Online-Praktika großen Wert gelegt wurde – zurückzuführen.

Online-Einheit O

Post_O1: Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren...

Post_O2: Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren...

Post_O3: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war...

Post_O4: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war in etwa (in Stunden)

Die nachfolgende Auswertung bzw. die Beschreibung der Ergebnisse der Fragestellungen zur neu gestalteten Einheit O wurde hier nur als Vergleich für die Rahmen dieser Diplomarbeit erstellten Einheit K implementiert.

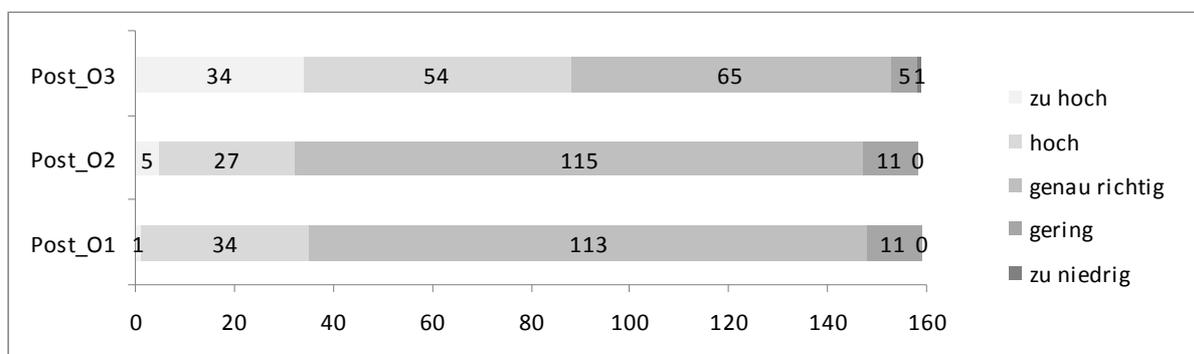


Abbildung 51: Balkendiagramm–Häufigkeit–Geometrische Optik

	Post_O1	Post_O2	Post_O3
Mittelwert	2,84	2,84	2,28
Standardabweichung	0,534	0,585	0,856

Tabelle 10: Mittelwert und Standardabweichung – Geometrische Optik

Ergebnis zu Post_O1 und Post_O2:

Die inhaltlichen sowie die experimentellen Anforderungen wurden von über 70% der Studierenden als genau passend empfunden. Allerdings waren mehrere der Meinung, dass die Anforderungen zu hoch angesetzt wurden als zu niedrig.

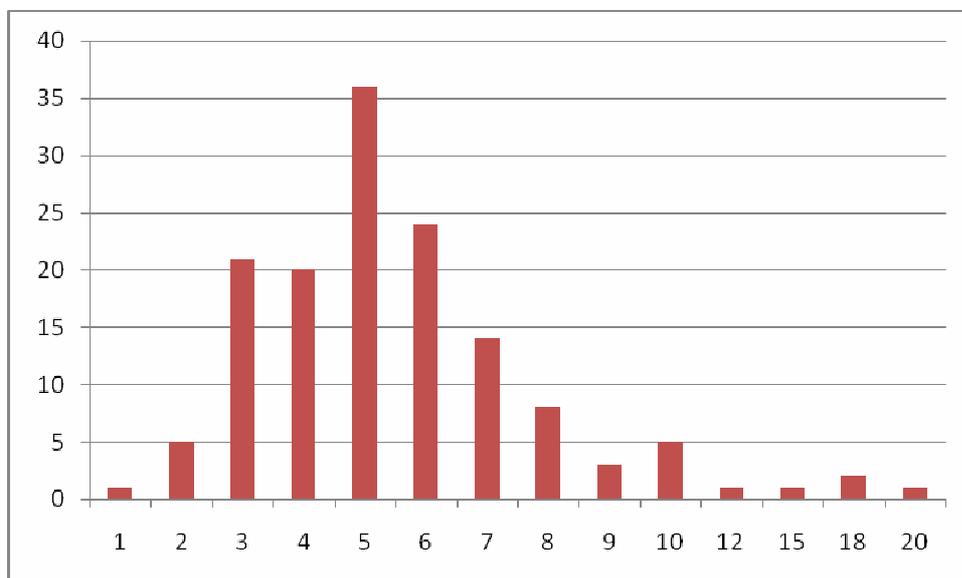


Abbildung 52: Post_O4: Arbeitsaufwand – Geometrische Optik (in Stunden)

Das Diagramm (Abbildung 52) stellt die Anzahl der Studierenden (Ordinatenachse) dem Arbeitsaufwand (in Stunden) gegenüber.

	Post_O4
Mittelwert	5,63
Standardabweichung	2,850

Tabelle 11: Mittelwert und Standardabweichung zum Arbeitsaufwand – Geometrische Optik

Punkto Arbeitsaufwand zeigt sich diesbezüglich ein noch deutlicheres Bild. Der große Teil empfindet ihn genau richtig. Nur 6 Studierende sind der Meinung, der Aufwand sei zu

niedrig. Für mehr als die Hälfte war der Arbeitsaufwand jedoch zu hoch angesetzt. Betrachtet man aber das Diagramm (Abbildung 52) bezüglich des Arbeitsaufwandes in Stunden, erkennt man, dass die Mehrheit 5,6 oder weniger Stunden an Zeit für das Praktikum investiert und somit der vorgesehene Zeitrahmen von 5 bis 6 Stunden pro Praktikumseinheit nur von wenigen überschritten wird.

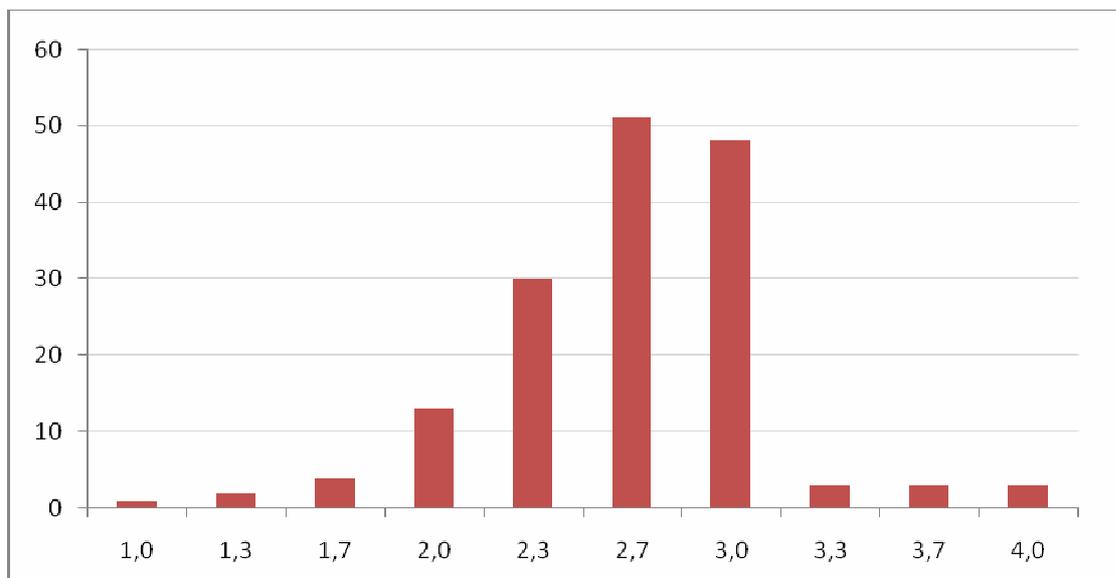


Abbildung 53: Histogramm Summe Geometrische Optik = Summe aller Anforderungen (inhaltlich, experimentell, zeitlich)

Die Ordinatenachse in Abbildung 53 spiegelt die Anzahl der Studierenden wieder. Gliedert man das Histogramm (Abbildung 53) in drei Teile ($<2,0$; $2,0 - 3,0$; $>3,0$), so gewinnt man einige Aufschlüsse bezüglich den Anforderungen und dem Arbeitsaufwand. Für mehr als 90% der Studierenden sind der Arbeitsaufwand und die Anforderungen genau richtig bzw. etwas zu hoch angesiedelt. Nur ein sehr geringer Prozentsatz fühlt sich den Vorgaben nicht gewachsen ($<2,0$) bzw. empfindet das Anforderungslevel viel zu niedrig ($>3,0$).

Online-Einheit W

Nach Bauer (2010) zeigen die Ergebnisse, dass die inhaltlichen (W1), experimentellen (W2) und zeitlichen (W3) Anforderungen an die Studierenden im Bereich des Möglichen liegen, wobei der Arbeitsaufwand als eher zu hoch angegeben wird (113 von 159). Der Großteil gibt an, in etwa 4 bis 8 Stunden an der Einheit gearbeitet zu haben.

Online-Einheit K

Post_K1: Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren...

Post_K2: Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren...

Post_K3: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war...

Post_K4: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war in etwa (in Stunden)

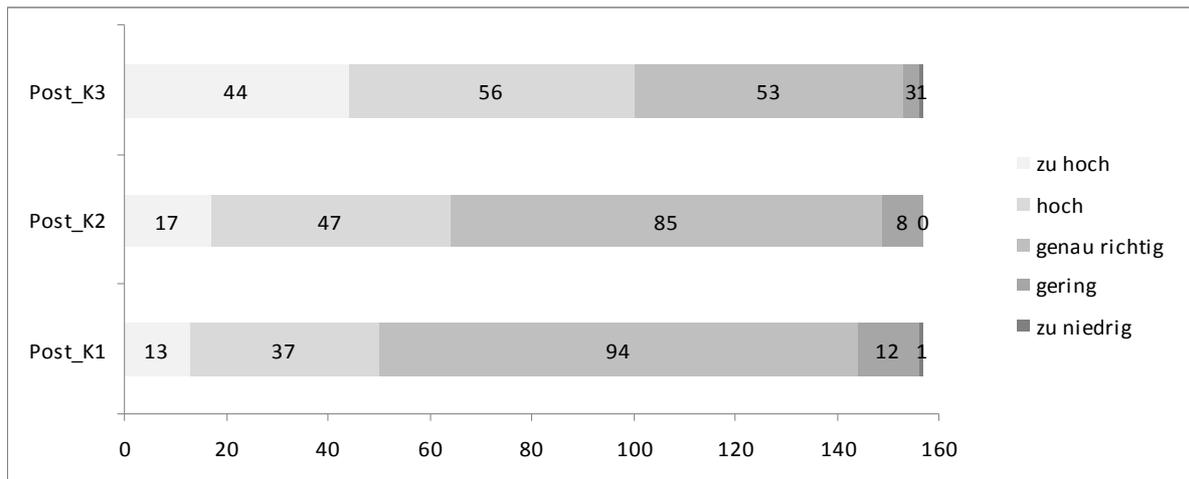


Abbildung 54: Streifendiagramm – Häufigkeiten Kalorimetrie

	Post_K1	Post_K2	Post_K3
Mittelwert	2,69	2,54	2,11
Standardabweichung	0,758	0,756	0,862

Tabelle 12: Mittelwert und Standardabweichung zur Online – Einheit K

Ergebnisse zu Post_K1 und Post_K2:

Analog zu der Online-Einheit Geometrische Optik empfand die überwiegende Mehrheit die Anforderungen in inhaltlicher bzw. experimenteller Hinsicht als genau passend. Auch erkennt man, dass ein verschwindender Teil der Studierenden die Anforderungen als zu niedrig einstuft. Rund 30% empfindet sie allerdings etwas zu hoch bis völlig zu hoch.

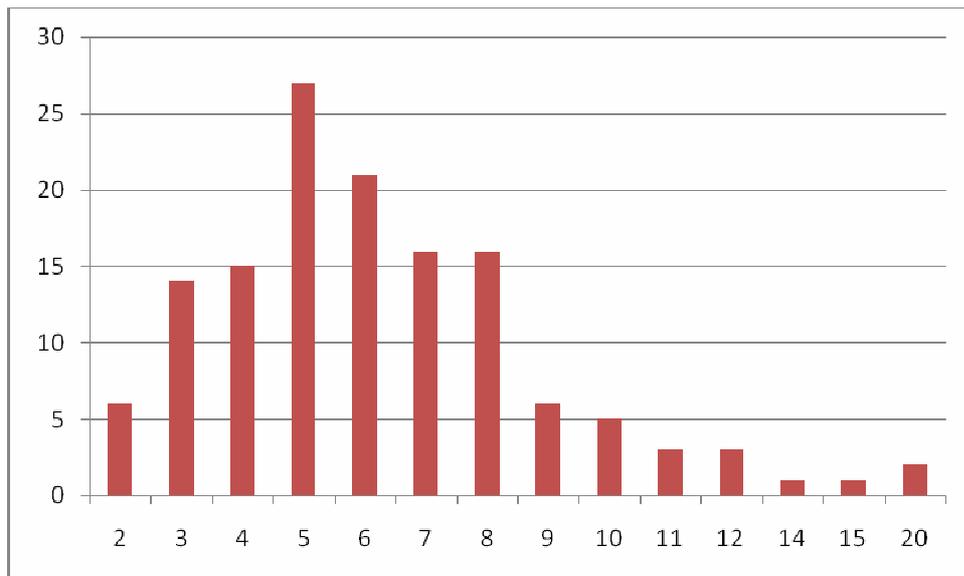


Abbildung 55: Arbeitsaufwand Kalorimetrie (in Stunden)

Wie auch bei der Online-Einheit O gibt die Ordinatenachse in Abbildung 55 die Anzahl der Studierenden wieder. Die Abszissenachse beschreibt den Arbeitsaufwand in Stunden.

	Post_K4
Mittelwert	6,30
Standardabweichung	3,019

Tabelle 13: Mittelwert und Standardabweichung zum Arbeitsaufwand Kalorimetrie

Der Arbeitsaufwand wird von der Mehrheit als eher zu hoch bis gerade noch passend eingestuft. Man erkennt deutlich (Tabelle 13), dass sich der Mittelwert des Arbeitsaufwandes in Stunden im Gegensatz zu jenem bei der geometrischen Optik zu größeren Zahlen hin verschiebt (MW:6,30). Somit liegt der durchschnittliche Arbeitsaufwand über dem vorgegebenen Sollwert von 5,00 Stunden. Allerdings ist auch die Streuung größer.

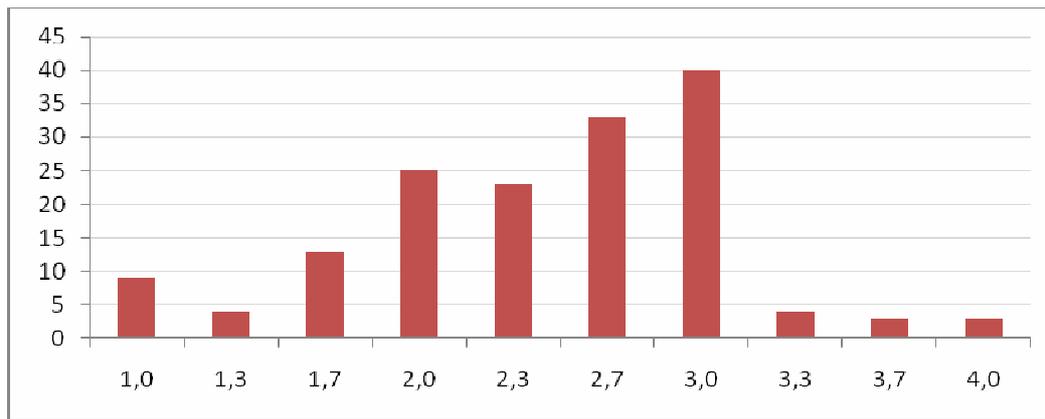


Abbildung 56: Histogramm Summe Kalorimetrie = Summe aller Anforderungen (inhaltlich, experimentell, zeitlich)

Auf der Ordinatennachse in Abbildung 56 wurde die Anzahl der Studierenden abgebildet. Auch hier kristallisieren sich drei Gruppen heraus: $<2,0$; $2,0 - 3,0$; $>3,0$. Die Große Mehrheit der Studierenden empfindet den Arbeitsaufwand bzw. die Anforderungen als ihren Fähigkeiten entsprechend bis leicht zu hoch. Ein vernachlässigbarer Teil hätte kein Problem damit, wenn die Versuche auf einem höheren Level angesiedelt wären. Rund 15% sehen sich den Anforderungen und dem Arbeitsaufwand als nicht gewachsen.

Allgemeine Fragestellungen zu den Online-Einheiten

Post_Online1: Die Online-Einheiten machten mir den Bezug zu meinem Studienfach anschaulich deutlich

Post_Online2: Die Online-Einheiten machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich

Post_Online3: Bei den Online-Einheiten wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie klar.

Post_Online4: Die Inhalte der Online-Einheiten halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig

Post_Online5: Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Online-Einheiten nach Abschluss des Praktikums noch einmal benutzen werde.

Post_Online6: Die Anleitung in den Online-Einheiten war ausreichend zur Durchführung der Versuche.

Post_Online7: Die Art der Versuchsdurchführung in den Online-Einheiten ermöglichte das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse.

Post_Online8: Ich habe die Online-Einheiten mit Interesse bearbeitet.

		Anzahl	%
Fälle	Gültig	149	93,71
	Ausgeschlossen(a)	10	6,29
	Insgesamt	159	100

Tabelle 14: Zusammenfassung der Fallverarbeitung – Online-Einheiten

Die in Tabelle 14 angegebenen ausgeschlossenen Fälle kommen aufgrund keiner bzw. mehrfacher Antworten zur jeweiligen Frage zustande.

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,850	8

Tabelle 15: Reliabilitätsstatistik - Online-Einheiten

	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Post_Online1	0,836
Post_Online2	0,825
Post_Online3	0,826
Post_Online4	0,827
Post_Online5	0,845
Post_Online6	0,842
Post_Online7	0,837
Post_Online8	0,819

Tabelle 16: Item Skala Statistik - Online-Einheiten

Der Wert für das Cronbach Alpha (0,850) ist hier ein Indiz dafür, dass die Fragen bezüglich der Qualität der Online-Einheiten große Reliabilität aufweisen. Dies erkennt man auch an der Item-Skala Statistik, da kein Item das Ergebnis negativ beeinflusst.

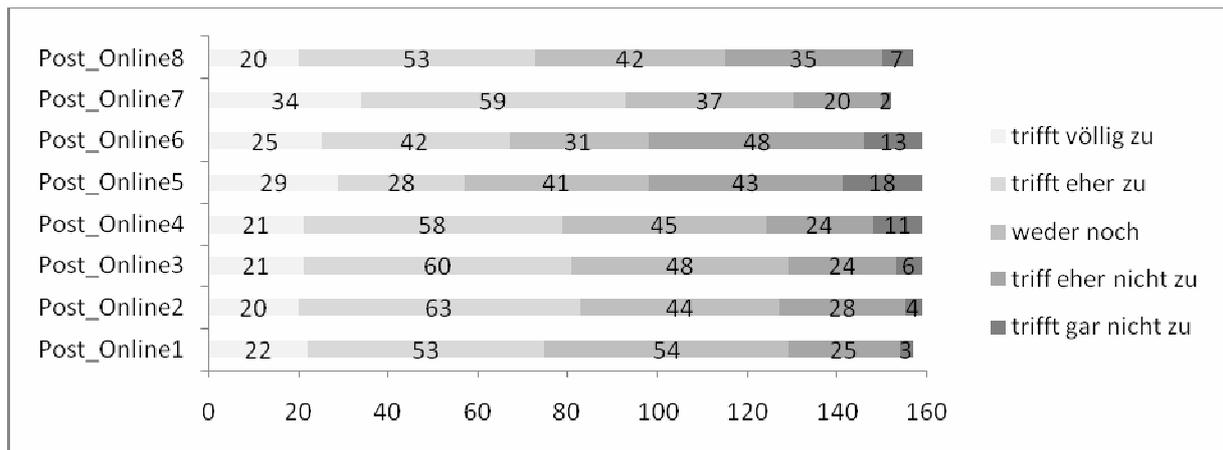


Abbildung 57: Balkendiagramm – Häufigkeiten Online-Einheiten

	Post_On1	Post_On2	Post_On3	Post_On4	Post_On5	Post_On6	Post_On7	Post_On8
Mittelwert	2,58	2,58	2,58	2,66	2,96	2,89	2,32	2,72
Standardabw.	0,981	1,002	1,021	1,101	1,280	1,232	1,007	1,085

Tabelle 17: Mittelwert und Standardabweichung – Online-Einheiten (Die Bezeichnung der Fragen wurde gekürzt)

Ergebnisse:

Post_Online1:

Das Ergebnis dieser Frage zeigt, dass den Studierenden, wahrscheinlich aufgrund der regelmäßigen Implementation des ernährungswissenschaftlichen Bezugs, der Zusammenhang der ausgewählten Themengebiete mit Ihrem Hauptfach aufgezeigt wurde. Nur ein geringer Prozentsatz (ca. 15%) erkannte diesen Konnex eher nicht bis gar nicht.

Post_Online2:

Diese Frage liefert ein sehr ähnliches Ergebnis wie die vorangegangene. Die Online-Einheiten machten dem Großteil der Studierenden physikalische Zusammenhänge deutlich.

Post_Online3:

Auch diese Frage liefert denselben Mittelwert wie die beiden ersten Fragen zur Online-Einheit. Die Mehrheit ist somit der Meinung, dass die Online-Einheiten den Zusammenhang zwischen den Experimenten und der Theorie deutlich machen.

Post_Online4:

Die Inhalte der Online–Einheiten werden auch hier wieder von der Mehrheit als Grundlage für ihre weitere Ausbildung für eher wichtig empfunden.

Post_Online5:

Trotz der im Allgemeinen positiven Einstellung zu den Online–Einheiten ergibt diese Frage ein etwas schlechteres Ergebnis. Rund 50% der Studierenden beantwortet die Frage nach der Nutzung der Online–Arbeitsbücher im Anschluss an das Praktikum mit „weder noch“ bzw. „trifft eher nicht zu“. Dieses Ergebnis ist für Nebenfach – Studenten allerdings nicht wirklich überraschend.

Post_Online6:

Auch dieses Ergebnis ist etwas „schlechter“ als jene der ersten vier Fragen zur Online–Einheit. Was jedoch äußerst positiv herauszustreichen ist, dass die Anleitung zu den Online–Einheiten für die Mehrheit (ca. 70%) als sehr hilfreich empfunden wird. Diese Tatsache wird auch vom Mittelwert (2,89) bestätigt.

Post_Online7:

Vor allem diese Frage liefert ein außergewöhnlich erfreuliches Ergebnis. Das Erstellen der Videos bzw. der interaktiven Bildschirmexperimente und die damit verbundene selbständige Erarbeitung der dabei nötigen Ergebnisse kommt bei den Studierenden sehr gut an.

Post_Online8:

Dieses Ergebnis macht deutlich, dass die Erarbeitung einen Themengebietetes über die Online–Einheiten zum Interesse der Studierenden beiträgt. Nur rund 20% hatten kein Interesse bei der jeweiligen Bearbeitung der Themen.

Zusammenfassung der Gruppe Online-Einheiten

Sämtliche Ergebnisse weisen ein sehr ähnliches Bild auf. Was man herauslesen kann, ist, dass die Qualität und die Gestaltung der Online-Einheiten generell als eher positiv empfunden wird. Keine Frage wurde im Mittel deutlich mit „weder noch“ und gar keine mit „trifft eher nicht bzw. „trifft nicht zu“ beantwortet. Dies erkennt man auch anhand der in Abbildung 58

angeführten Häufigkeitsverteilung. Auf der Ordinatenachse in Abbildung 58 ist die Anzahl der Studierenden aufgetragen.

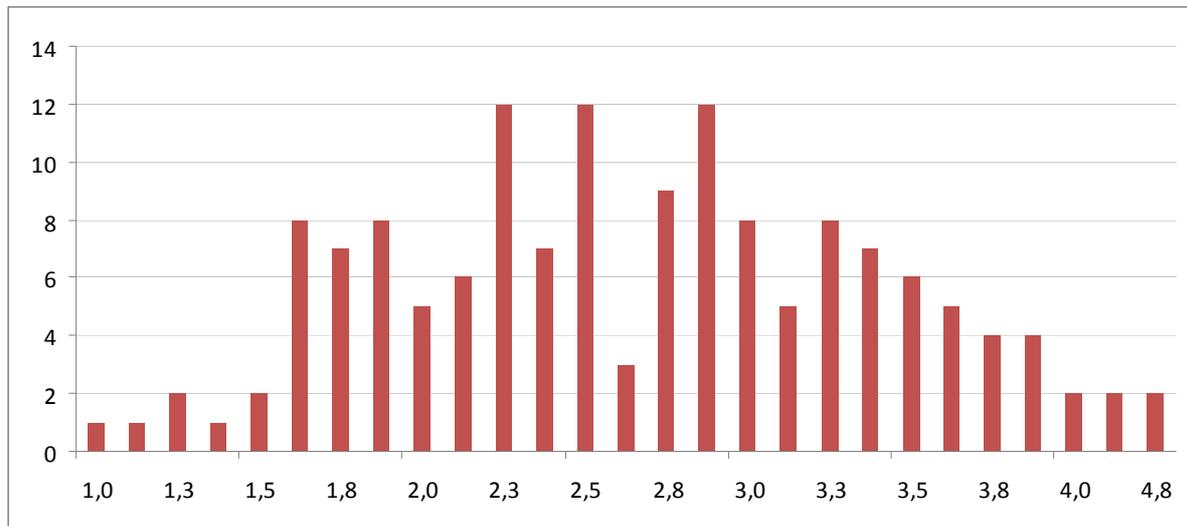


Abbildung 58: Histogramm Summe Online-Einheiten

Präsenz-Einheit – E

Nach Bauer (2010) bestätigt der Cronbach Alpha Test (0,747) die Zuverlässigkeit der Messung. Auch hier zeigen die Ergebnisse, dass die inhaltlichen (E1), experimentellen (E2) und zeitlichen (E3) Anforderungen weder als zu hoch noch als zu niedrig angesehen werden.

Präsenz-Einheit – F

Post_F1: Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren...

Post_F2: Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren...

Post_F3: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war...

Post_F4: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war in etwa (in Stunden)

Aus der untenstehenden Abbildung 60 ist bereits deutlich zu erkennen, dass für die überwiegende Mehrheit der Studierenden sowohl die inhaltlichen bzw. experimentellen Anforderungen als auch der Arbeitsaufwand für die Versuche als genau passend empfunden wurde. Es ist auch eine Tendenz in Richtung zu hohem Arbeitsaufwand erkennbar. Nur 6

Studierende empfinden den Arbeitsaufwand als zu gering. Punkto Anforderungen ergibt sich ein ähnliches Bild. Nur jeweils 13 bzw. 12 Studierende fühlen sich bei der Bearbeitung der Präsenz-Einheit unterfordert.

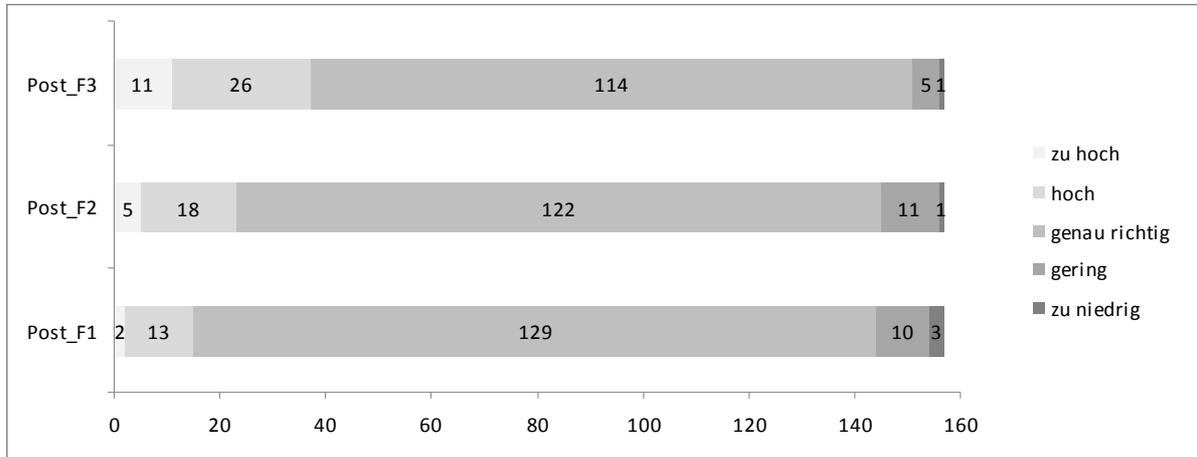


Abbildung 59: Balkendiagramm-Häufigkeiten Flüssigkeiten

	Post_F1	Post_F2	Post_F3
Mittelwert	2,99	2,90	2,74
Standardabweichung	0,525	0,575	0,662

Tabelle 18: Mittelwert und Standardabweichung zur Online-Einheit Flüssigkeiten

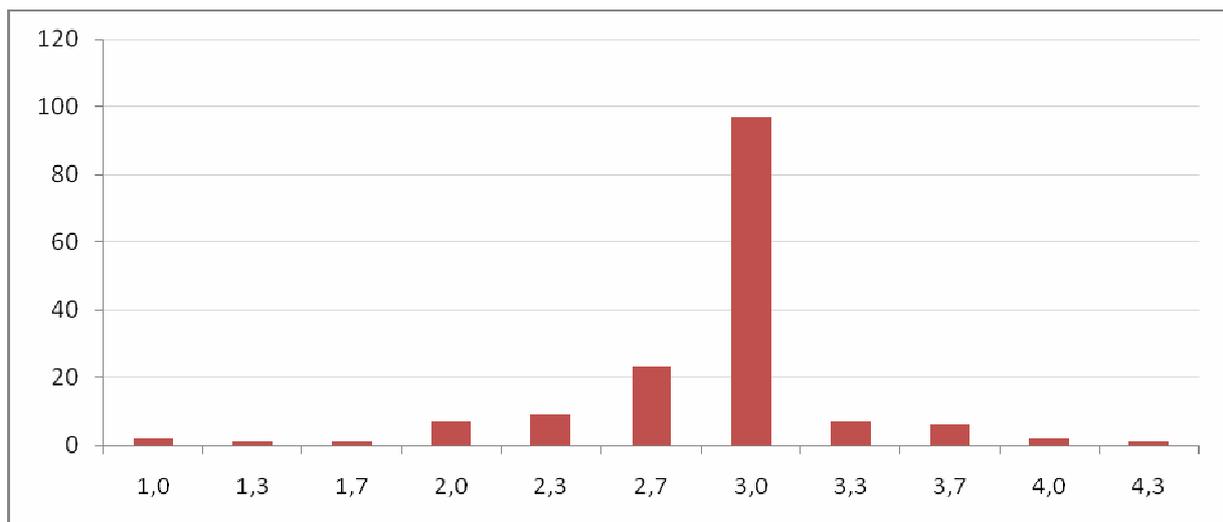


Abbildung 60: Histogramm Summe F - Eigenschaften von Flüssigkeiten = Summe der Anforderungen (inhaltlich, experimentell, zeitlich)

Das Histogramm (Abbildung 60) bestätigt hier nochmals die oben genannten Resultate.

Präsenz-Einheiten

Post_Praesenz1: Die Präsenz-Einheiten machten mir den Bezug zu meinem Studienfach anschaulich deutlich

Post_Praesenz2: Die Präsenz-Einheiten machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich

Post_Praesenz3: Bei den Präsenz-Einheiten wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie klar.

Post_Praesenz4: Die Inhalte der Präsenz-Einheiten halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig

Post_Praesenz5: Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Präsenz-Einheiten nach Abschluss des Praktikums noch einmal benutzen werde.

Post_Praesenz6: Die Anleitung in den Präsenz-Einheiten war ausreichend zur Durchführung der Versuche.

Post_Praesenz7: Die Art der Versuchsdurchführung in den Präsenz-Einheiten ermöglichte das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse.

Post_Praesenz8: Ich habe die Präsenz-Einheiten mit Interesse bearbeitet.

		Anzahl	%
Fälle	Gültig	157	98,74
	Ausgeschlossen(a)	2	1,26
	Insgesamt	159	100

Tabelle 19: Zusammenfassung der Fallverarbeitung – Präsenz-Einheiten

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,827	8

Tabelle 20: Reliabilitätsstatistik – Präsenz-Einheiten

	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Post_Präsenz1	0,812
Post_Präsenz2	0,808
Post_Präsenz3	0,802
Post_Präsenz4	0,793
Post_Präsenz5	0,811
Post_Präsenz6	0,815
Post_Präsenz7	0,823
Post_Präsenz8	0,794

Tabelle 21: Item – Skala – Statistik – Präsenz-Einheiten

Der Wert für das Cronbach Alpha (0,827) ist hier ein Indiz dafür, dass die Fragen bezüglich der Qualität der Online - Einheiten große Reliabilität aufweisen. Dies erkennt man auch an der Item-Skala Statistik, da kein Item das Ergebnis negativ beeinflusst.

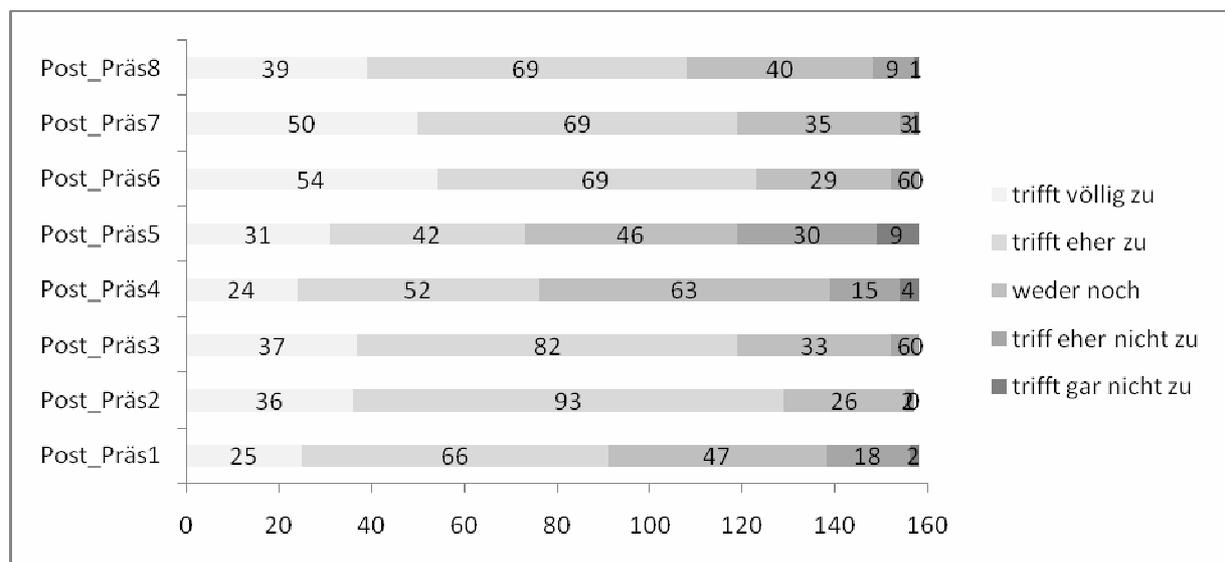


Abbildung 61: Balkendiagramm – Häufigkeiten Präsenz-Einheiten (Bezeichnung der Fragen gekürzt)

	Post_Präsenz1	Post_Präsenz2	Post_Präsenz3	Post_Präsenz4
Mittelwert	2,41	1,96	2,05	2,51
Standardabweichung	0,931	0,669	0,772	0,949
	Post_Präsenz5	Post_Präsenz6	Post_Präsenz7	Post_Präsenz8
Mittelwert	2,65	1,92	1,96	2,14
Standardabweichung	1,162	0,821	0,821	0,878

Tabelle 22 : Mittelwert und Standardabweichung – Präsenz-Einheiten

Ergebnisse:

Post_Präsenz1:

Das Ergebnis zeigt, dass das neugestaltete Arbeitsbuch – und hier vor allem der integrierte ernährungswissenschaftliche Bezug – einen großen Beitrag dazu leistet, den Studierenden den Zusammenhang mit ihrem Hauptfach deutlich zu machen. Nur ein sehr geringer Prozentsatz (ca. 13%) erkennt diesen Konnex nicht.

Post_Präsenz2:

Aufgrund der ausführlich beschriebenen und auf alltagsweltliche Themengebiete aufgebauten Arbeitsbücher, wurde den Studierenden der physikalische Zusammenhang sehr verständlich dargeboten. Dies bestätigt der Mittelwert von 1,96. Vergleicht man den Wert mit jenem zur Online-Einheit so zeigt sich, dass das praktische Tun in der jeweiligen Einheit nicht komplett durch den Einsatz von Filmen bzw. IBEs ersetzt werden kann.

Post_Präsenz3:

Auch dieses Ergebnis zeigt, dass die überwiegende Mehrheit der Studierenden einen Zusammenhang von Theorie und Experiment erkennt und diesen auch deutlich macht.

Post_Präsenz4:

Der Mittelwert von 2,51 zeigt, dass, obwohl es sich hier nur um ein Nebenfach handelt, die im Praktikum vermittelten physikalischen Inhalte für die weiterführende Ausbildung der Studierenden als wichtig empfunden werden.

Post_Präsenz5

Auch hier kann auf das Ergebnis zur selben Frage bei den Online-Einheiten verwiesen werden. Es ist allgemein eher unwahrscheinlich, dass die Studierenden nach Abschluss des Praktikums die zur Verfügung gestellten Unterlagen ein weiteres mal benutzen. Der Mittelwert von 2,65 fällt allerdings eher positiv aus. Rund 45% der Studierenden beantwortet die Frage mit „trifft völlig zu“ bzw. „trifft eher zu“.

Post_Präsenz6:

Dieses Ergebnis spiegelt die Wichtigkeit der exakten und detaillierten Versuchsbeschreibung wieder. Mehr als 80% Prozent der Studierenden empfindet diese Anleitung als ausreichend zur Durchführung der Experimente. Nur 6 Studierende sind der Meinung, dass die Versuchsbeschreibung nicht ausreichend zur Bewältigung der Experimente ist.

Post_Präsenz7:

Obwohl den Studierenden die Versuche sehr kleinschrittig dargeboten werden, sind ca. 85% der Meinung, dass die Art der Versuchsdurchführung das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse ermöglicht. Der Mittelwert von 1,96 bestätigt diese Annahme.

Post_Präsenz8:

Auch das Interesse bzw. die Motivation bei der Erarbeitung der einzelnen Punkte im Praktikum ist generell als sehr hoch einzustufen. Nur 10 Studierende waren eher bis völlig desinteressiert.

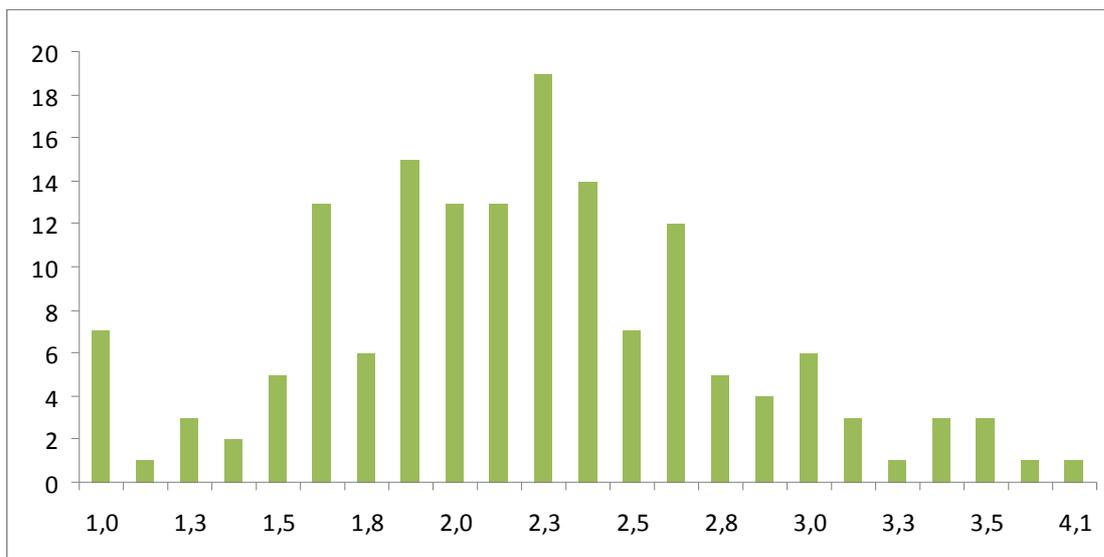


Abbildung 62: Histogramm – Summe Präsenz-Einheiten

Das Diagramm (Abbildung 62; Ordinatenachse: Anzahl der Studierenden) zeigt – wie bei sämtlichen bis dato angeführten Histogrammen - den auf die Antwortskala normierten Summenwert.

Selbständiges Durchführen physikalischer Experimente

Die Auswertung dieser Gruppe zeigt nach Bauer (2010), dass das selbständige Experimentieren als eher spannend und interessant empfunden wird und den Studierenden auch Spaß macht, da mehr als die Hälfte diese Items positiv bewertet. Weiters wurden die Items: anstrengend, langweilig und fad als nicht oder eher nicht zutreffend empfunden. Ebenso empfinden die Studierenden die Relevanz für das eigene Studium und die Notwendigkeit des Experimentierens als eher gegeben. Die Studierenden geben auch an, dass das selbständige Arbeiten das Verständnis fördert und lehrreich ist.

Rechnerisches Auswerten von Messdaten

		Anzahl	%
Fälle	Gültig	151	94,97
	Ausgeschlossen(a)	8	5,03
	Insgesamt	159	100

Tabelle 23: Zusammenfassung der Fallverarbeitung – Rechnerisches Auswerten von Messdaten halte ich für...

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,883	14

Tabelle 24: Reliabilitätsstatistik – rechnerischen Auswerten von Messdaten halte ich für...

	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Post_Re_spannend	0,867
Post_Re_fad	0,866
Post_Re_interessant	0,870
Post_Re_langweilig	0,868
Post_Re_Spass	0,875
Post_Re_anstrengend	0,875
Post_Re_traue	0,887
Post_Re_nochnie	0,868
Post_Re_lehrreich	0,874
Post_Re_foerdert	0,877
Post_Re_verwirrt	0,878
Post_Re_notwendig	0,882
Post_Re_ueberfluessig	0,880
Post_Re_relevant	0,878

Tabelle 25: Item – Skala – Statistik – rechnerisches Auswerten von Messdaten halte ich für...

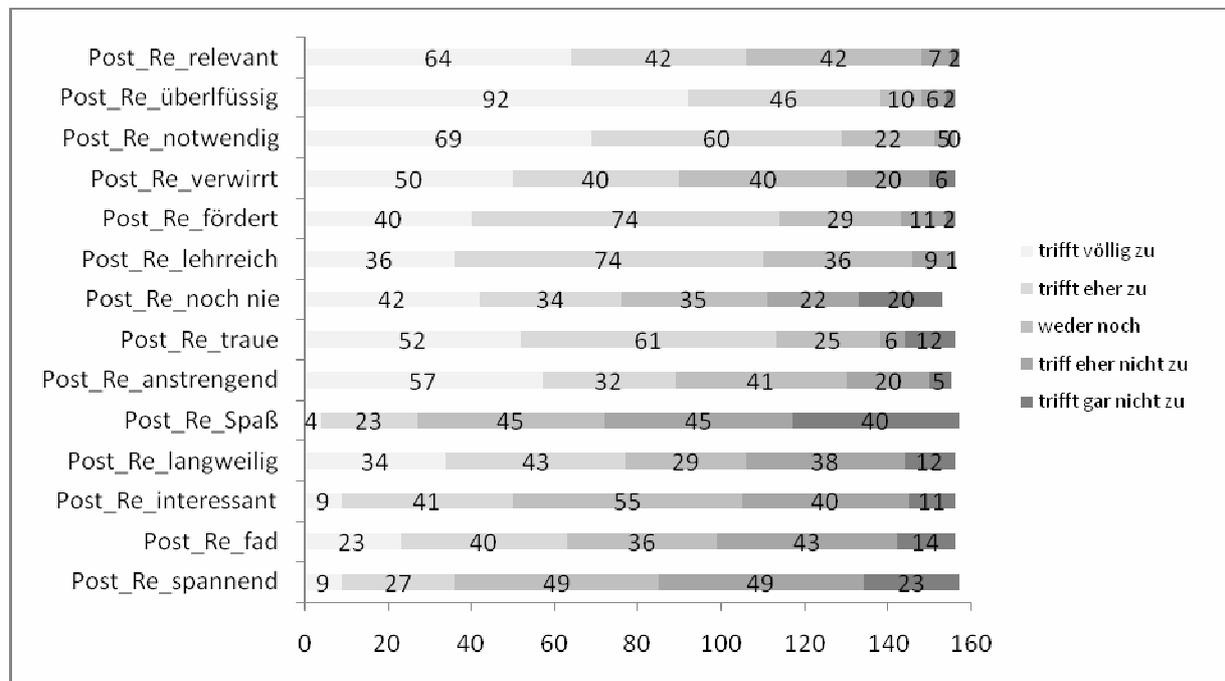


Abbildung 63: Balkendiagramm – Häufigkeiten Rechnerisches Auswerten halte ich für....

Aus Abbildung 63 geht hervor, dass die Studierenden das rechnerische Auswerten von Daten als nicht spannend und eher fad halten. Weiters ist zu erkennen, dass auch das Interesse und der Spaßfaktor fehlen, um die nötigen Berechnungen mit dem nötigen Engagement durchzuführen. Im Gegenzug werden die Berechnungen als wenig anstrengend empfunden. Positiv ist hervorzuheben, dass das rechnerische Auswerten aus der Sichtweise der Studierenden wesentlich für das Verständnis der physikalischen Themen und lehrreich ist. Dies bestätigen auch die Mittelwerte von 2,11 bzw. 2,13. Weiters ist der überwiegenden Mehrheit die Relevanz der einzelnen Berechnungen für ihr Studium bewusst. Auf der anderen Seite empfindet mehr als die Hälfte der Studierenden das rechnerische Auswerten von Messdaten als völlig überflüssig. Nur acht Studierende beantworteten diese Frage mit „trifft wenig zu“ bzw. „trifft gar nicht zu“. Große Ablehnung findet auch der Item nach der Notwendigkeit der Auwertung der Messdaten. Weiters zeigt der Wert von 0,883 in Tabelle 24, dass sämtliche Items dieser Gruppe eine hervorragende Reliabilitätsmessung darstellen.

	Post_Re_spannend	Post_Re_fad	Post_Re_interessant	Post_Re_langweilig
Mittelwert	3,32	2,90	3,02	2,69
Standardabw.	1,098	1,217	1,019	1,269
	Post_Re_Spass	Post_Re_anstrengend	Post_Re_traue	Post_Re_nochnie
Mittelwert	3,60	2,25	2,13	2,63
Standardabw.	1,097	1,177	1,153	1,366
	Post_Re_lehrreich	Post_Re_foerdert	Post_Re_verwirrt	Post_Re_notwendig
Mittelwert	2,13	2,11	2,31	1,76
Standardabw.	0,858	0,913	1,162	0,812
	Post_Re_ueberfluessig	Post_Re_relevant		
Mittelwert	1,59	1,99		
Standardabw.	0,872	0,987		

Tabelle 26: Mittelwert und Standardabweichung – Rechnerisches Auswerten halte ich für...

6 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Diplomarbeit war die Verbesserung zweier Übungseinheiten des derzeitigen Praktikums für Ernährungswissenschaften. Diesbezüglich wurden eine Präsenz-Einheit F – Eigenschaften von Flüssigkeiten und eine Online-Einheit K – Kalorimetrie unter Berücksichtigung der in Kapitel 1 vorgestellten didaktischen Theorie zu Lernprozessanalysen, Elementarisierung, Schülervorstellungen und der Cognitive Theory of Multimedia Learning neu gestaltet. Die Neugestaltung der Praktika wurde im Jänner 2008 vom Team des Anfängerpraktikums mit einer Untersuchung von Wolny begonnen und auf die Methode der didaktischen Rekonstruktion von Hochschulpraktika, wie in Theyßen (2009) beschrieben, Rücksicht genommen. Im Speziellen musste dabei auf die Lernerperspektive, also auf die Relevanz für das eigene Studium sowie auf den Alltagsbezug und auf die speziellen Lernvoraussetzungen der Studierenden geachtet werden. Der dafür nötige Fachinhalt wurde unter Berücksichtigung der geringen physikalischen Vorkenntnisse adaptiert und, der didaktischen Restrukturierung entsprechend, laufend überarbeitet. Dieser Tatsache wurde in der alten Version des Praktikums zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Dies führte zu einem hohen Maß an Demotivation seitens der Studierenden. Diese motivierenden Aspekte wurden bei der Gestaltung ebenfalls berücksichtigt und im Zuge dessen eingearbeitet. Durch die kleinschrittige Arbeitsanleitung wurde es den Studierenden ermöglicht, sich mit den jeweiligen Experimenten eigenständig auseinanderzusetzen und die Fragestellungen an die Tutoren sowie an den Praktikumsleiter nicht nur zu reduzieren, sondern auch in ihrer Qualität zu verändern. Die Studierenden sollen somit ihre experimentellen Fähigkeiten verbessern. Durch die Entwicklung einer weiteren Online-Einheit wurde ein weiterer Kritikpunkt, nämlich der komplexen Koordination sämtlicher Termine und dem damit verbundenen zeitlichen Aufwand, minimiert. Die Wirkung der Maßnahmen gegen diese Probleme wurde mittels Interviews, Beobachtungen sowie eines Fragebogens evaluiert. Die Auswertung eben dieser ergab, dass die neu gestalteten Einheiten äußerst positiv aufgenommen wurden. Vor allem die Motivation der Studierenden sowie die Einstellung gegenüber physikalischen Thematiken wurde aufgrund der genannten Punkte weitaus besser. Hätten die Studierenden die Möglichkeit, bereits vor der Absolvierung dieses physikalischen Praktikums, sich die dafür nötigen mathematischen Kenntnisse anzueignen, könnte in eben diesem verstärkt auf die experimentellen Fähigkeiten der Studierenden eingegangen werden. Abgesehen davon wurde mit der Gestaltung der hier vorgestellten

Übungseinheiten, welche sich speziell an die Fähigkeiten und Vorkenntnisse der Ernährungswissenschaftsstudierenden richtet, ein Schritt in die richtige Richtung getan.

A Materialien

A 1 Arbeitsbuch zur Präsenz-Einheit F – siehe beigelegte CD – ROM

A 2 Online-Einheit K

Die Onlinelernumgebung kann mit den angegebenen Zugangsdaten unter dem Link <https://elearning.mat.univie.ac.at/physikwiki/index.php/Hauptseite?elearning=1> besucht werden. Probezugang: username: PLT2010, Passwort: vienna

A3 Fragebogen des Posttests – siehe beigelegte CD – ROM

Literaturverzeichnis

Altrichter, H. & Posch, P. (2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht*. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 4. Auflage

Mikelskis, H. F. (Hrsg.) (2006). *Physik – Didaktik*. Cornelsen Scriptor, Berlin

Mikelskis – Seifert, S. & Rabe, T. (Hrsg.) (2007). *Physik – Methodik*. Cornelsen Scriptor, Berlin

Nagel, C (Hg.) (2009). *eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum*. Studien zum Physiklernen, Band 96. Logos, Berlin, 1. Auflage.

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.

Tipler, FJ (Hg.) (1994). *Tipler*. Wärmelehre, Heidelberg.

Neumann, K (Hg.) (2004). *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Studien zum Physiklernen, Band 38. H. Niedderer und H. Fischler, Logos Verlag Berlin.

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

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*.

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>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Didaktische Rekonstruktion nach Neumann (2004).....	9
Abbildung 2: Elementarisierung von Sachverhalten.....	10
Abbildung 3: Einflussfaktoren der Bedeutungskonstruktion (Welzel).....	12
Abbildung 5: Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie (Rheinberg 2004).....	29
Abbildung 6: Fragen und zugehöriger Tipp zum Grundumsatz eines Menschen.....	34
Abbildung 7: Applet zum Zusammenhang zwischen Temperatur und mittlerer Geschwindigkeit der Teilchen..	35
Abbildung 8: Schematischer Aufbau des Verbrennungskalorimeters.....	37
Abbildung 9: Darstellung der Messergebnisse bzgl. Gewicht des Presslings sowie der Zündspule.....	38
Abbildung 10: Messtabelle zur Errechnung der Netto-Massen der Presslinge.....	38
Abbildung 11: Temperaturänderung nach Verbrennung der Probe.....	38
Abbildung 12: Kupferrohr zur Messung des Grundumsatzes einer Maus.....	40
Abbildung 13: Heizleistung im Bezug zur Temperaturerhöhung im Kupferrohr - Kalorimeter.....	41
Abbildung 14: experimenteller Aufbau zur Bestimmung der Wärmekapazität von Wasser - Totale.....	44
Abbildung 15: eingefüllte Wassermasse.....	45
Abbildung 16: Ansicht vor Beginn der Messung.....	46
Abbildung 17: IBE Labor sowie Experimentiertisch.....	47
Abbildung 18: Wassergehalt des Mikrowellenfertigergerichtetes.....	50
Abbildung 19: fertiger Pressling.....	51
Abbildung 20: Herstellung des Zünddrahtes sowie die Verknüpfung Totale – Zoom.....	52
Abbildung 21: Abwiegen des Zünddrahtes.....	52
Abbildung 22: Befüllung und Abwaage des Wiegeschiffchens mit Benzoesäure.....	53
Abbildung 23: Befüllung des Messzylinders samt Einbringung des Zünddrahtes und Aufsetzen des Pressstempels.....	54
Abbildung 24: Herstellung des Presslings aus der Benzoesäure unter Zuhilfenahme einer Presse.....	55
Abbildung 25: Herausklappen des Presslings.....	55
Abbildung 26: Abwaage des Presslings.....	56
Abbildung 27: Experimentieraufbau samt Beschreibung der einzelnen Geräte.....	56
Abbildung 28: Reinigung der Elektroden sowie Einbringen des Presslings in die Kalorimeterbombe.....	57
Abbildung 29: Abdichtung der Kalorimeterbombe sowie Einbringung der Bombe in das Dewar.....	58
Abbildung 30: Verbindung der Sauerstoffflasche mit der Kalorimeterbombe.....	59
Abbildung 31: Verschließen der Sauerstoffflasche.....	59
Abbildung 32: Anschließung und Verbindung des Stelltransformators mittels Kabel mit der Kalorimeterbombe	59
Abbildung 33: aktuelle Wassertemperatur.....	60
Abbildung 34: Becherglas, Peleusball, Laborhebebühne.....	64
Abbildung 35: Aufbau Experiment – Viskosität samt gezoomtem Bereich.....	65
Abbildung 36: Aräometer.....	66
Abbildung 37: Aluminiumring; Newtonmeter; Aufbau Experiment-Oberflächenspannung.....	68
Abbildung 38: Flüssigkeitslamelle.....	69
Abbildung 39: Schichtenmodell - Viskosität.....	70
Abbildung 40: Physikalisches Prinzip zur Oberflächenspannung.....	70
Abbildung 41: Verkleisterungskurven.....	71
Abbildung 42: Methoden zur qualitativen Analyse.....	72
Abbildung 43: Beobachtungsraster zur Präsenz-Einheit F.....	75
Abbildung 44: Beobachtungsraster zur Online-Einheit K.....	76
Abbildung 45: Balkendiagramm – Häufigkeiten Lerntyp.....	100
Abbildung 46: Histogramm Summe-Lerntyp.....	101
Abbildung 47: Balkendiagramm – Häufigkeiten Unterlagen.....	102
Abbildung 48: Balkendiagramm – Häufigkeiten Ausrüstung.....	103
Abbildung 49: Balkendiagramm –Häufigkeit - Aufgaben.....	104
Abbildung 50: Balkendiagramm -Häufigkeit – Rell.....	104
Abbildung 51: Balkendiagramm–Häufigkeit–Geometrische Optik.....	105
Abbildung 52: Post_O4: Arbeitsaufwand – Geometrische Optik (in Stunden).....	106
Abbildung 53: Histogramm Summe Geometrische Optik = Summe aller Anforderungen (inhaltlich, experimentell, zeitlich).....	107
Abbildung 54: Streifendiagramm – Häufigkeiten Kalorimetrie.....	108

Abbildung 55: Arbeitsaufwand Kalorimetrie (in Stunden)	109
Abbildung 56: Histogramm Summe Kalorimetrie = Summe aller Anforderungen (inhaltlich, experimentell, zeitlich)	110
Abbildung 57: Balkendiagramm – Häufigkeiten Online-Einheiten	112
Abbildung 58: Histogramm Summe Online-Einheiten	114
Abbildung 59: Balkendiagramm-Häufigkeiten Flüssigkeiten	115
Abbildung 60: Histogramm Summe F - Eigenschaften von Flüssigkeiten = Summe der Anforderungen (inhaltlich, experimentell, zeitlich)	115
Abbildung 61: Balkendiagramm – Häufigkeiten Präsenz-Einheiten (Bezeichnung der Fragen gekürzt)	117
Abbildung 62: Histogramm – Summe Präsenz-Einheiten	119
Abbildung 63: Balkendiagramm – Häufigkeiten Rechnerisches Auswerten halte ich für	121

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung der offenen Frage.....	95
Tabelle 2: Zusammenfassung der Fallverarbeitung - Lerntyp.....	99
Tabelle 3: Reliabilitätsstatistik - Lerntyp	99
Tabelle 4: Item-Skala-Statistik - Lerntyp.....	99
Tabelle 5: Lerntyp - Mittelwert und Standardabweichung.....	100
Tabelle 6: Mittelwert und Standardabweichung - Unterlagen.....	102
Tabelle 7: Mittelwert und Standardabweichung – Ausrüstung	103
Tabelle 8.: Mittelwert und Standardabweichung – Aufgaben.....	104
Tabelle 9: Mittelwert und Standardabweichung Rel1	105
Tabelle 10: Mittelwert und Standardabweichung – Geometrische Optik	106
Tabelle 11: Mittelwert und Standardabweichung zum Arbeitsaufwand – Geometrische Optik	106
Tabelle 12: Mittelwert und Standardabweichung zur Online – Einheit K	108
Tabelle 13: Mittelwert und Standardabweichung zum Arbeitsaufwand Kalorimetrie	109
Tabelle 14: Zusammenfassung der Fallverarbeitung – Online-Einheiten	111
Tabelle 15: Reliabilitätsstatistik - Online-Einheiten	111
Tabelle 16: Item Skala Statistik - Online-Einheiten.....	111
Tabelle 17: Mittelwert und Standardabweichung – Online-Einheiten (Die Bezeichnung der Fragen wurde gekürzt).....	112
Tabelle 18: Mittelwert und Standardabweichung zur Online-Einheit Flüssigkeiten.....	115
Tabelle 19: Zusammenfassung der Fallverarbeitung – Präsenz-Einheiten.....	116
Tabelle 20: Reliabilitätsstatistik – Präsenz-Einheiten	116
Tabelle 21: Item – Skala – Statistik – Präsenz-Einheiten.....	117
Tabelle 22 : Mittelwert und Standardabweichung – Präsenz-Einheiten.....	118
Tabelle 23: Zusammenfassung der Fallverarbeitung – Rechnerisches Auswerten von Messdaten halte ich für... ..	120
Tabelle 24: Reliabilitätsstatistik – rechnerischen Auswerten von Messdaten halte ich für... ..	120
Tabelle 25: Item – Skala – Statistik – rechnerisches Auswerten von Messdaten halte ich für... ..	121
Tabelle 26: Mittelwert und Standardabweichung – Rechnerisches Auswerten halte ich für... ..	122

Mario Hofmann
Vorgartenstraße
122/4/433
1020 Wien

0660 65 39 357
e-mail:
mr.mario.hofmann@gmail.com



Mario Hofmann

Persönliche Daten

Geburtsdatum: 06.07.1981

Geburtsort: Gmünd

Nationalität: Österreich

Familienstand: ledig

Schulbildung

Universität

Mathematik und Physik Lehramt
Oktober 2003 – März 2011

Präsenzdienst

Kaserne Weitra
September 2002 – April 2003

HAK

Handelsakademie Waidhofen/Thaya
1999 – 2002
Handelsakademie Gmünd
1995 - 1999

Hauptschule

Kreativ-Hauptschule Gmünd
1991 – 1995

Volksschule

Volksschule Gmünd II
1987 – 1991

Beruflicher Werdegang

Ferialarbeit

Firma

RS Components Handelsges.m.b.H
3950 Gmünd
Juli 1998
Lagerarbeiter

Zeitraum
Tätigkeit

Ferialarbeit

Firma

Post AG
3950 Gmünd
Juli - August 2001
Juli - August 2002
Juni - August 2003
Juli - August 2004
Juli - August 2005
Juli - September 2006
Juli - August 2007
Zusteller

Zeitraum

Tätigkeit

Anstellung

Firma	Post AG 1230 Wien
Zeitraum	Juli 2008 – Juni 2010
Tätigkeit	Zusteller
Firma	Post AG 1210 Wien
Zeitraum	Juni 2010 - laufend
Tätigkeit	Assistenz Vertrieb & Marketing

EDV Kenntnisse Sehr gute EDV-Anwenderkenntnisse (MS-Word, Excel, Power Point)

Sonstige Kenntnisse Betriebliche Organisation
LaTech, Geogebra, SAP

Interessen Sport, Lesen

Führerschein B

Sprachkenntnisse Englisch, Französisch