

Ein adressatenspezifisches Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften Didaktische Rekonstruktion und Evaluation

Clemens Nagel*, Brigitte Wolny*

*Universität Wien, clemens.nagel@univie.ac.at, brigitte.wolny@univie.ac.at
(Eingegangen: 07.02.2013; Angenommen: 17.09.2013)

Kurzfassung

An der Fakultät für Physik der Universität Wien wurde in den Jahren 2008 bis 2010 ein neues Praktikumskonzept zu Physik für Ernährungswissenschaften mittels didaktischer Rekonstruktion entwickelt, implementiert und umfangreich evaluiert. Es ist adressatenspezifisch gestaltet, stützt sich auf sinnstiftende Kontexte aus Berufs- und Forschungsumfeld des Faches Ernährungswissenschaften und folgt dem konstruktivistischen Design für Hochschulpraktika.

In einem Testgruppendesign wurden Motivation, Anstrengungsbereitschaft, Tiefenstrategien des Lernens, Lernerfolg sowie die Einstellungen der Studierenden zum Experimentieren im Physikpraktikum und das Erkennen der Relevanz der Inhalte und Methoden für das Ernährungswissenschaftsstudium untersucht. Es stellte sich dabei heraus, dass die lernförderlichen Inputparameter im klassischen wie im konstruktivistischen Praktikums-Setup hoch sind. Entscheidende Punkte wie Lernerfolg, das Erkennen der Relevanz, die Einstellungen der Studierenden sowie einzelne Lernstrategien sprechen für den betriebenen Entwicklungsaufwand, Nebenfachstudierenden ein solches Praktikum zu bieten.

1. Einleitung

An zahlreichen Universitäten im deutschen Sprachraum stehen die Physikerinnen und Physiker vor derselben Herausforderung: Sie müssen nicht nur Hauptfach- und Lehramtsstudierende dabei unterstützen experimentelle Grundkompetenzen und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu erlernen, sondern sollen dies in zeitlich und inhaltlich limitierter Weise auch für verwandte Naturwissenschaftsdisziplinen umsetzen. Es existieren zahlreiche physikalische Praktikumslehrveranstaltungen für Studierende der Chemie, Biologie, Medizin oder Pharmazie. An der Universität Wien existiert seit vielen Jahren ein etablierter Forschungs- und Lehrstandort der Ernährungswissenschaften und mit ihm ebenso lange ein Physikpraktikum für diese spezielle Zielgruppe. Die wenigsten derartigen Servicelehrveranstaltungen sind jedoch in expliziter Art und Weise auf die Interessen und Bedürfnisse der Bezugswissenschaften spezifiziert. Meist handelt es sich um eine verkürzte Version des physikalischen Grund- oder Anfängerpraktikums für Hauptfachstudierende, welches der konventionellen und weitgehend üblichen didaktischen Konzeption derartiger Lehrveranstaltungen folgt: Vorbereitungstexte auf allgemeine physikalische Experimente, undetailliert angeleitete Arbeitsphasen mit vorbereiteten Experimentieraufbauten, Erstellung und Bewertung von Protokollen und gegebenenfalls Abschlussprüfungen.

Im Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften an der Universität Wien führte genau diese Situation – gemeinsam mit einem rasanten Anstieg der Stu-

dierendenzahlen in den frühen 2000er-Jahren – zunehmender Frustration der Betreuenden und der Studierenden. Diese konnten die gestellten Aufgaben mit den ihnen zur Verfügung stehenden Unterlagen kaum noch eigenständig bearbeiten und bei Abschlussprüfungen registrierten die betreuenden Personen zunehmendes Unverständnis der Inhalte und Methoden. So beschlossen die Praktikumsleitung und ein Kernteam an Betreuern eine Neugestaltung dieser Lehrveranstaltung im laufenden Lehrbetrieb und mit fachdidaktischer Begleitung ab 2008.

2. Adressatenspezifische Praktika

Prototyp eines solchen physikalischen Hochschulpraktikums stellt die Neuentwicklung des Medizinerpraktikums an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf dar [1]. Anhand dieses Vorbildes und speziell im Zuge einer Weiterentwicklung der dort eingesetzten hypermedialen Lernumgebung kam es zu einer intensiven Projektzusammenarbeit. Heike Theyßen transferiert die Methode der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. [2] erstmals auf Hochschulpraktika und leistet Pionierarbeit in der empirischen Beforschung eines adressatenspezifischen Physikpraktikums für Medizinstudierende [31]. Schrittweise werden physikalische Themenbereiche wie Strömungsmechanik, Gasgesetze, Energieerhaltung, elektrische Leitung, geometrische Optik, Röntgenstrahlung oder Ultraschall in medizinischem Kontext rekonstruiert [1]. Ein weiteres Beispiel einer solch umfangreichen Umstrukturierung und Neugestaltung ist die „didak-

tische Rekonstruktion“ eines physikalischen Praktikums für Physiker durch Neumann [3]. Auch in dieser Arbeit bildet der konstruktivistische Ansatz der didaktischen Rekonstruktion den Kern der Methodik – wie unten beschrieben. Neumann findet einen neuen Ansatz zur Strukturierung und Einteilung eines solchen Praktikums in „Geräte“, „Methoden“ und ein „Forschungsprojekt“ [4]. Neueste Untersuchungen haben gezeigt, dass der Bereich der Physiologie im Rahmen eines Physikpraktikums für Mediziner durch adressatenspezifische Experimente, wie in „Physik physiologisch passend praktiziert“ beschrieben, bessere Lernerfolge erzielen kann [5,6]. Die oben geschilderten Nebenfachpraktika und speziell die von Theyßen [1] in ihrer Dissertation abschließend gestellte Frage, „inwieweit die didaktische Strukturierung auf solche Physikpraktika in anderen Studiengängen übertragen werden kann“, sind in Wien Anstoß der Entwicklungsarbeit für die Neugestaltung der Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften [7].

3. Konstruktivistisches Design für Hochschulpraktika

Grundlage der Entwicklung eines neuen Praktikums ist hier das von Kattmann et al. [2] vorgeschlagene Modell der didaktischen Rekonstruktion (siehe 4.1). Die Grundannahmen basieren auf der Erkenntnistheorie und setzen bei einem konsequent konstruktivistischen Begriff von Lernen an. Es wird ein Konzept von Kognition und Lernen vorausgesetzt, das neurophysiologisch ein „geschlossenes Gehirn“, also ein kognitiv abgeschlossenes System, postuliert [8]. Dieses setzt Reize von außen in neuronale Erregung um und interpretiert selbstständig in Abhängigkeit von Kontext und Vorerfahrung (gespeicherte Strukturen, sogenannte Gedächtnisinhalte). Bedeutung kann demnach nicht durch externe Signale in das kognitive System übertragen werden ([1], S. 10). Bedeutungskonstruktion findet individuell und kontextabhängig immer wieder neu im Gehirn statt. Gedächtnisinhalte stellen „Strukturen“, oder wie von Theyßen [1] formuliert, „Werkzeuge“ dar, mit Hilfe derer Bedeutungen erzeugt werden können [7]. Solche Gedächtnisinhalte entstehen durch Bedeutungsentwicklungen. Hierbei müssen bei einer konvergierenden Folge von Bedeutungskonstruktionen die Diskrepanzen zwischen den auf Gedächtnisinhalten basierenden Erwartungen und den neuerlichen individuellen Wahrnehmungen des gleichen Inhalts kleiner werden. Von Glasersfeld ([9], S. 34) bezeichnet solche, sich bewährende Prozesse als „viabel“.

In bestimmten Situationen, die sich als Summe aller äußeren Reize ergeben, finden kognitive Prozesse zur Konstruktion von Bedeutungen auf sehr kurzen, jedoch nicht zu kurzen, Zeitskalen statt [10]. Bedeutungen werden nach radikal konstruktivistischer Sicht weder von außen indoktriniert noch im System abgespeichert [8]. Jedes kognitive System hat seine

individuellen Lernprozesse (strukturelle Veränderungen kognitiver Teilprozesse) basierend auf Erwartungen und persönlicher Wahrnehmung der Umwelt. Wahrnehmungen und Erwartungen stehen in einem zirkulären Prozess, wie bei Neumann [3] beschrieben. Die Kernaussage des konstruktivistischen Lernmodells ist, dass Lernprozesse individuell, situativ und mit zunehmender Komplexität ablaufen. Lernen hat dann stattgefunden, wenn viable Bedeutungskonstruktionen zu einem späteren Zeitpunkt in einer ähnlichen Situation schneller und mit der gleichen Komplexität erzeugt werden ([3], S. 23-24). Hierbei bezieht sich Neumann [3] auf das Bremer Komplexitätsmodell, das von der Ebene eines Objektes ausgehend diesem Eigenschaften zuordnet, Prinzipien konstruiert und schließlich zu einem System vernetzt wird [11].

Diese Grundannahme stellt nun gewisse Ansprüche an die zu entwickelnde Lernumgebung. Lernprozesse sollen situativ und individuell ablaufen können und bei niedriger Komplexität ansetzen, um eine Weiterentwicklung zu ermöglichen [3]. Dies kann durch kleinschrittige Anleitungen, kurze passende Fragestellungen sowie mehrfache, am effektivsten emotionsbegleitete, Wiederholungen in gleichem oder sehr ähnlichem Kontext umgesetzt werden [1].

4. Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Ernährungswissenschaften

4.1 Theorie der didaktischen Rekonstruktion

Die Theorie der didaktischen Rekonstruktion wurde 1995 in enger Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe zur Biologiedidaktik in Oldenburg und der Physikdidaktik des IPN Kiel entwickelt [2]. Das Modell, basierend auf der oben geschilderten konstruktivistischen Lerntheorie, bildet den theoretischen Rahmen für das Entwickeln eines Unterrichtsgegenstandes. Im Zentrum steht das Zusammenführen von didaktisch-pädagogischen und fachlichen Aspekten.

Aus fachdidaktischer Perspektive wird der wissenschaftliche Gegenstand in seinen bedeutsamen Bezügen wiederhergestellt, und es wird durch Rückbezug auf die verfügbaren Schülervorstellungen ein Unterrichtsgegenstand konstruiert [2].

Zur Realisierung dieses Konzeptes sind drei eng verknüpfte, gleichgestellte Komponenten zu beachten, wie in Abb. 1 dargestellt: die fachliche Klärung zur Elementarisierung von Begriffen und Inhalten, die Erfassung der Perspektive der Lernenden – Letzteres zur Klärung von Bedeutungsbeziehungen zu Fachwörtern und Präkonzepten, um darauf die didaktische Strukturierung, also einen neuen Rahmen, aufzubauen [12].



Abb. 1: Schema Didaktische Rekonstruktion [2]

Wie Piet Lijnse [13] beschreibt, sollte dieser Prozess eine zyklisch theoretische Reflexion und eine konzeptuelle Analyse darstellen, außerdem das Curriculum auf kleinen Skalen weiterentwickeln sowie immer „classroom research“ beinhalten, um Interaktionen und Lehr-Lernprozesse mit einzubeziehen. Um dies zu ermöglichen, werden die Aspekte dieses didaktischen Triplets (Abb. 1) einzeln untersucht und später in einem zirkulären Prozess implementiert.

4.2 Fachliche Klärung

Die Lehrendenperspektive wird mittels leitfadengestützten Experteninterviews und Gruppendiskussionen mit Lehrenden und Studienprogrammleitern erhoben, sowie mittels Themenanalyse des Curriculums und Lehrveranstaltungsunterlagen aus den Ernährungswissenschaften. Für die Zusammenfassung der fachlichen Schwerpunktsetzung wird eine Kombination aus Rückmeldungen der Lehrenden der Ernährungswissenschaften und einer Analyse des Curriculums unumgänglich. Auch Lehrende des bestehenden Physikpraktikums werden zu ihrem Erfahrungswissen über die Lehrveranstaltung, deren Inhalte und Methoden befragt. Basisinstrument der Erhebung bildet eine Themenanalyse [14] mit einem offenen Codierverfahren und deduktiver Kategoriendefinition. Die weitere Analyse stützt sich aufgrund der kleinen Anzahl an Interviews mit Lehrenden der Ernährungswissenschaften hauptsächlich auf die Themenanalyse ernährungswissenschaftlicher Folgelehrveranstaltungen.

Ergebnisse der fachlichen Klärung

Thermodynamik, Energie und Grundlegendes zur Messwerterfassung sind von Physikern oft geforderte Themenbereiche, während die Studienprogrammleitung der Ernährungswissenschaften eher konkrete Anwendungsbeispiele bzw. einzelne Messmethoden wie Verbrennungskalorimetrie nennt. Im neuen Curriculum des Jahres 2009 ist das hier vorgestellte neue Physikpraktikum eines der ersten Praktika für Studierende der Ernährungswissenschaften. Dies impliziert eine Schwerpunktsetzung auf das Vermitteln elementarer Methoden und naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, wie Datenauswertung und Dokumentation.

Die Lehrenden des bestehenden Physikpraktikums äußerten darüber hinaus konkrete Wünsche an das neue Praktikum:

- Steigerung der Lernwirksamkeit des Praktikums mit besonderer Berücksichtigung des Verständnisses von Konzepten und Methoden (Steigerung von kognitivem Engagement, Anstrengungsbereitschaft, Tiefenstrategien des Lernens und Leistung) (siehe auch „4.5 Lernziele“),
- Steigerung der eigenständigen Handlungsfähigkeit der Studierenden im Praktikum (Autonomieerleben) bei gleichzeitiger Förderung von aktivem Erwerb von Wissen und Fertigkeiten durch die Studierenden,
- Anpassung der Lernunterlagen an die Lernvoraussetzungen der Studierenden, ohne gleichzeitig das abschließende Niveau kognitiver und prozessorientierter Lehr- und Lernziele unbegründet herabzuvellieren (Kompetenzerleben steigern),
- Einführung eines objektiven Beurteilungssystems ohne (alleinige) Abschlussprüfungen, dafür aber verstärkte Rücksichtnahme auf prüfungsimmanente Studierendenleistungen.

4.3 Perspektive der Lernenden

Es werden 113 Studierende der Ernährungswissenschaften im SoSe 2008 (siehe Projektverlauf Abb. 2) vor Beginn ihres Praktikums, jedoch nach Absolvierung einer obligatorischen zweistündigen Physikvorlesung, befragt. Die Vorlesung findet nur im Wintersemester statt, während das Praktikum, aufgrund begrenzter Teilnehmerzahl, jedes Semester angeboten wird. Gegenstände der zweigliedrigen schriftlichen Befragung sind einerseits demografische und biografische Daten, voruniversitäre sowie universitäre Erfahrungen mit Physik und Experimentieren. Andererseits werden die Einstellungen der Studierenden zu eigenständigem Durchführen physikalischer Experimente und rechnerischem Auswerten von Messdaten sowie (exemplarisch) deren physikalische und mathematische Fertigkeiten erhoben. Dieser Fragebogen wurde von Wolny [7] entwickelt, basierend auf den Befragungsinstrumenten von Theyßen [1] und Boltes Befragungsinstrument zu motivationalen Merkmalen zur Schaffung lernförderlicher Umgebungen [15]. Zur exemplarischen Erhebung mathematischer und physikalischer Fertigkeiten werden vier Aufgaben gestellt ([16], darunter Aufgabe M124 aus PISA, 2006).

Ergebnisse der Perspektive der Lernenden

Die Analyse ergab, dass die überwiegend weiblichen (83%) Studierenden, die sich zu weit mehr als der Hälfte wünschen, in Gesundheitswesen und Lebensmittelindustrie einen Arbeitsplatz zu finden, sehr wenig mathematische Vorkenntnisse und Abstraktionsvermögen mitbringen ([7], S. 54-63]). Da, nach statistischen Angaben der Universität Wien (basierend auf einer Grafik von UNIPORT nach der Online-Umfrage „Vom Studium in den Beruf“ im

April 2009), ein überwiegender Anteil der Absolventen der Ernährungswissenschaften in Industrie (36%) und Forschung (25%) arbeitet, wird eine fundierte physikalisch-naturwissenschaftliche Ausbildung als gerechtfertigt angesehen ([7], S. 62). Die Motivation der Studierenden physikalisch zu argumentieren ist relativ hoch, während Grundlagenwissen fehlt. Die Elaboration des in der Physikvorlesung erworbenen Wissens sowie die Vernetzung und Anwendung von Vorkenntnissen scheint kaum ausgeprägt. Die Relevanz der behandelten Lehrinhalte vor bzw. nach dem klassischen Physikpraktikum wird kaum erkannt ([7], S. 60-61). Während das Experimentieren noch als spannend und interessant angesehen wird, stehen die Studierenden der Beschäftigung mit Daten und deren Auswertung eher gleichgültig bis ablehnend gegenüber, woraus geschlossen wird, dass die intrinsische Motivation der Studierenden generell gesteigert werden sollte, um den Lernerfolg in diesem Bereich zu erhöhen.

4.4 Fachdidaktische Strukturierung

Unter Einbeziehung der Ergebnisse der oben erörterten Perspektiven wird eine Kombination aus physikalischen Grundlagen und kontextualisierten Anwendungsbeispielen angestrebt (siehe Tab. 1). Im Folgenden wird die neue Praktikumsstruktur vorgestellt:

Das neue Praktikum ist adressatenspezifisch gestaltet, stützt sich also auf sinnstiftende Kontexte aus Profession und Wissenschaft des Faches und folgt dem konstruktivistischen Design für Hochschulpraktika [1] das besonderen Wert auf Kleinschrittigkeit und den kontinuierlichen Aufbau immer komplexerer Zusammenhänge legt. Unveränderte Voraussetzung für den Besuch des Praktikums ist die positive Absolvierung der Physikvorlesung, die jedes Wintersemester stattfindet. Im neuen Design wird allerdings nicht auf das Vorwissen aus dieser Vorlesung angeknüpft. Das neue Praktikum umfasst obligatorisch vier Präsenz- und drei Online-Praktikumseinheiten, wobei Letztere von einem beliebigen Ort aus in einem vorgegebenen Zeitfenster von mindestens 14 Tagen via Internet und PC zu absolvieren sind. Die Online-Anteile sind der Tatsache geschuldet, dass aufgrund der Studierendenzahlen mit einem enormen Zuwachs an benötigten Praktikumsplätzen zu rechnen ist. Zu den Präsenzeinheiten, die vor Ort in den Praktikumsräumlichkeiten stattfinden, wird ein Arbeitsbuch mit kleinschrittigen Anleitungen entwickelt, das konform mit der konstruktivistischen Lerntheorie auf die lernförderliche Abfolge der Komplexitätsebenen der Bedeutungskonstruktion Rücksicht nimmt [11] und gleichzeitig den Studierenden als Vorlage zum Erlernen erster Schritte einer Protokollführung dienen kann. Die Studierenden beginnen ohne inhaltliche Vorbereitung, nach einer kurzen einführenden Kontextdarstellung, selb-

ständig mit dem Experimentieren. Die Komplexität der Inhalte und Tätigkeiten steigert sich schrittweise innerhalb jeder Einheit. Die Theorieaufbereitung findet aufbauend auf den eigenen Erfahrungen als „Nachbereitung“ außerhalb der Praktikumszeit statt. Das bietet den Vorteil, die Grundlagen mit persönlichen Handlungs- und Konstruktionsprozessen zu verknüpfen, um ein nachhaltigeres viables Wissenskonstrukt herzustellen (siehe „4.5 Lernziele“).

Die Online-Praktikumseinheiten beziehen interaktive Bildschirmexperimente (IBEs) und Videos als multimediale Elemente mit ein, um eine in Bezug auf den Lernerfolg gleichwertige Praktikumsituation zu schaffen [1]. Die physikalisch zugrundeliegende Theorie ist in das Onlinekonzept jedoch direkt als roter Faden an passender Stelle eingeflochten. Die zeitlich und räumlich nicht beschränkte Online-Lernumgebung – die Studierenden haben mindestens 14 Tage Zeit an einem PC ihrer Wahl via Internet die jeweilige Übung fertigzustellen und online abzugeben – bietet den zusätzlichen Faktor einer gesteigerten Selbstorganisation des Lernprozesses, indem der Zeitpunkt der Vertiefung in die dazugehörige Theorie selbst gewählt werden kann bzw. gefunden werden sollte (siehe „4.5 Lernziele“). Das zugehörige Online-Tool wurde bis zum Jahr 2000 an der Universität Düsseldorf entwickelt und in Kooperation mit der Universität Wien 2009 weiterentwickelt. Es entstand insbesondere ein Autorentool zur leichteren Eingabe neuer Praktikumsbeispiele: <https://www.univie.ac.at/physikwiki/index.php/Hauptseite?elearning=1#>

Die Einführung der Online-Einheiten erlaubt Studierenden nicht nur zeit- und ortsunabhängiges Lernen, es macht gleichzeitig einen parallelen Präsenzkurs in den Praktikumsräumlichkeiten möglich.

Es wird zu jedem in der fachlichen Klärung definierten Lehrinhalt eine passende Makrokontexteinbettung angestrebt. Die Themengebiete und der Fachkontext der Praktikumseinheiten sind in Tabelle 1 angegeben.

Die curricularen Rahmenbedingungen und die ECTS-Zuteilung (von zwei Credits) machen nur sieben Praktikumseinheiten möglich (3h Präsenzzeit + 2h Nachbereitung je Präsenzeinheit und 5h je Online-Einheit), erlauben es aber gleichzeitig ein neues Beurteilungsschema einzuführen. Im neu rekonstruierten Praktikum werden, der Kleinschrittigkeit folgend, nach jeder, beziehungsweise vor jeder weiteren Einheit, vier kurze Multiple-Choice-(MC-)Aufgaben gestellt, bevor abschließend alle Einheiten mit einem längeren MC-Test abgeschlossen und insgesamt beurteilt werden.

Übungseinheiten	Inhalt und ernährungswissenschaftlicher Bezug
Grundlagen der Messtechnik (Präsenz)	Einfache statistische Auswertungen anhand von Körpertemperaturmessung, Fehlerfortpflanzungsrechnung anhand des Body-Mass-Index. Lineare Regression anhand von Videoanalyse zur Durchflussrate eines Zapfhahns.
Grundlagen der Elektrizität (Präsenz)	Aufbauende Experimente zu einfachen Schaltungen. Widerstands- und Leitfähigkeitsmessung eines Elektrolyts (in Abhängigkeit von Querschnittsfläche und Elektrodenabstand. Elektrische Trinkwasseranalyse.
Spektrometrie und Photometrie (Präsenz)	Lichtbrechung und Dispersion am Prisma. Bestimmung des Absorptionsspektrums von Chlorophyll aus Spinat. Konzentrationsbestimmung des Lebensmittelfarbstoffs E120 (Karminsäure) in roten M&M-Bonbons mittels Vergleichsproben bekannter Konzentration und Abgleich mit dem ADI-Wert (acceptable daily intake).
Eigenschaften von Flüssigkeiten (Präsenz)	Bestimmung der Viskosität und ihrer Temperaturabhängigkeit mit dem Hagen-Poiseuille'schen Kapillar-Viskosimeter. Viskositätsbestimmung in der Lebensmittelindustrie. Bestimmung der Oberflächenspannung mit der Abrissmethode.
Wechselstrom (Online)	Aufbauende Experimente für die Bioimpedanzanalyse: Messen mit dem Oszilloskop (Interaktives Bildschirmexperiment – „IBE“), R-R- & R-C-Serienschaltung (IBE), Phasenverschiebung (IBE). Bioimpedanzanalyse (Video).
Geometrische Optik (Online)	Aufbauende Experimente zum Strahlengang und zur Bildqualität des Mikroskops: Objektiv (IBE), Okular (IBE), Feldlinse (IBE), Köhler'sche Beleuchtung (Applet).
Kalorimetrie (Online)	Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser (IBE). Bestimmung des Energiegehalts von Nahrungsmitteln mit dem Verbrennungskalorimeter (Video). Bestimmung des Grundumsatzes einer Maus (Video).

Tab. 1: Überblick über die Übungseinheiten des neuen Praktikums

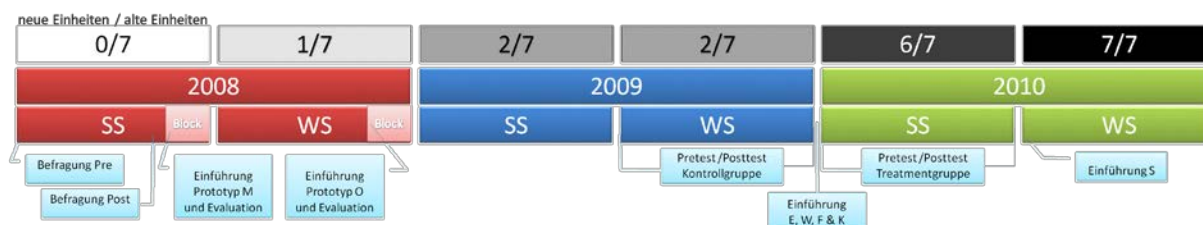


Abb. 2: Projektverlauf der Entwicklung, Implementierung und Evaluation des neuen Physikpraktikums für Ernährungswissenschaften an der Universität Wien

Mit dieser Prüfungsmodalität wird einerseits versucht eine Anleitung zum kontinuierlichen Wissenserwerb zu geben und andererseits die Konstruktion von nachhaltigem Wissen zu ermöglichen, in dem bei den Aufgaben gefordert wird, erworbenes Wissen und Fertigkeiten in ähnlichen Fragestellungen anwenden zu können (siehe „4.5 Lernziele“). Außerdem werden Lern- und Prüfungsphasen zeitlich getrennt.

4.5 Ziele des neuen Praktikumsdesigns

Abgeleitet von den oben abgehandelten inhaltlichen (siehe Tab. 1) und organisatorischen Faktoren wurden für das konstruktivistische Praktikumsdesign unter anderem folgende Lernziele formuliert:

- kognitive Ziele:
 - Kennenlernen verschiedener, in ernährungswissenschaftlichen Kontext gebrachter, physikalischer Experimente (vgl. Tab. 1).
 - Die den Experimenten (vgl. Tab. 1) zugrundeliegende Theorie mit den experimentellen Ergebnissen verknüpfen lernen.
 - Die wichtigsten behandelten physikalischen Grundgesetze lernen und in ähnlichen Fragestellungen anwenden können.
 - Analysieren und Bewerten von Messdaten und Messunsicherheiten.
- prozessorientierte Ziele:
 - Kritisches Prüfen von Ergebnissen sowie von Lerninhalten (Unsicherheitsanalyse).

- Anwenden von bereits bekanntem physikalischen Wissen und physikalischen Arbeitsmethoden auf neue Herausforderungen.
- (Lineare) Regressionsanalyse durchführen können.
- Interpretieren von Diagrammen (z. B. lineare Regression, Absorptionsspektrum, ...) und grafischen Darstellungen (z. B. einfache Schaltskizze).
- Unterschiedliche Messmethoden und Messgeräte anwenden und bedienen können.
- Zeitmanagement und Selbstorganisation.

Zum Vergleich sind hier die Lernziele des klassischen Praktikums aufgelistet. Sie entstammen dem Lehrveranstaltungs-kriptum aus dem Jahr 2004:

- Einführung in die Methodik physikalischer Vorgänge.
- Anwendung einiger ausgewählter, in der Vorlesung behandelte Themenkreise anhand realer Experimente.
- Vertiefung der in der Vorlesung erworbenen Grundkenntnisse.
- Sicheres Umgehen und Bedienen einiger Messinstrumente und physikalischer Versuchseinrichtungen erlernen.
- Kritische Wertung (Fehlerabschätzung, Fehlerrechnung) der selbstständig erarbeiteten Ergebnisse üben.

Diese Pauschalformulierungen stellen nur undifferenziert die Ziele der Lehrveranstaltung dar. Es ist jedoch keineswegs so, dass sie sich in ihrer Grundintention gravierend von den neuen Zielen unterscheiden. Letztlich liegt der deutlichste Unterschied zwischen den beiden Praktika darin, dass der Lernweg und die Lernmethode im konstruktivistischen Design die Eigenverantwortlichkeit der Studierenden in den Mittelpunkt stellt.

Zusammenfassend legen die Autoren Wert darauf, neben dem Erreichen der oben genannten Lernziele, einen Rahmen zu schaffen, in dem die Lernenden eine hohe Motivation (nach der Selbstbestimmungstheorie [17]) entwickeln können [30]. Entsprechend den Ergebnissen aus der Erhebung der fachlichen Klärung und Perspektive der Lernenden wird versucht, das kognitive Engagement gegenüber der Physikvorlesung auf ein hohes Niveau zu heben und das Anwenden von unterschiedlichen Lernstrategien, z. B. Tiefenstrategien wie die Elaboration, gezielt zu fördern. Die Anstrengungsbereitschaft der Studierenden soll gleichermaßen angehoben werden und die Relevanz des physikalischen Praktikums, seiner Inhalte und Methoden für den weiteren Studienverlauf soll von den Studierenden erkannt werden.

5. Projektverlauf und Evaluationsstrategie

Der zeitliche Projektverlauf beginnt mit der Entwicklungsphase 2008 (in Abb. 2 rot), mündet in die

Implementierungsphase (blau) und endet in der Evaluationsphase (grün). Die oberste, grau schattierte Leiste zeigt den Implementierungsverlauf neu rekonstruierter Übungseinheiten. Prototypische Lehrveranstaltungen fanden bereits in geblockten Kursen zu Semesterende der Entwicklungsphase Einzug in das Praktikum. Erste organisatorische Änderungen wurden im SoSe 2009 umgesetzt. Die (de facto) vollständige Konzeptumstellung fand im Sommersemester 2010 statt.

Die Evaluation dieses umfangreichen Projekts wurde in mehreren Bereichen und auf verschiedenen Ebenen durchgeführt. Jede neu entwickelte Übungseinheit wurde mit einem adaptierten Triangulations-Setup nach dem Vorbild der Aktionsforschung nach Altrichter & Posch [18] separat untersucht. Dabei wurden mit qualitativer und quantitativer Sozialforschung stets Lehrenden-, Lernenden- und Außenperspektive erhoben [7, 19, 20]. Auf die Ergebnisse dieser punktuellen Evaluationen soll in Folge nicht näher eingegangen werden. Ihre Ergebnisse flossen unmittelbar in die weitere Entwicklung und Verbesserung der betreffenden Übungseinheiten ein.

Ein quantitatives Testgruppendesign zur Untersuchung der Einflüsse des neuen Praktikums auf In- und Outputparameter des Lernprozesses (siehe Kapitel 6) wurde ebenfalls durchgeführt [21].

Zusätzlich wurden mit einer Abfrage zu den Einstellungen der Studierenden zum Experimentieren im Physikpraktikum, die im Zuge der Erfassung der Perspektive der Lernenden zu Beginn des Projektes gemacht wurde, die Einstellungen zum konventionellen alten Praktikum mit jenen zum neuen konstruktivistischen Praktikum quantitativ verglichen [22]. Auf diese beiden Datenerhebungen, die nach Meinung der Autoren einerseits die Zielvorgaben der didaktischen Rekonstruktion überprüfen und andererseits den Impact der Praktikumserneuerung (Treatment) am geeignetsten in seiner Gesamtheit erfassen, soll im Folgenden genauer eingegangen werden.

Im Rahmen der gesamten Evaluationsmaßnahmen des neu entwickelten Praktikums wurde auf eine Untersuchung der medien-spezifischen Einflüsse auf die Input- und Outputparameter des Lernprozesses verzichtet, da Theyßen [1] basierend auf den Entwicklungsarbeiten zum Praktikum für Medizinstudierende an der Universität Düsseldorf bereits gezeigt hat, dass Online-Praktikumseinheiten mit interaktiven Bildschirmexperimenten gegenüber den Präsenzeinheiten keinen nachteiligen (aber auch keinen vorteiligen) Effekt auf Motivation oder Lernerfolg haben.

6. Testdesign und Messinstrumente

Es wurde ein klassisches Pretest/Posttest Design mit Kontroll- und Treatmentgruppe durchgeführt, die jedoch nicht im gleichen Semester, sondern – weil organisatorisch nicht anders möglich – in aufeinanderfolgenden Semestern getestet wurden. Daher

haben die meisten Studierenden in der Treatmentgruppe die Physikvorlesung im Wintersemester 2009 besucht, während die Kontrollgruppe diese bereits im Wintersemester 2008 absolviert hat, allerdings ohne inhaltliche Änderung und bei demselben Vortragenden. Das bedeutet, dass der zeitliche Abstand zwischen Vorlesung und Praktikum für die Treatmentgruppe im Mittel kürzer ist, was auch die systematische Verschiebung bei Alter und Semesterzahl der beiden Gruppen erklärt (siehe Tab. 3). In Abbildung 2 sind die Testzeitpunkte beider Gruppen eingetragen, wobei auch eine Schwäche dieser Studie offensichtlich wird: Einerseits absolvierte die Kontrollgruppe neben fünf konventionellen auch bereits die beiden prototypischen Übungseinheiten im konstruktivistischen, adressatenspezifischen Praktikumskonzept. Andererseits waren für die Treatmentgruppe erst sechs von sieben Übungseinheiten vollständig im konstruktivistischen Design implementiert. Die ausstehende siebente Einheit war zum Testzeitpunkt mit eigens entwickelten Arbeitsblättern an das konstruktivistische Konzept angenähert, der adressatenspezifische Makrokontext war allerdings noch nicht einbezogen. Die vorliegende Evaluationsstudie ist in einen In-vivo-Entwicklungsprozess eingebettet, der sich nach den finanziellen und zeitlichen Ressourcen der Arbeitsgruppe, der Bereitschaft der Hochschullehrenden zur Mitarbeit sowie den zeitlichen Vorgaben für die Umsetzung von Diplomarbeiten der an der Entwicklung beteiligten Studierenden zu richten hatte. Es war daher aus pragmatischen und ethischen Gründen (Vereinbarkeit mit den pädagogischen Zielen, wie von Altrichter & Posch [18] gefordert) weder vertretbar, den Studienabschluss der beteiligten Diplomanden hinauszuzögern, noch den Studierenden im Ernährungswissenschaftspraktikum offensichtliche methodische Verbesserungen vorzuenthalten.

Abbildung 3 zeigt das Design und den Bezug der Analyseebenen innerhalb und zwischen den Gruppen.

Die Fragen des Pretests (siehe unten) beziehen sich auf „bisherige Lehrveranstaltungen aus der Physik“, was im Fall der Studierenden der Ernährungswissenschaften ausschließlich die ein bis zwei Semester zurückliegende Physikvorlesung betrifft (Erklärung siehe Kapitel 4.3). Diese fungiert somit als Bezugsgröße aller abgefragten Skalen und Einstellungen. Zudem ermöglicht diese Tatsache einen direkten Vergleich zwischen (Treatment- oder Kontroll-)Praktikum und ebendieser Vorlesung.

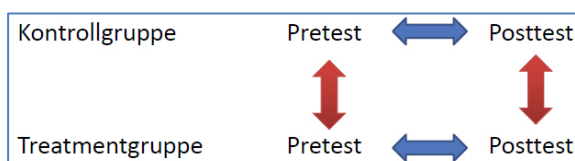


Abb. 3: Schema Testdesign am Übergang von Implementations- zu Evaluationsphase

Die im Pre- und Posttest abgefragten Skalen für die In- und Outputparameter des Lernens, basierend auf den Zielvorgaben der oben aufgearbeiteten didaktischen Rekonstruktion, sind:

- a) Motivation nach der Selbstbestimmungstheorie [17]:

Die Theorie schien am passendsten für ein konstruktivistisch designtes Praktikum, das darauf abzielt, Studierende mit geringen Vorkenntnissen ein selbsttätiges Arbeiten zu ermöglichen [7]. Getestet wurde mit je zwei Items zu den grundlegenden Bedürfnissen „soziale Eingebundenheit“, „Kompetenzerleben“ und „Autonomieerleben“, sowie zwei Items zu „intrinsischer Motivation“ [23].

- b) Kognitives Engagement: zwei Items [24].

- c) Anstrengungsbereitschaft: drei Items [25].

Lernstrategien: Je ein Item zu „Wiederholen“, „Organisation“, „Elaboration“ und „kritisches Prüfen“ [23].

- d) Lernvoraussetzungen „Vorwissen“ als Inputvariable im Pretest (bzw. „Lernerfolg“ als Outputvariable im Posttest):

Vier Items zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen [26] und vier Items zu allgemeinem Fachwissen [27].

Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Lerngelegenheiten für die ausgewählten Fragen hinsichtlich der oben erörterten Ziele der beiden Praktikumsdesigns in vergleichbarem Ausmaß gegeben sind und sich nur die Lernmethode unterscheidet. Alle vier Items zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen beziehen sich auf kognitive und prozessorientierte Lernziele beider Praktikumsdesigns, wohingegen nur zwei Fachwissensfragen inhaltlich im Praktikum behandelt werden, zwei weitere gehen über die Inhalte des Praktikums hinaus.

Die nur im Posttest allein abgefragten Items sind als Block „Beurteilung des Praktikums“ zusammengefasst:

- e) Relevanz für das eigene Studium.
 f) Ermöglichen die Lernunterlagen eine gute Orientierung über die gestellten Aufgaben?
 g) Ist die experimentelle Ausrüstung in gutem Zustand?
 h) Können die gestellten Aufgaben in der vorgesehenen Zeit bewältigt werden?

Die Einstellungen der Studierenden zum Experimentieren im Physikpraktikum wurden ebenfalls nur im Posttest abgefragt. Als Kontrollgruppe dient hier allerdings ein Studierendenjahrgang, der von Wolny im Rahmen der didaktischen Rekonstruktion zur Erfassung der Studierendenperspektive vor Einführung der prototypischen Übungseinheiten befragt wurde, wie man in Abbildung 1, Sommersemester 2008 – Befragung Post – erkennen kann [7]. Die

Einstellungsabfrage bezieht sich auf „physikalische Experimente selber durchführen finde ich ...“ und ermöglicht den Studierenden eine Bewertung folgender ausgewählter Assoziationen: spannend, fad, interessant, langweilig, macht Spaß, ist zu anstrengend für mich, traue ich mir zu, wollte ich noch nie machen, lehrreich, fördert das Verständnis, verwirrt mich, notwendig, überflüssig, für mein Studium relevant. Das Design der Abfrage beruht auf einem von Bolte [15] vorgestellten Instrument zur Erfassung des Lern- und Unterrichtsklimas und auf dem von Theyßen [1] verwendeten Fragebogen im Rahmen ihrer methodisch ähnlichen Praktikumsentwicklung für Mediziner.

Der Test wurde als „Paper & Pencil“-Test mit einer fünfstufigen Antwortskala (von 1 = „trifft völlig zu“ bis 5 = „trifft gar nicht zu“) für alle Fragen durchgeführt, ausgenommen der dichotom codierten Leistungsfragen. Ein angeleitetes Codewort ermöglichte die anonyme Verbindung von Pre- und Posttest der jeweiligen Personen.

Aussagekraft und Güte der Testinstrumente

Die Stichprobengröße beträgt $n_1 = 81$ für die Kontroll- und $n_2 = 136$ für die Treatmentgruppe. Der Unterschied in der Stichprobengröße resultiert aus schwankenden Studienanfängerzahlen und der Tatsache, dass ein Teil der Studierenden die Physikvorlesung bereits zum Ende des Wintersemesters abschließt und sofort im darauffolgenden Sommersemester das Praktikum besucht, ein anderer Teil aber erst im Laufe dieses Folgesemesters die Vorlesung abschließt und somit mit einem Semester Verzögerung das Praktikum besucht. Einige Studierende besuchen Vorlesung und/oder Praktikum außerdem ein oder mehrere Studienjahre verzögert.

Skalen	Cronbach Alpha Pre		Cronbach Alpha Post	
	Kontroll	Treat.	Kontroll	Treat.
Grund. Bed.	0,78	0,73	0,78	0,72
Intr. Motiv.	0,69	0,67	0,79	0,71
Kogn. Eng.	0,78	0,83	0,84	0,80
Tiefenstrat.	0,54	0,63	0,59	0,61
Anstr.-Ber.	0,77	0,81	0,79	0,76

Tab. 2: Reliabilitätsprüfung der Skalen in Pre- und Posttest

Zur Prüfung der Reliabilität der Skalen wurde Cronbachs Alpha als Prüfwert herangezogen (siehe Tab. 2). Die Skalen der Pre- und Posttests beider Gruppen erwiesen sich als reliabel mit Ausnahme der Tiefenstrategien. Deshalb wurde die Skala für alle weiteren Analysen immer auch auf Ebene der Lernstrategie-Items einzeln analysiert. Die im Pretest nicht vielversprechende Reliabilität der Skala „intrinsic Motivation“ erweist sich im Posttest jedoch als ausreichend groß. Deshalb wird auch hier von einer reliablen Skala ausgegangen.

Die acht dichotom codierten Items „Vorwissen“ (Pre) bzw. „Lernerfolg“ (Post) wurden aus unterschiedlichen validierten Testinstrumenten ausgewählt und stellen daher kein homogenes Konstrukt dar, sondern einen breiten Querschnitt über unterschiedliche naturwissenschaftliche kognitive und prozessorientierte Kompetenzen. Daher wurde auf eine Reliabilitätsprüfung mangels Anwendbarkeit verzichtet.

Um die Vergleichbarkeit von Kontroll- und Treatmentgruppe zu überprüfen, wurden die Pretests der beiden Gruppen einer vergleichenden Analyse unterzogen. Alle Skalen wurden mit dem t-Test auf Unterscheidbarkeit der Mittelwerte geprüft. Die Leistungs-Items wurden zusätzlich mit dem Mann-Whitney-Test auf Signifikanz in der Änderung der Lösungshäufigkeiten überprüft (in Tab. 3 und Tab. 4 mit ⁺ markiert).

Pretest	Mittelwert ± Standardfehler	
	Kontroll	Treatment
Alter	21,8±0,33	20,9±0,22*
Semester	3,7±0,2	2,5±0,1*
Geschlecht	90% w	89% w
Grundlegende Bedürfnisse	2,85±0,08	2,68±0,06
Intrinsische Motivation	3,21±0,10	3,20±0,08
Kognitives Engagement	2,83±0,10	2,97±0,09
Strategie: Wiederholung	2,53±0,10	2,66±0,10
Tiefenstrategien	2,41±0,07	2,35±0,07
Anstrengungsbereitschaft	1,85±0,07	2,10±0,07
Relevanz für das Studium	2,74±0,12	3,06±0,09
Vorwissen (max. 8 Punkte)	1,69±0,14	1,56±0,11 ⁺

Tab. 3: Pretest: Mittelwerte der Skalen (und Items). Signifikante Unterschiede sind mit (*) markiert.

Die beiden Gruppen unterscheiden sich im Pretest hinsichtlich keiner Skala signifikant, wie man auch in Abbildung 4 (voll ausgefüllte Datenpunkte) erkennen kann. Der einzige Unterschied liegt in Alter und Semester, die jahrgangsbedingt für die Kontrollgruppe geringfügig höher liegen. Beide Gruppen befinden sich jedenfalls in der Mitte des ersten Studienabschnittes und besitzen somit in jeder Hinsicht die gleichen Voraussetzungen.

Die Stichprobengröße der Kontrollgruppe für die Befragung der Einstellungen zum Experimentieren im Physikpraktikum beträgt $n_1' = 91$. Aufgrund der detaillierten Untersuchung zur Vergleichbarkeit von Kontroll- und Treatmentgruppe für den Test zum Einfluss des Praktikums-Setups auf die In- und Outputparameter des Lernprozesses wird davon ausgegangen, dass auch der Jahrgang SoSe 2008 als Kontrollgruppe für den Vergleich von Einstellungen zum Experimentieren herangezogen werden kann.

7. Ergebnisse der quantitativen Untersuchung

Tabelle 4 zeigt den Vergleich der Ergebnisse des Posttests von Kontroll- und Treatmentgruppe. Für die signifikanten Unterschiede wurde die Effektstärke des Treatments auf die jeweilige Skala bzw. auf das jeweilige Item berechnet. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln präsentiert.

Posttest	Mittelwert \pm Standardfehler	
	Kontroll	Treatment
Grundlegende Bedürfnisse	2,10 \pm 0,07	2,15 \pm 0,05
Intrinsische Motivation	2,68 \pm 0,10	2,71 \pm 0,07
Kognitives Engagement	2,28 \pm 0,09	2,28 \pm 0,07
Strategie: Wiederholung	2,07 \pm 0,10	2,08 \pm 0,07
Tiefenstrategien	2,18 \pm 0,07	2,13 \pm 0,06
Anstrengungsbereitschaft	1,90 \pm 0,08	2,02 \pm 0,06
Relevanz für das Studium	3,06 \pm 0,13	2,32 \pm 0,09*
Unterlagen geeignet	2,28 \pm 0,13	2,22 \pm 0,08
Ausrüstung geeignet	1,96 \pm 0,11	1,68 \pm 0,07*
Aufgaben in der vorg. Zeit	1,64 \pm 0,10	2,72 \pm 0,11*
Lernerfolg (max.8 Punkte)	2,14 \pm 0,15	2,72 \pm 0,12* ⁺

Tab. 4: Posttest: Mittelwerte der Skalen (und Items). Signifikante Unterschiede sind mit (*) markiert.

7.1. Motivation

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Skalen für beide Gruppen im Pre- und Posttest in Patterndarstellung. Der Unterschied zwischen den Pre- und Posttests ist gut erkennbar und zeigt, dass beide Praktikumsdesigns hohe bis mittlere Effekte (gemessen an der Effektstärke d) bewirken. Ein Unterschied zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe im Posttest

ist jedoch nicht sichtbar. In Tabelle 4 sind für die untersuchten Skalen des Posttests die Daten für die vergleichende Analyse angegeben. Die Skalen „grundlegende Bedürfnisse“ und „intrinsische Motivation“ erweisen sich auch hier als reliabel, jedoch können mit dem t-Test keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte nachgewiesen werden. Dies verhält sich auf Item-Ebene ebenso.

Vergleicht man die Änderung der Motivation innerhalb der beiden getesteten Gruppen miteinander (Abbildung 4), so ist erkennbar, dass beide Praktika, sowohl im Kontroll- als auch im Treatment-Setup die Motivationssubskalen „soziale Eingebundenheit“, „Autonomieerleben“ und „intrinsische Motivation“ der Studierenden gegenüber dem Pretest, der die Einstellung zur Physikvorlesung repräsentiert, signifikant zu steigern vermögen. Daher kann gefolgert werden, dass sowohl das konventionelle (alte), als auch das konstruktivistische (neue) Physikpraktikum einen motivierenden Effekt verursacht.

7.2. Kognitives Engagement

Ebenso wie bereits für die Motivationskalen und -Items beschrieben, lässt sich für das kognitive Engagement keine signifikante Änderung durch das Treatment identifizieren. Gegenüber der Physikvorlesung, beschrieben durch die Werte im Pretest, führt das Praktikum jedoch in beiden Fällen zu einem höheren kognitiven Engagement, was durch die große Effektstärke von $d = 0,71$ gezeigt werden kann.

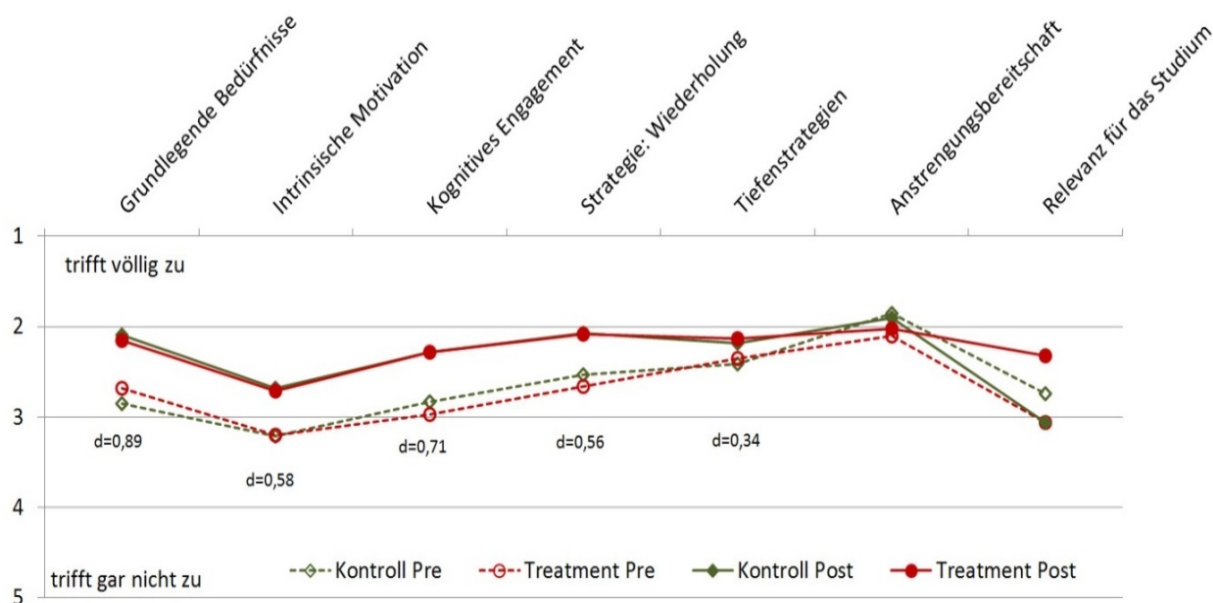


Abb. 4: Pattern-Darstellung der untersuchten Skalen im Pre- und Posttest von Treatment- und Kontrollgruppe. Für signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Posttest beider Gruppen wurde die Effektstärke d angegeben.

7.1 Lernstrategien

In Tabelle 4 und in Abbildung 4 zeigen die Daten und deren statistische Analyse, dass sich der Einsatz von Tiefenstrategien beim Lernen zwischen Treatment und Kontrollgruppe nicht signifikant unterscheiden lässt. Da bei der Reliabilitätsprüfung jedoch Zweifel an der Homogenität der Skala auftauchten, wurden die Lernstrategien auch auf Item-Ebene untersucht. Hierbei konnte festgestellt werden, dass die Lernstrategie der Elaboration, also der Verbindung von bereits Gelerntem mit neuen Lerninhalten, als einzige Strategie im Treatment signifikant häufiger angewendet wird als in der Kontrollgruppe. Eine Effektstärke von $d = 0,33$ untermauert die Annahme, dass dieser Effekt nicht zu vernachlässigen ist, kann aber hier nur als Hypothese formuliert werden, da sie sich nur auf ein Einzelitem stützt. Generell zeigt sich, dass beide Typen Praktika – sowohl konventionell als auch adressatenspezifisch/konstruktivistisch – gegenüber der Vorlesung zu einer verstärkten Anwendung aller Lernstrategien führen, ausgenommen dem kritischen Prüfen, welches in allen Fällen eine auffällig niedrige Bewertung hat.

7.2 Anstrengungsbereitschaft

Bei der Anstrengungsbereitschaft lässt sich ebenfalls keine signifikante Änderung durch das Treatment identifizieren. Eine Analyse auf Item-Ebene zeigt jedoch, dass gegenüber der Physikvorlesung, beschrieben durch die Werte im Pretest, das Praktikum dazu führt, dass die Studierenden „beim Lernen eher weiterarbeiten, auch wenn es schwierig wird“.

7.3 Beurteilung des neuen Praktikums-Setups

Im Posttest waren die Studierenden außerdem aufgefordert, wichtige Rückmeldungen für die Entwicklung des Praktikums-Setups zu geben.

Signifikant höher im Treatment ist der Eindruck der Studierenden, dass das Gelernte relevant für ihr persönliches (Ernährungswissenschafts-) Studium ist (Effektstärke $d = 0,69$), ebenso wie die Beurteilung der Geräte im Praktikum gegenüber der Kontrollgruppe ($d = 0,31$). Gesunken hingegen ist die Einschätzung, dass die gestellten Aufgaben in der dafür vorgesehenen Zeit bewältigt werden können, was das Entwicklungsteam zur Reduktion der Aufgabenlast einzelner Übungseinheiten veranlasst hat ($d = 0,96$). Bauer ([19], S. 79ff.) fand anhand der Verlaufsprotokolle heraus, dass die durchschnittliche Bearbeitungszeit der Online Einheit W bei der Treatmentgruppe bei 7,5h liegt und damit um 2,5h höher als ursprünglich geplant. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit der Kontrollgruppe für die äquivalente alte Präsenz-Einheit lag – begrenzt durch die Präsenzdauer der Lehrveranstaltung – bei 3h (exklusive Vorbereitungszeit).

7.4 Lernerfolg der Studierenden

Vorwiegend als Messung der Inputvariable „Lernvoraussetzungen“ für die Prüfung der Vergleichbarkeit der Stichproben von Treatment- und Kontrollgruppe gedacht, ergibt sich ein nicht zu vernachlässigender Effekt ($d = 0,43$) im Posttest dieses Fragenblocks, der unserer Meinung nach als Gradmesser für den Lernerfolg der Studierenden herangezogen werden kann. Das Praktikum in Treatment-Setup führt bei drei von jenen vier Items, die auf naturwissenschaftliche Arbeitsweisen abzielen (siehe 6. e), zu signifikant zahlreicheren richtigen Antworten. Das zeigt, dass die diesbezüglich formulierten (prozessorientierten) Ziele des neuen Praktikums (vgl. 4.5 b) erfüllt werden konnten. Von jenen vier Items, die auf das Fachwissen abzielen und die inhaltlich in beiden Praktikumsdesigns behandelt wurden, konnte ein Item praktisch in keiner Abfrage richtig beantwortet werden, wobei es sich um eines jener beiden

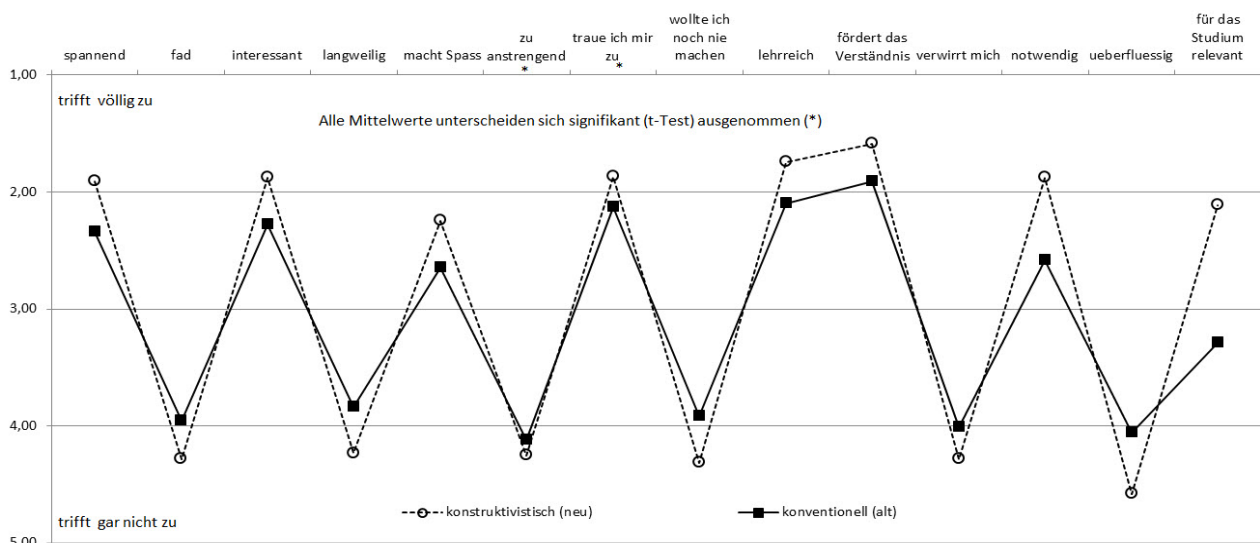


Abb. 5: Pattern-Darstellung der Änderung von Einstellungen zum Experimentieren im Physikpraktikum [22]

Items handelt, deren Inhalt nicht im Praktikum behandelt wird. Das weist auf ein manifestes Fehlkonzept (aus dem Bereich der Mechanik) hin, auf das in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden kann. Eines der beiden, inhaltlich im Praktikum behandelten Items verzeichnet eine signifikant höhere Lösungshäufigkeit, während die anderen beiden jeweils im Bereich der (multiple-choice-bedingten) Zufallslösungswahrscheinlichkeit liegen. Es sollte daher von fünf Items ausgegangen werden, die zur Lernerfolgsmessung verwertbare Information liefern. Das erklärt auch das (ausgehend von ursprünglich acht möglichen Punkten) augenscheinlich schlechte Abschneiden von Kontroll- und Treatmentgruppe (Bodeneffekt). Allgemeine Einstellungen der Studierenden zum Physikpraktikum

Abbildung 5 zeigt die Pattern-Darstellung der Einstellungsabfrage „Physikalische Experimente selber durchführen finde ich ...“. Deutlich erkennbar sind die positiven Assoziationen der Studierenden zum Experimentieren in beiden Praktikums-Setups sowie die erkennbare Verbesserung der Einstellungen zum konstruktivistischen Praktikumsdesign. Alle Mittelwerte unterscheiden sich signifikant, ausgenommen jene, die in Abbildung 5 mit (*) markiert sind: „zu anstrengend“ und „traue ich mir zu“. Besonders deutlich tritt die unterschiedliche Bewertung bei dem Assoziationspaar „notwendig-überflüssig“, sowie bei der Frage nach der Relevanz für das Studium hervor.

8. Diskussion

Die vorliegende Entwicklungs- und Evaluationsarbeit fügt sich in die bestehende Reihe an ähnlichen Umsetzungsbeispielen in Hochschulpraktika ein [1, 3, 6]. Es zeigt jedoch erstmals mit umfassender fachdidaktischer Begleitforschung, wie das von Theyßen entwickelte Konzept des konstruktivistischen und adressatenspezifischen Physikpraktikums auf eine ähnliche Ausgangssituation transferiert werden kann und demonstriert somit erneut seine Tauglichkeit in der Praxis.

Ebenso hat sich die didaktische Rekonstruktion als methodischer Rahmen für umfangreiche Entwicklungsvorhaben im Hochschulbereich abermals als hilfreich erwiesen.

Die Evaluationsmaßnahmen haben dem Entwicklungsteam ein aufschlussreiches Feedback erlaubt, das wertvolle Einblicke in die Input- und Outputvariablen des Lernprozesses ermöglicht hat:

Die Motivation der Studierenden nach dem Praktikum ist generell hoch, auch im konventionellen Setup. Daher erscheint es nicht verwunderlich, dass Effekte des konstruktivistischen Praktikums bezüglich Motivation mit den verwendeten Messinstrumenten nicht aufgelöst werden konnten und die Motivationsparameter sich daher als nicht signifikant erhöht darstellen.

Auffällig sind außerdem die durchwegs hohen Werte der Motivationssubskalen und einzelnen Items sowohl nach dem Treatment als auch nach dem Kontrollpraktikum. Es ist anzunehmen, dass es sich hierbei bereits um einen Deckeneffekt handelt, der zum Ausdruck bringt, dass eigenständiges Experimentieren, egal nach welchem Konzept, die Motivation der Studierenden gegenüber anderen universitären Lehrveranstaltungsformen steigert und kleine Unterschiede auf der verwendeten (allgemein gehaltenen) Skala dadurch nicht mehr auflösbar sind. Einzige Ausnahme hierbei bildet ein Item in der Motivationssubskala des Autonomieerlebens. Hier wurde die Frage nach persönlichen Entscheidungsspielräumen gestellt, die es auch im konstruktivistischen Praktikums-Setup wegen der kleinschrittigen Anleitungen nicht geben kann. In beiden Praktikums-Setups konnte jedoch kein Anstieg des Kompetenzerlebens festgestellt werden, auch nicht gegenüber den Pretest-Werten, die die Einstellung der Studierenden zur Vorlesung widerspiegelt. Dies kann über die oben erwähnten begleitenden qualitativen Evaluationsmaßnahmen erklärt werden. Bauer ([19], S. 77-78) beschreibt in seiner Evaluationsstudie etwa den Paradigmenwechsel in der Interaktion der Studierenden mit den Betreuern. Er zitiert aus einem Interview mit einem Betreuer:

Typische Fragen (der Studierenden, Anm.) sind: „Kann das stimmen?“ und „Habe ich das richtig gemacht?“ als Bitte zur Überprüfung, ob die Tätigkeit richtig war. Der Betreuer sagt dazu: „Das ist ja gut so, denn früher haben sie gefragt: „Wie geht das? Ich kenn mich nicht aus!“.

Die Studierenden sind zwar im neuen Praktikums-Setup immer noch unsicher und suchen Bestätigung, können aber wesentliche Handlungsschritte selbstständig durchführen, während im konventionellen Praktikums-Setup der Betreuer als Ersatz für die kleinschrittige Anleitung und für die Theorieaufbereitung fungieren musste. Aus dem Erfahrungswissen der betreuenden Personen ist bekannt, dass sie das auch derart gehandhabt haben, damit die Studierenden die gestellten Aufgaben irgendwie bewältigen konnten und nicht frustriert waren. Dadurch wurde den Studierenden also auch im konventionellen Praktikums-Setup zu Kompetenzerleben verholten. Deutlich unterschiedlich ist jedoch der Weg dorthin: Was früher die Betreuenden kompensiert haben, leistet jetzt das Arbeitsbuch. Ein weiterer Erklärungsansatz für das nicht gestiegene Kompetenzerleben ist die Rückmeldung der Studierenden, dass die gestellten Aufgaben in der dafür vorgesehenen Zeit schlechter bewältigt werden können, als dies im konventionellen Praktikum der Fall war.

Für das kognitive Engagement wird der gleiche Deckeneffekt vermutet wie für die Motivation beschrieben, allerdings sprechen auch hier die gesteigerten Werte beider Praktikums-Setups gegenüber der Physikvorlesung deutlich für das Physikprakti-

kum als effektiveren Lernort für Nebenfachstudierende.

Auch bei den Lernstrategien zeigt sich, dass alle Strategien gegenüber der Vorlesung in beiden Praktikums-Setups stärker zur Anwendung kommen. Nach Krapp [28] sind Motivationsfaktoren wichtige Moderationsvariablen, die den Einsatz von Lernstrategien steuern. Oberflächenstrategien werden mit extrinsischer Motivation, Tiefenstrategien mit intrinsischer Motivation in Verbindung gebracht. Man kann daraus folgern, dass der einflussnehmende Anteil intrinsischer Motivationsfaktoren im Treatment-Praktikum höher sein muss als im Kontroll-Praktikum, obgleich sich das auf direktem Weg wegen des oben beschriebenen Deckeneffekts nicht belegen lässt. Der stets niedrige Einsatz der Lernstrategie des kritischen Prüfens wirft folgende Überlegung auf: Studierende nehmen vielleicht an, dass eine kritische Prüfung von Lerninhalten an einer Universität nicht notwendig sei, oder erkennen die Anwendung dieser Lernstrategie als Teil ihrer Arbeitsmethoden und Aufgaben (die oftmals das Prüfen der eigenen Daten mit der Theorie beinhalten) nicht explizit, weil diese dort nicht als „kritisch Prüfen“ artikuliert wird.

Die genauere Analyse der Antworten zur Anstrengungsbereitschaft zeigt, dass die Treatmentgruppe gegenüber der Vorlesung (Pretest) „beim Lernen eher weiterarbeiten, auch wenn es schwierig wird“. Das ist im Kontroll-Setup nicht der Fall und lässt für den Faktor der Anstrengungsbereitschaft den Schluss einer Kovarianz der Studierendenleistung mit dem Anreizwert des Ziels zu. Weiner [29] beschreibt, dass eine Person, die unbedingt eine Aufgabe erfolgreich meistern will und der dies auch gelingt, den erlangten Erfolg mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ihre Anstrengung zurückführt. Das wäre ein sehr begrüßenswerter Effekt für den Lernprozess.

Hervorzuheben ist jedoch, dass der Lernerfolg betreffend naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im neuen Praktikums-Setup besser ist.

Für das konstruktivistische und adressatenspezifische Praktikum spricht ebenfalls die Erkenntnis der Relevanz des Praktikums für das Studium und die Einstellungen der Studierenden zum Experimentieren in der Physik.

Fazit

Zusammenfassend kann über das Entwicklungsprojekt und alle Evaluationsmaßnahmen gesagt werden, dass die Anstrengung einer Rekonstruktion eines Hochschulpraktikums für Nebenfachstudierende in adressatenspezifischer und konstruktivistischer Weise lohnend war, da letztlich alle Ziele, die durch die didaktische Rekonstruktion an das neue Praktikumsdesign vorgegeben waren, erreicht werden konnten: Der Lernerfolg hinsichtlich der kognitiven und prozessorientierten Ziele ist gegenüber dem klassischen Praktikumsdesign höher. Ebenso wird

die Relevanz für das eigene Studium besser erkannt. Das Praktikum schafft ein motivierendes Lernklima, in dem die Studierenden gegenüber der Vorlesung größeres kognitives Engagement zeigen und verschiedene Lernstrategien intensiver anwenden. Generell zeigen sie eine gleich hohe Anstrengungsbereitschaft und im Lernprozess ein großes Maß an Eigenverantwortlichkeit. Nicht aufgelöst werden konnte der Motivationseffekt: Beide Praktikums-Designs führten bei den Studierenden, im Vergleich zur vorher besuchten Physikvorlesung, zu einer hohen intrinsischen Motivation (Deckeneffekt). Hier wäre Verbesserungsbedarf beim Testinstrument angebracht, um auch kleine Unterschiede bei hoher Motivation auflösen zu können. Kritisch zu betrachten ist sicherlich auch die Tatsache, dass manche Effekte erst bei der Analyse auf Item-Ebene auftauchen und daher auch mit Einzel-Items argumentiert wird. Diese Argumentationen stützen sich jedoch auf konvergierende Ergebnisse aus parallel laufenden qualitativen Untersuchungen. In zukünftigen Untersuchungen müssten die Skalen vergrößert werden, um signifikante Erkenntnisse allein aus quantitativen Ergebnissen zu gewinnen. Die Einpassung der Untersuchungen in einen laufenden Entwicklungsprozess während des Regellehrbetriebs hat außerdem dazu geführt, dass die vorliegende Studie an manchen Stellen den Eindruck erwecken mag, nicht aus „einem Guss“ zu sein. Trotzdem konnten zahlreiche, für das Entwicklungsprojekt wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, die gezeigt haben, dass das neue Physikpraktikum praxistauglich und erfolgreich entwickelt werden konnte.

Ein Dank an das Entwicklungsteam

Großer Dank im Namen der Autorin und des Autors gilt den Kolleg/innen des gesamten Entwicklungsteams: W. Markowitsch (Praktikumsleitung), M. Malleck (Technik), A. Korner, J. Bauer, M. Hofmann.

9. Literatur

- [1] Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. In: Niedderer, H. und Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 9. Berlin: Logos.
- [2] Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3-18.
- [3] Neumann, K. (2004). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In: Studien zum Physiklernen, Band 38. H. Niedderer und H. Fischler, Berlin: Logos
- [4] Neumann, K., Schumacher, D. & Welzel, M. (2004). Didaktische Rekonstruktion eines phy-

- sikalischen Praktikums für Physiker. In: Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, 57(6), 235-237.
- [5] Plomer, M., Jessen, K., Rangelov, R. & Meyer, M. (2010). Teaching physics in a physiologically meaningful manner. In: Physical Review Special Topics, Physics Education Research 6, 020116.
- [6] Plomer, M. (2011). Physik physiologisch passend praktiziert. Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie. Berlin: Logos.
- [7] Wolny, B. (2010). Neugestaltung der Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften unter Verwendung der Methode der didaktischen Rekonstruktion für Hochschulpraktika. Diplomarbeit Universität Wien.
- [8] Roth, G. (1997). Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- [9] von Glasersfeld, E. (1997). Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- [10] Damasio, A.R. (1997). Descartes' Irrtum: Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. München: Deutscher Taschenbuchverlag.
- [11] von Aufschnaiter, C. (1999). Bedeutungsentwicklung, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben. In: Niedderer, H. und Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 9. Berlin: Logos.
- [12] Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (2011). Physikdidaktik kompakt, Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- [13] Lijnse, P. (1995). 'Developmental research' as a way to an empirically based 'didactical structure' of science. Science Education, 79(2), 189-199.
- [14] Forschauer, U. & Lueger, M. (2003). Das qualitative Interview. Zur Praxis interpretativer Analyse sozialer Systeme. Wien: UTB.
- [15] Bolte, K. (1994). Motivationale Merkmale des Lernklimas als Entscheidungshilfe für die Nachbereitung, Planung und Durchführung des (eigenen) Unterrichts. MNU, 47. Jg., Heft 7, 434-440.
- [16] PISA, OECD, Australian Council for Educational Research (ACER), Netherlands National Institute for Educational Measurement (CITO), National Institute for Educational Policy Research (NIER, Japan), Westat (2006). Pisa Released Items – Mathematics. <http://www.oecd.org/pisa/38709418.pdf>
- [17] Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39, 223-238.
- [18] Altrichter, H. & Posch, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- [19] Bauer, J. (2011). Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Elektrizität. Diplomarbeit an der Universität Wien.
- [20] Hofmann, M. (2011). Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Flüssigkeiten und Wärme. Diplomarbeit an der Universität Wien.
- [21] Nagel, C. (2011). Effekte eines adressatenspezifischen Praktikums auf Inputvariablen des Lernprozesses. In Bernholt, S. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Bd. 32. Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Berlin: LIT Verlag.
- [22] Wolny, B. & Nagel, C. (2011). Didaktische Rekonstruktion eines adressatenspezifischen Physikpraktikums für Ernährungswissenschaften. In Bernholt, S. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Bd. 32. Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Berlin: LIT Verlag.
- [23] Berger, R. & Hänze, M. (2004). Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 10, 2004, 205-219.
- [24] Wild, K.-P. (2000). Der Einfluss von Unterrichtsmethoden und motivationalen Orientierungen auf das kognitive Engagement im Berufsschulunterricht. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Kiel: IPN Report.-Nr. 169, 35-54.
- [25] Winther, E. (2006). Motivation in Lernprozessen. Konzepte der Unterrichtspraxis von Wirtschaftsgymnasien. Göttingen: DUV.
- [26] Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos.
- [27] TIMMS (1995): Released Item Set for the Final Year of Secondary School, Physics. <http://timss.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/CitemPhy.pdf>
- [28] Krapp, A. (1993). Lernstrategien: Konzepte, Methoden und Befunde. Unterrichtswissenschaft 21 (4), 291-311.
- [29] Weiner, B. (1994). Motivationspsychologie. Weinheim: Beltz.
- [30] Theyßen, H. (2005). Didaktische Rekonstruktion als methodischer Rahmen. Vortragsunterlagen im Rahmen der DPG-Schule 2005 – Workshop der AG Physikalische Praktika. Bad Honnef. <http://www.physikalische-praktika.de/>

[dpgschule/2005/Programm/Vortraege/
Theysen.pdf](#)

[31] Theyßen, H. & Schumacher, D. (2002). Physikpraktikum für Medizinstudierende – Entwick-

lung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums. In: Kaiser, G. (Hrsg.), Jahrbuch 2001 der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 202-211. Eigenverlag.