



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für
Meteorologie“

Verfasserin

Theresa Haller

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 411

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Physik

Betreuerin / Betreuer:

Ao.Univ.Prof.i.R.Dr. Viktor Gröger

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Haller
Vorname: Theresa
Geburtsdatum: 13. Juli 1985
Geburtsort: Sterzing (Südtirol)
Staatsbürgerschaft: Italien
e-Mail: theresa.haller@gmx.at

Schulische Bildung:

1991 – 1996: Besuch der Grundschule in Sterzing (Südtirol)
1996 – 1999: Besuch der Mittelschule in Sterzing
1999 – 2004: Besuch des Realgymnasiums in Sterzing
Juni 2004: Abschluss des RG mit Matura
Seit Oktober 2004: Studium der Physik an der Universität Wien
Seit Oktober 2008: Zweifach Informatik und Physik Lehramt

Berufliche Erfahrungen:

Laufend: Nachhilfe Physik/ Mathe
Juli 2006: Mitarbeit bei Kinderuni-Wien
Herbst 2006: Wissenschaftsexpress (ebenfalls Kinderuni)
Workshop zu Physik im Landesmuseum St. Pölten
Februar 2009: Unterrichtsvertretung in der Oberschule Sterzing
Februar 2010: Unterrichtsvertretung in der Volksschule Ratschings (Südtirol)
Februar 2011: Unterrichtsvertretung Volksschule Pflersch (Südtirol)

Seit 2009: Arbeit als Zirkuspädagogin

Fremdsprachenkenntnisse: Italienisch, Englisch

Inhaltsverzeichnis

Anmerkung zur Geschlechtsneutralität.....	3
1. Einleitung.....	4
1.1. Rahmenbedingungen	4
2. Didaktische Rekonstruktion	6
2.1. Theoretischer Hintergrund der didaktischen Rekonstruktion	6
2.1.1. Fachliche Klärung.....	6
2.1.2. Erfassung der Lernendenperspektive.....	7
2.1.3. Didaktische Strukturierung.....	7
2.2. Methoden der didaktischen Rekonstruktion	8
2.2.1. Methoden der fachlichen Klärung.....	8
2.2.2. Methoden zur Erfassung der Lernendenperspektive.....	9
2.2.3. Methoden der didaktischen Strukturierung.....	10
2.2.4. Zusammenhang zwischen Lernendenperspektive, fachlicher Klärung und didaktischer Strukturierung	11
2.3. Ergebnisse der didaktischen Rekonstruktion	12
2.3.1. Ergebnisse der fachlichen Klärung	12
2.3.1.1. Ergebnisse Interview mit Manfred Dorninger.....	13
2.3.1.2. Experimentelle Anforderungen im Grundpraktikum 2 (Oszilloskop).....	14
2.3.1.3. Curriculum Bachelorstudium Meteorologie.....	15
2.3.1.4. Inhaltsanalyse von Skripten, Vorlesungen und Standardliteratur	16
2.3.2. Ergebnisse der Erfassung der Lernendenperspektive	18
2.3.3. Didaktische Strukturierung.....	25
3. Kontextualisierung des Meteorologiepraktikums.....	28
3.1. Theorie zur Kontextualisierung	28
3.2. Selbstbestimmungstheorie der Motivation	30
3.3. Erstellung der Kapitel „meteorologischer Bezug.....	32
4. Evaluation des neuen Praktikums	34
4.1. Evaluationsstrategie	34
4.1.1. Fragebogen im Pre/Post-Design.....	34
4.1.2. Interviews	35
4.2. Evaluationsmethoden	35

4.2.1. Entwicklung des Fragebogens	35
4.2.1.1. Qualitätssicherung des Fragebogens	38
4.2.1.2. Theorie zur Auswertung des Fragebogens	39
4.2.2. Methode der Interviews.....	39
4.3. Ergebnisse der Evaluation	42
4.3.1. Messergebnisse der Fragebögen.....	42
4.3.1.1. Zusammensetzung der Praktikumsgruppen.....	42
4.3.1.2. Vergleich Pre09 – Pre10	44
4.3.1.3. Vergleich Post09-Post10	46
4.3.1.4. Auswertung der Fragen zu Unterlagen, Ausrüstung und Aufgaben	50
4.3.2. Auswertung der Interviews	51
4.3.2.1. Auswirkung der Kontextualisierung	52
4.3.2.2. Auswertung nach der Selbstbestimmungstheorie der Motivation.....	59
4.3.2.3. Lerneffekt beim Oszilloskop	66
5. Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse	67
Danksagungen	71
Literatur	72

Anmerkung zur Geschlechtsneutralität

In der Physikdidaktik ist die Gleichbehandlung beider Geschlechter immer wieder ein wichtiges Thema. Der Frauenanteil unter den Studierenden, besonders aber unter den Lehrenden, ist gering, weswegen in verschiedenen Lehrveranstaltungen zur Physikdidaktik oft auf diese Problematik aufmerksam gemacht wird.

Gerade in einer wissenschaftlichen Arbeit zur Physikdidaktik sollte daher meines Erachtens ein Weg gefunden werden, die Gleichberechtigung beider Geschlechter sichtbar zu machen. Ein bloßes „Mitmeinen“ des weiblichen Geschlechts scheint mir angesichts der aktuellen Bestrebungen, mehr Frauen in die Physik zu bringen, zu wenig.

Trotzdem sollen unleserliche Formen und grammatikalische Wendungen vermieden werden. Eine kreative Lösung für dieses Problem habe ich in einem Handbuch für Linux von Michael Kofler (2005) gefunden. In Anlehnung an seine Idee verwende ich in einem Teil der Kapitel (1. und 3. Kapitel und Abschnitt 4.3) die männliche Form, in einem Teil der Kapitel (2. und 5. Kapitel, Abschnitt 4.1 und 4.2) die weibliche Form für unpersönliche Bezeichnungen. Das jeweils andere Geschlecht ist natürlich in beiden Fällen „mitgemeint“. Um den Text nicht zu ungewohnt zu gestalten, werden trotzdem wo möglich auch neutrale Bezeichnungen (z.B. Studierende) verwendet.

Eine Ausnahme macht diese Regelung bei der Bezeichnung von Personengruppen, die nur aus männlichen Mitgliedern bestehen (Betreuer des Praktikums, Entwicklungsteams der beiden Praktika).

1. Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Meteorologie. Fachliche Klärung und Klärung der Lernendenperspektive münden dabei in verschiedene Vorgaben an die didaktische Strukturierung des Praktikums. Ein Schwerpunkt wird dabei auf die Kontextualisierung des Praktikums gelegt. Zum einen werden einleitende Kapitel zum „meteorologischen Bezug“ in den Praktikumsunterlagen erstellt, zum anderen wird das Entwicklungsteam des Praktikums hinsichtlich meteorologierelevanter Schwerpunktsetzungen beraten. Begleitet durch die Ergebnisse der didaktischen Rekonstruktion werden vom Entwicklungsteam Praktikumsexperimente und Unterlagen neu gestaltet.

Das auf diese Weise neu gestaltete Praktikum wird nach dem ersten Durchlauf mittels qualitativer und quantitativer Methoden evaluiert. Besonderer Wert wird in der Evaluation auf den Einfluss der Kontextualisierung auf die Lernmotivation der Studierenden gelegt.

1.1. Rahmenbedingungen

Das Meteorologie-Studium an der Universität Wien wurde mit Wintersemester 2008/09 auf ein Bachelor/Master-Studium umgestellt. Im Zuge dieser Umstellung wurde das Grundpraktikum für Meteorologie, das im alten Diplomstudium nur aus einem meteorologischen Teil bestand, durch einen physikalischen Teil ergänzt. Ziel des physikalischen Teils des Grundpraktikums ist es, die Studierenden bestmöglich auf das darauf folgende Grundpraktikum 2 vorzubereiten. Sie sollen im Grundpraktikum 2 in der Lage sein, selbständig Experimente durchzuführen und die erforderlichen Messgeräte zu bedienen. Auch die den Experimenten zugrunde liegende physikalische Theorie soll vertieft und erweitert werden. Dabei sollte die fachliche Aufteilung zwischen Physik und Meteorologie 2:1 betragen, also doppelt so viele Einheiten für den physikalischen Teil (GP1) wie für den meteorologischen (GP2) beinhalten.

Wie bisher die gesamte physikalische Ausbildung für Meteorologen, wurde auch das Grundpraktikum 1 an die Fakultät für Physik ausgelagert. Das Team des physikalischen Anfängerpraktikums an der Fakultät für Physik liefert neben der experimentellen Grundausbildung für Physiker auch für andere naturwissenschaftlich ausgerichtete Fachrichtungen (Astronomie, Ernährungswissenschaften, Lehramt Physik) einen Teil der physikalischen Grundausbildung. Mit Wintersemester 2009/10, ein Jahr nach dem Start des Bachelor-Studiums Meteorologie, sollte nun auch ein Grundpraktikum Physik für Meteorologie starten, das im dritten Semester des Bachelor-Studiums Meteorologie vorgesehen ist. Ein für Meteorologen optimiertes Physikpraktikum mit zum Teil neu anzukaufenden Materialien wurde in einer ersten Besprechung geplant.

Aufgrund mangelnder Finanzmittel musste das Praktikum zunächst in einer nicht für Meteorologen optimierten Version starten. Dazu wurden ausgewählte Praktikumsbeispiele aus schon bestehenden Lehrveranstaltungen des physikalischen Anfängerpraktikums ohne wesentliche Änderungen übernommen. Die zu behandelnden Themen wurden dazu mit dem Praktikumsteam des Instituts für Meteorologie und Geophysik abgesprochen. Diese erste Version des Grundpraktikums 1 umfasste sieben Praktikumskurstage, zu 6x45 Minuten¹, die thematisch prinzipiell voneinander unabhängig waren. Die Experimente wurden in Zweiergruppen bearbeitet. Bis auf die erste Praktikumseinheit, in

¹ = 3 Semesterwochenstunden geblockt auf sieben Wochen

der alle Gruppen eine gemeinsame Einführung in das Thema „Messen und Messfehler“ erhielten, konnten nur jeweils zwei Gruppen am selben Experiment arbeiten. Durch den zyklischen Durchlauf der Praktikumsbeispiele ergab sich für alle Gruppen eine unterschiedliche Reihenfolge der Beispiele. Zudem mussten pro Kurstag zwei Zweiergruppen an den Experimenten des jeweiligen Kurstages arbeiten, sich also am Kurstag selbst auch noch einmal abwechseln.

Die Themen des Grundpraktikums 1 im Wintersemester 09/10 waren:

- Messen, Messfehler in der Mechanik (Längenmessungen, Winkelmessungen, Pendel)
- Einführung in elektrische Messungen (Ohm'sches Gesetz, Kirchhoff'sche Regeln, Oszilloskop)
- Solarzellen, Gleichstrom (Wheatstonebrücke, Spannungsteiler)
- Lichtbrechung, Auflösungsvermögen, Polarisierung
- Wellenoptik (Beugung am Spalt, Wellenlängenmessung am Gitter)
- Strahlung (Planck'sches Wirkungsquantum, Wärmestrahlung)
- Wärme, Wärmeleitung in Metallen und Isolatoren (Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Metallen und Isolatoren)

Die Unterlagen waren, wie auch schon im physikalischen Anfängerpraktikum, sehr detailliert aufgebaut, um den Studierenden die bestmögliche Vorbereitung (vom physikalischen und experimentellen Standpunkt aus) zu gewährleisten (Neugestaltung der Unterlagen: Nagel 2009). Außerdem wurde auch die im Anfängerpraktikum eingesetzte contentbasierte eLearning Plattform zum Blended-Learning (Nagel 2009) übernommen. Allerdings sind Unterlagen und eLearning in dieser ersten Version des Praktikums für Physiker ausgelegt und haben daher keinen Bezug zur Meteorologie.

Für das Wintersemester 2010/11 wurden nun von Seiten der Fakultät für Geowissenschaften die entsprechenden Investitionsprojektgelder zur Verfügung gestellt. Das Grundpraktikum 1 konnte somit in seiner neuen Version gestaltet und durchgeführt werden. Hier setzt die Analyse- und Entwicklungsarbeit dieser Diplomarbeit ein.

Nach den Vorgaben der didaktischen Rekonstruktion (Kapitel 2) von Kattmann et al. (1997) wurden mithilfe von Interviews und einer Inhaltsanalyse des Curriculums Fachbezüge und Lernendenperspektive geklärt. Die Beratung der Entwickler des Praktikums in Bezug auf für Meteorologen relevante Schwerpunktsetzungen ist eine Folge davon und wird in Kapitel 2 beschrieben.

Aus den Vorgaben der didaktischen Rekonstruktion ergibt sich als ein umzusetzender Schwerpunkt eine Kontextualisierung des Physikpraktikums für Meteorologie. Für jedes Praktikumsbeispiel wird ein Kapitel „meteorologischer Bezug“ erstellt und in die Praktikumsunterlagen eingebunden. Theorie und Durchführung der Kontextualisierung werden in Kapitel 3 beschrieben.

In Kapitel 4 wird das auf diese Weise neu gestaltete Praktikum sowohl mit qualitativen, als auch mit quantitativen Methoden evaluiert. Methode und Auswertung von Fragebögen und Interviews werden ausführlich beschrieben.

2. Didaktische Rekonstruktion

2.1. Theoretischer Hintergrund der didaktischen Rekonstruktion

Den Ansatz für die Entwicklungsarbeit liefert die Theorie der didaktischen Rekonstruktion, basierend auf der Theorie des Konstruktivismus (Kattmann et al. 1997 vgl. Theyßen 1999).

Der konstruktivistische Lernansatz geht davon aus, dass im Akt des Lernens Bedeutungen von der Lernenden aktiv konstruiert werden, sie also nicht von außen auf die Lernende übertragen werden können.

Diese Konstruktion von Bedeutungen kann nur vom bereits vorhandenen Wissensstand der Lernenden ausgehen und darauf aufbauen. Die didaktische Rekonstruktion trägt diesem Umstand Rechnung, indem sie die fachwissenschaftliche Perspektive mit der Lernendenperspektive – also mit den Vorerfahrungen der Lernenden - verknüpft. Ursprünglich für die Entwicklung von (Schul-)Unterricht entworfen, wurde die Theorie der didaktischen Rekonstruktion von Theyßen auf die Hochschuldidaktik übertragen und erfolgreich in der Entwicklung eines Physikpraktikums für Medizin angewandt (vgl. Theyßen 1999). Darauf aufbauend wurde die Theorie auch von Neumann (2004) zur Entwicklung eines physikalischen Praktikums für Physikerinnen eingesetzt. Aufgrund dieser beiden Arbeiten ist es möglich, die Theorie der didaktischen Rekonstruktion auch in der Entwicklung des vorliegenden Praktikums anzuwenden.

Die Entwicklung eines adressatenspezifischen Praktikums setzt laut Theyßen voraus, dass sowohl die Lernziele und fachlichen Hintergründe (fachliche Klärung) als auch die kognitiven und motivationalen Voraussetzungen der Lernenden (Lernendenperspektive) genau bekannt sind. Erst aufgrund der Kenntnis dieser beiden Faktoren lässt sich das Praktikum den Anforderungen entsprechend didaktisch strukturieren. Die Methode der didaktischen Rekonstruktion besteht demnach aus den drei Faktoren *fachliche Klärung*, *Lernendenperspektive* und *didaktische Strukturierung*, die sich wechselseitig beeinflussen und das Fundament für eine gelungene didaktische Aufarbeitung von Fachwissen und naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden bilden. Als gelungen kann man die Rekonstruktion dann ansehen, wenn sie sich an den Bedürfnissen der Lernenden orientiert. Das ist dann der Fall, wenn es zu einer engen Abstimmung aller drei Teilfaktoren kommt (vgl. Hopf, Schecker & Wiesner 2011).

2.1.1. Fachliche Klärung

Im Allgemeinen sind innerhalb einer Fachwissenschaft (im vorliegenden Fall Physik und Meteorologie) die fachlichen Kontexte unter Expertinnen bekannt (vgl. Kattmann et al. 1997). Für Expertinnen des jeweiligen Fachbereichs ist implizit klar, welche fachlichen Inhalte in welchen Zusammenhängen behandelt werden. Für die Entwicklung eines fachübergreifenden Praktikums müssen diese Zusammenhänge erst in der didaktischen Rekonstruktion herausgearbeitet werden.

Es muss zunächst abgeklärt werden, welche Inhalte aus der Fachwissenschaft Physik für die Zielgruppe der Meteorologinnen relevant und notwendig sind.

Da eine Einbettung in Kontexte angestrebt wird, sind in der fachlichen Klärung auch die interdisziplinären Bezüge zu klären. Das heißt, es muss nicht nur recherchiert werden, welche physikalischen Inhalte im Meteorologiestudium relevant sind, sondern auch, wie sie eingebettet sind.

2.1.2. Erfassung der Lernendenperspektive

Die Erfassung der Lernendenperspektive ergibt sich als notwendiger Arbeitsschritt nach dem konstruktivistischen Modell des Lernens. Da Lernende Bedeutungen nur anhand ihres bereits vorhandenen Wissens konstruieren können, ist es notwendig, dass sie eine Lernumgebung vorfinden, die ihrem Vorwissen und ihren Einstellungen zum Unterrichtsgegenstand gerecht wird. Um eine solche Lernumgebung zu entwickeln, muss vor und während der Entwicklungsarbeit geklärt werden, auf welchem kognitiven Niveau sich die Lerngruppe befindet und welche motivationalen Voraussetzungen die Lernenden haben.

Im Unterschied zur Klärung der Schüler**vorstellungen** bei Kattmann et al. (1997), nimmt Theyßen eine Erhebung des Vorwissens und eine Analyse der Lernprozesse der Studierenden vor (vgl. Theyßen 1999, Neumann 2004).

Eine Analyse der Lernprozesse ist aufgrund des großen Aufwands in der vorliegenden Arbeit nicht möglich. Daher werden nur die physikalischen Vorerfahrungen, sowie die Einstellung der Studierenden zum Praktikum erhoben.

2.1.3. Didaktische Strukturierung

Die beiden Faktoren „fachliche Klärung“ und „Erfassung der Lernendenperspektive“ münden letztendlich in die didaktische Strukturierung. Anhand der oben beschriebenen Faktoren werden konkrete Vorgaben an die didaktische Strukturierung gestellt. Die Entwicklung des Praktikums orientiert sich methodisch und inhaltlich an diesen Vorgaben, sei es in der Erstellung von entsprechenden Unterlagen, als auch im Einsatz von Arbeitsmethoden.

Die didaktische Strukturierung stellt die eigentliche Entwicklungsphase dar, in der immer wieder auf die beiden vorhergehenden Punkte zurückgegriffen wird. Umgekehrt wirkt sie auch wieder auf fachliche Klärung und Lernendenperspektive zurück, da sie durch organisatorische Gegebenheiten (z.B. Beschränkung von Zeit und Ressourcen) die Themenbereiche der fachlichen Klärung und der Lernendenperspektive einschränkt.

2.2. Methoden der didaktischen Rekonstruktion

Die didaktische Rekonstruktion bedient sich in vorliegender Entwicklungsarbeit zweier verschiedener Methoden, nämlich der Führung von Interviews und der Inhaltsanalyse. In den folgenden Abschnitten werden die verwendeten Methoden genauer erklärt.

2.2.1. Methoden der fachlichen Klärung

Ziel der fachlichen Klärung ist es, herauszuarbeiten, welche physikalischen Inhalte für ein Meteorologie-Studium notwendig und relevant sind. Ausgangsbasis dieser Analyse bildete eine erste Besprechung der Praktikums Teams aus Physik (Peter Bajons, Viktor Schlosser, Wilhelm Markowitsch, Clemens Nagel) und Meteorologie (Manfred Dorninger und Gerhard Klinger). In dieser Besprechung wurde geklärt, welche physikalischen Themen im Grundpraktikum 1 behandelt werden sollten. Nicht geklärt wurde, in welchem Zusammenhang und mit welchen Schwerpunkten diese physikalischen Inhalte im Meteorologiestudium vorkommen. Hier setzt die Recherche der fachlichen Klärung ein.

Da das Grundpraktikum 1 in erster Linie eine Vorbereitung auf das Grundpraktikum 2 darstellt, muss zunächst geklärt werden, welche Kompetenzen und welches physikalische Wissen die Studierenden im zweiten Teil des Praktikums benötigen. Zu diesem Zweck wird ein Interview mit Manfred Dorninger, dem Leiter des Grundpraktikums 2 geführt und ein Praktikumsbeispiel aus dem Grundpraktikum 2 im Selbstversuch durchgeführt.

Ergänzend wird eine Inhaltsanalyse des Curriculums und der Lehrveranstaltungen, die auf das Grundpraktikum 1 folgen, gemacht.

Interview mit Manfred Dorninger

Mit Manfred Dorninger wurde ein leitfadengestütztes Interview geführt. Die Aufzeichnung des Interviews erfolgte während des Gesprächs in Stichworten durch die Interviewende inhaltlich-reduktiv und interpretativ. Um eine Validierung der Aufzeichnungen zu gewährleisten, wurde im Verlauf des Interviews beim Interviewpartner rückgefragt (kommunikativ validiert).

Für einzelne Themengebiete war vor Beginn des Interviews der meteorologische Bezug nicht klar. Im Interview mit Manfred Dorninger wurden diese Themen angesprochen und dabei rekonstruiert, in welchen meteorologischen Zusammenhängen die vorgegebenen Themen im Meteorologiestudium vorkommen. Im Zuge des Gesprächs fand auch eine Besichtigung der Praktikumsräume statt, in der abgeklärt wurde, welche Experimente im Grundpraktikum 2 durchgeführt werden und welche Kompetenzen und welches Wissen dafür erforderlich sind.

Aus den Interviews werden deduktiv Kategorien definiert und die von Manfred Dorninger gegebenen Informationen codiert.

Durchführung eines Praktikumsbeispiels

Aufgrund von Informationen sowohl von Studierenden, als auch vom Praktikumsleiter selbst (siehe Abschnitt 2.3.), war anzunehmen, dass die Studierenden gerade im Umgang mit dem Oszilloskop nicht ausreichend auf das Grundpraktikum 2 vorbereitet waren.

Im Grundpraktikum 2 wird in zwei Praktikumsbeispielen ein Oszilloskop verwendet. In einem der beiden Beispiele wird die Schallgeschwindigkeit mit Hilfe des Oszilloskops bestimmt. Dieses Beispiel wurde für den Selbstversuch ausgewählt. Er sollte Aufschluss über die experimentellen Anforderungen im genannten Praktikumsbeispiel geben.

Konkret war gefragt, welche Kompetenzen im Umgang mit dem Oszilloskop von den Studierenden im Grundpraktikum 2 gefordert werden. Auf die zur Auswertung benötigten Kompetenzen wurde dabei keine Rücksicht genommen, da nichts darauf hinwies, dass die Studierenden in diesem Punkt gravierende Probleme hatten. Der Selbstversuch beschränkte sich daher auf einen Schnelldurchlauf des Experiments, in dem es darum ging, das Experiment selbständig aufzubauen und die Messung durchzuführen. Eine exakte Durchführung der Messung wurde dabei nicht angestrebt. Es ging in erster Linie darum, zu erfahren, welche Bedienelemente des Oszilloskops den Studierenden bekannt sein müssen, um dieses Praktikumsbeispiel selbständig durchführen zu können.

Betreut wurde dieser Selbstversuch durch einen Tutor des Grundpraktikums 2, mit dem auch geklärt wurde, welche Kompetenzen die Studierenden schon aus dem Grundpraktikum 1 mitbringen sollten und wo ihnen geholfen wird.

Curriculum Meteorologie und Inhaltsanalyse ausgewählter Lehrveranstaltungen

Um herauszufinden, in welcher Form und mit welchen Schwerpunkten die Inhalte und Kompetenzen aus dem Grundpraktikum 1 im weiteren Verlauf des Meteorologiestudiums vorkommen, wird eine Analyse des Curriculums und vertiefend eine Inhaltsanalyse einzelner Lehrveranstaltungen durchgeführt. An der Vorlesung „Einführung in die Meteorologie“ wurde teilgenommen, um die enthaltenen physikalischen Inhalte zu erfassen, aber auch um Ideen für die Kontextualisierung zu erhalten. Die Inhalte anderer Lehrveranstaltungen erschließen sich aus Skripten und von Lehrenden zur Verfügung gestellten Lehrplänen, sowie aus der in den Vorlesungen angegebenen Standardliteratur.

Die Inhaltsanalyse erfolgt mittels deduktiver Kategorienbildung. Die Kategorien ergeben sich dabei aus den von Seiten der Meteorologie geforderten Themengebieten. Die vorhandenen Unterlagen werden auf das Vorkommen von physikalischen Inhalten untersucht. Die behandelten Inhalte werden anhand der definierten Kategorien deduktiv codiert, wobei der meteorologische Kontext erhalten bleibt.

2.2.2. Methoden zur Erfassung der Lernendenperspektive

Die Lernendenperspektive beinhaltet zum einen das physikalische Vorwissen der Studierenden, aber auch ihre Einstellung zur Physik bzw. zum Praktikum selbst. In die Einstellung zum Praktikum fließt auch die Einstellung zum Grundpraktikum 2 mit hinein, da das Grundpraktikum 1 als Vorbereitung für dieses konzipiert ist. Die Methoden sind wie bei der fachlichen Klärung Interviews und Inhaltsanalysen.

Interviews

Nach dem ersten Durchlauf des Praktikums im WS09 wurden leitfadengestützte Interviews (vgl. Gläser & Laudel S. 39 ff) mit vier Studierenden durchgeführt, die am Praktikum teilgenommen hatten. Die Studierenden hatten zu diesem Zeitpunkt das Grundpraktikum 1 in der alten Version und das Grundpraktikum 2 hinter sich. Die Durchführung der Interviews ist zugleich ein Teil der Evaluation der gesamten Entwicklungsarbeit und wird daher genauer in Kapitel 4.2.2. (Methoden der Interviews) beschrieben.

Für die Erfassung der Lernendenperspektive sind vor allem jene Fragen relevant, die sich damit beschäftigen, welche meteorologischen Kontexte die Studierenden mit den einzelnen Themen des Praktikums verbinden bzw. ob sie überhaupt meteorologische Kontexte erkennen können.

Aus den Interviewtranskripten werden deduktiv Kategorien definiert, die mithilfe einer Frequenz- und Intensitätsanalyse in eine Rangordnung gebracht werden.

Hinweise auf meteorologische Kontexte bzw. auf Lehrveranstaltungen aus Meteorologie, in denen physikalische Themen behandelt werden, fließen wiederum in die „fachliche Klärung“ ein.

Vorwissen

Um das Vorwissen der Studierenden zu erfassen, konnten keine Leistungstests eingesetzt werden. Aufschluss über die physikalischen Vorerfahrungen der Studierenden gibt eine Inhaltsanalyse der vor dem Grundpraktikum 1 besuchten Lehrveranstaltungen, sowohl in Physik, als auch in Meteorologie.

2.2.3. Methoden der didaktischen Strukturierung

Anhand der Vorgaben, die sich aus der fachlichen Klärung und der Lernendenperspektive ergeben, wird das Praktikum strukturiert. Die didaktische Strukturierung orientiert sich dabei, so gut es die Rahmenbedingungen zulassen, an diesen Vorgaben. Die Ergebnisse aus fachlicher Klärung und Erhebung der Lernendenperspektive fließen dabei gleichwertig in die didaktische Strukturierung ein. Dabei sind Machbarkeit und Idealszenario gegeneinander abzuwägen.

Konkret bedeutet dies, dass die Entwickler der Praktikumsbeispiele eingehend beraten werden und diese – wo möglich – die Vorgaben aus fachlicher Klärung und Lernendenperspektive in ihre Entwicklungsarbeit einfließen lassen.

Aus den organisatorischen Rahmenbedingungen ergeben sich Einschränkungen für den Umfang von Methoden- und Themenwahl. Damit wirkt die didaktische Strukturierung wieder auf Lernendenperspektive und fachliche Klärung zurück, indem sie sie einerseits beschränkt und andererseits die zu recherchierenden Themen vorgibt.

2.2.4. Zusammenhang zwischen Lernendenperspektive, fachlicher Klärung und didaktischer Strukturierung

Die drei Faktoren Lernendenperspektive, fachliche Klärung und didaktische Rekonstruktion beeinflussen sich gegenseitig. Dieses Zusammenwirken stellt Abb. 1 übersichtlich dar.

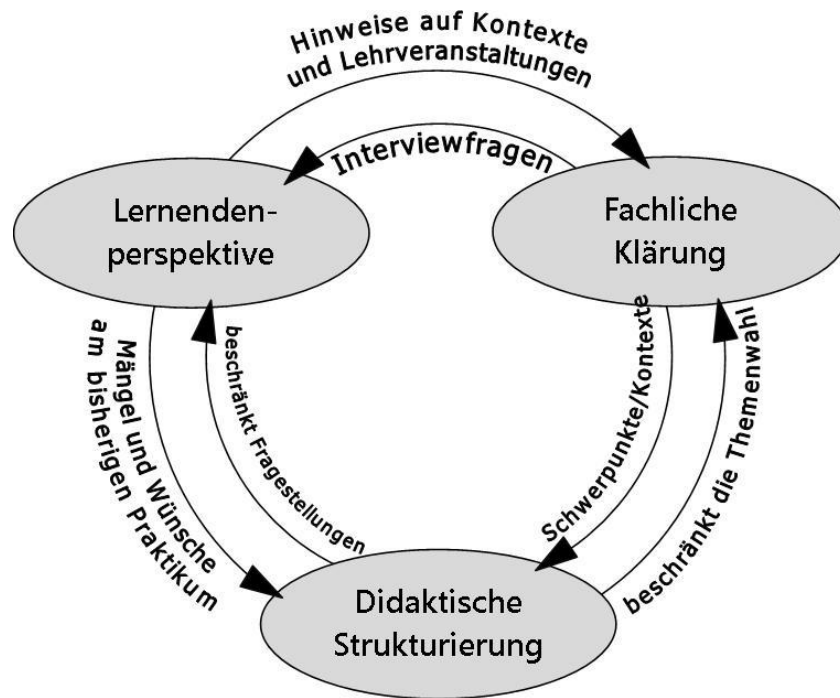


Abbildung 1: didaktische Rekonstruktion nach Kattmann et al. mit Ergänzungen. Die Skizze zeigt, inwiefern die drei Faktoren der didaktischen Rekonstruktion im vorliegenden Fall aufeinander einwirken.

Aus der fachlichen Klärung ergeben sich Schwerpunkte für die Leitfragen der Interviews mit den Studierenden. Jene Punkte, die sich in Besprechungen mit Meteorologen - insbesondere mit Manfred Dorninger - herauskristallisieren, können mit Hilfe der Interviews gegebenenfalls präzisiert werden. Umgekehrt wirken die Interviews mit Studierenden, die zur Klärung der Lernendenperspektive geführt werden, auf die fachliche Klärung zurück. Einerseits muss zu jenen physikalischen Themen, in denen der meteorologische Bezug nicht erkannt wird, sehr sorgfältig recherchiert werden, um das entsprechende Beispiel in einen stichhaltigen meteorologischen Bezug zu setzen. Andererseits liefern die Studierenden auch Ideen, die als Ausgangspunkt der weiteren Recherche dienen.

Die Lernendenperspektive ist ein wertvoller Input für die didaktische Strukturierung. Mängel am alten Praktikum und Wünsche für eine Umgestaltung werden von den Studierenden in den Interviews aufgedeckt. Es wird aber auch klar, welche Punkte in der alten Version des Praktikums gut funktionieren und damit beibehalten werden können.

Der zweite wichtige Input für die didaktische Strukturierung ist die fachliche Klärung. In der methodischen Gestaltung des Praktikums und in der Schwerpunktsetzung der Beispiele muss berücksichtigt werden, welche Themengebiete für das Meteorologiestudium relevant sind.

Die didaktische Strukturierung wirkt ihrerseits wieder auf die fachliche Klärung und die Klärung der Lernendenperspektive zurück, indem sie die umsetzbaren Themengebiete einschränkt. Vorgaben in Praktikumsdauer, finanziellen Ressourcen und Betreuungssituation setzen den Forderungen, die sich aus fachlicher Klärung und Lernendenperspektive ergeben, Grenzen.

2.3. Ergebnisse der didaktischen Rekonstruktion

2.3.1. Ergebnisse der fachlichen Klärung

Ausgangspunkt der fachlichen Klärung sind die Ergebnisse der bereits erwähnten Vorbesprechungen zwischen Meteorologen und Physikern. In dieser Vorbesprechung einigte man sich auf konkrete Inhalte, die im Praktikum behandelt werden sollten. Von den Meteorologen wurden außerdem auch konkrete Kompetenzen genannt, die die Studierenden aus dem Praktikum mitnehmen sollten.

Inhaltliche Schwerpunktsetzung:

- Messen/Messfehler (Mechanik)
- Einführung in elektrische Messungen, Oszilloskop
- Solarzelle, Dioden
- Beugung (Spalt, Gitter), Auflösungsvermögen, Polarisierung
- Brechung, Dispersion, Spektrum, Absorption
- Wärmestrahlung, Wärmeleitung, Konvektion

Kompetenzen:

- eigenständiges experimentelles Arbeiten
- selbständiger Umgang mit Messgeräten

Von den Meteorologen wurde in dieser Vorbesprechung auch der Wunsch geäußert, dass die Studierenden nach dem Grundpraktikum 1 in der Lage sein sollten, Experimente eigenständig zu planen, aufzubauen und durchzuführen.

2.3.1.1. Ergebnisse Interview mit Manfred Dorninger

Oszilloskop

Die Studierenden sollen das Oszilloskop selbständig bedienen können und ihnen unbekannte Funktionen anhand des Manuals selbst herausfinden können. Verwendet wird das Oszilloskop im Grundpraktikum 2 unter anderem zur Messung der Schallgeschwindigkeit. Dorninger verweist hier auf die SINGLE SEQ²-Funktion am Oszilloskop.

Genauere experimentelle Anforderungen an das Oszilloskop werden durch einen Selbstversuch des genannten Praktikumsbeispiels noch expliziert.

Elektromagnetische Wellen/ Polarisation

Elektromagnetische Wellen werden in verschiedenen Bereichen der Fernerkundung eingesetzt.

So zum Beispiel bei Turbulenzmessungen, beim Scintillometer (durch die Beobachtung von Refraktionen wird auf Schwankungen der atmosphärischen Parameter geschlossen), beim LIDAR (Fernerkundung mit Lasern) und bei der Niederschlagsfernerkundung (Detektion von Niederschlag mittels polarisiertem Radar).

Auflösungsvermögen

Hier ist laut GP2-Leiter Manfred Dorninger nicht nur auf das optische Auflösungsvermögen Wert zu legen. Es ist ihm wichtig, dass den Studierenden klar wird, dass alle Messgeräte und Messverfahren Auflösungsgrenzen haben, die in meteorologischen Messungen zu berücksichtigen sind (von ihm genannt z.B. der Temperaturfühler, der durch seine Trägheit eine zeitliche Auflösungsgrenze hat).

Absorption

Die Absorption von unterschiedlichen Wellenlängen wird zum Beispiel zur Bestimmung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre verwendet. Es ist bekannt, welche Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung von CO₂ absorbiert wird. Die Absorption eines ausgesendeten Signals dieser Wellenlänge gibt Aufschluss über den CO₂-Gehalt auf der durchlaufenen Strecke.

Beugung/Brechung

Das Phänomen der Beugung liegt verschiedenen optischen Erscheinungen in der Atmosphäre zugrunde. So zum Beispiel der Beugung von Licht an Tautropfen, „Heiligenschein“ (Korona) usw.

Ebenso liegt die Brechung optischen Erscheinungen wie dem Regenbogen oder der am Horizont abgeflachten Sonne zugrunde. Eine weitere Folge von Brechung in der Atmosphäre ist, dass Sonnenlicht durch Brechung an verschiedenen dichten Luftschichten noch auf die Erde gelangt, obwohl die Sonne schon hinter dem Horizont verschwunden ist.

Wärmestrahlung, Wärmeleitung

Für die Meteorologie ist die unterschiedliche Wärmekapazität von verschiedenen (Oberflächen-) Materialien von Bedeutung, wie zum Beispiel die Unterschiede in den Wärmekapazitäten von Wasser und Land. Diese Wärmekapazitäten bewirken unterschiedliche Erwärmung über bestimmten Oberflächen, was sich wiederum auf Luftströmungen auswirkt.

² Befehl SINGLE SEQ: Es wird vom Oszilloskop automatisch ein Standbild von der ersten Sequenz (z.B. eine Periodendauer) eines gerade startenden Signals angezeigt. Von diesem Standbild kann dann zum Beispiel der Gangunterschied zwischen zwei Signalen abgelesen werden.

Konvektion

Aus verschiedenen Themengebieten, die prinzipiell im Experiment zu Konvektion gezeigt werden könnten (Chaos, Wärmeübergangskoeffizient, Strömungslehre, Benardzellen), wurde von Manfred Dorninger eindeutig auf die Benardzellen bzw. Konvektionszellen verwiesen, die in der Meteorologie in der Wolkenbildung ein wichtiges Thema sind.

Der Wärmeübergangskoeffizient wäre zwischen Luft und einem Festkörper - wie zum Beispiel in der atmosphärischen Grenzschicht (Luftschicht dicht am Boden) – interessant.

Zur **Strahlungsthermometrie** konnte Dorninger zu diesem Zeitpunkt noch nichts Genaues sagen, da die Praktikumsbeispiele im Grundpraktikum 2 neu gestaltet wurden. Sicher war, dass ein Leslie-Würfel eingesetzt werden sollte, in welcher Form war noch unklar.

Die **Solarzelle** bzw. allgemein die Elektronik ist laut Dorninger ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit Feldmessungen. Meteorologinnen, die Feldmessungen machen, müssen Grundlagen der Elektrotechnik verstehen und in der Lage sein, eine Messstation mit autarker Energieversorgung mittels Solarzellen und Akku aufzubauen bzw. zu planen.

2.3.1.2. Experimentelle Anforderungen im Grundpraktikum 2 (Oszilloskop)

Aus dem Gespräch mit Dorninger, aber auch aus Informationen von Studierenden (siehe Lernendenperspektive) ging sehr klar hervor, dass vor allem der Einsatz des Oszilloskops im Grundpraktikum 2 ein Schwachpunkt ist und dass die Studierenden dafür zu wenig vorbereitet sind. Aus diesem Grund wurde dieses Beispiel wie oben beschrieben für den Selbstversuch gewählt, um zu erfahren, welche experimentellen Anforderungen in Bezug auf das Oszilloskop an die Studierenden gestellt werden.

Im Praktikumsbeispiel zur Temperaturmessung über die Schallgeschwindigkeit im Grundpraktikum 2 wird ein digitales Oszilloskop verwendet. Die Messung läuft so ab, dass an einem Ende einer mit Luft gefüllten Plexiglasröhre ein vom Frequenzgenerator erzeugtes akustisches Signal über einen Lautsprecher ausgesendet wird. Am anderen Ende wird das ankommende Signal mithilfe eines Mikrophons aufgenommen. Beide Signale sollen am Oszilloskop dargestellt werden. Die Funktion SINGLE SEQ nimmt ein Standbild der Einschaltsequenz auf. Der Gangunterschied der beiden Signale kann mithilfe des Cursors und der automatischen Messwertausgabe bestimmt werden. In Kombination mit der Länge des Rohres ergibt sich daraus die Schallgeschwindigkeit. Aus der Schallgeschwindigkeit kann auf die Lufttemperatur im Rohr geschlossen werden.

Im Gespräch mit dem Tutor ergibt sich, dass der Befehl SINGLE SEQ während des Praktikums mit den Studierenden geklärt wird. Die Studierenden sind dabei aufgefordert, zunächst im Manual des Oszilloskops nachzulesen. Von den Tutoren wird der Befehl bei Bedarf zusätzlich genauer erklärt. Laut Tutor wird hier nicht verlangt, dass die Studierenden diesen Befehl von Anfang an vollkommen verstehen. Folgende Kompetenzen sollen die Studierenden aus dem Grundpraktikum 1 allerdings schon mitbringen:

Wissen, dass ein Oszilloskop zwei Eingänge hat und dass **man zwei verschiedene Signale gleichzeitig** aufnehmen und darstellen kann.

Dazu müssen die Studierenden in der Lage sein, **Kabel selbständig und richtig anzuschließen** und ein **T-Stück** geeignet einzusetzen.

In der Auswertung der Messung ist ein **Umschalten zwischen den Signalen** notwendig. Die dafür notwendigen Steuerelemente müssen bekannt sein, vor allem der **Umgang mit dem Cursor** und das **Ablesen von Messwerten**. (Vom Tutor wird explizit darauf hingewiesen, dass dies manchen Studierenden nicht auf Anhieb gelingt.)

Der Umgang mit dem **Funktionsgenerator** sollte den Studierenden geläufig sein.

Hier ist es besonders wichtig, dass den Studierenden der Zusammenhang zwischen dem Signal am Frequenzgenerator und dem gemessenen Signal am Oszilloskop klar ist. Die Studierenden sollen in der Lage sein, bereits vor Einschalten des Funktionsgenerators den **Messbereich am Oszilloskop** geeignet einzustellen.

2.3.1.3. Curriculum Bachelorstudium Meteorologie

Im Curriculum des Bachelorstudiums Meteorologie findet sich ein Hinweis auf die Notwendigkeit physikalischer Theorien für das Meteorologiestudium:

„Die Beobachtung räumlich verteilter Zustands- und Feldgrößen auf der Erdoberfläche bzw. in der Atmosphäre, sowie deren zeitliche Veränderung ist mittels physikalischer Theorien die Basis für die quantitative Bestimmung der Eigenschaften und das Verständnis der stofflichen und dynamischen Prozesse der Atmosphäre und des Klimasystems.“
(Curriculum Bachelorstudium Meteorologie 2008)

Für eine genauere Analyse der im Studienverlauf benötigten physikalischen Kompetenzen ist es notwendig, das Curriculum des Bachelorstudiums Meteorologie genauer zu betrachten.

Da im ersten Durchlauf des Grundpraktikums 1 (WS09/10) noch einige Studierende aus dem nicht mehr aktuellen Diplomstudienplan teilgenommen haben, werden in der Auflistung auch die Unterschiede zum Diplomstudium angegeben.

Studienplan der ersten vier Semester für Bachelor und Diplomstudium Meteorologie (und Geophysik)

Vor dem Praktikum:

VO Einführung in die Physik I und II (je 5 ECTS)

PUE Übungen zu Einführung in die Physik II und II (je 3 ECTS)

VO + UE Mathematik für Naturwissenschaften I (17 ECTS)

VO+UE Mathematik für Naturwissenschaften II (8 ECTS)

VO Einführung in die Meteorologie I und II (je 3 ECTS)

UE Einführung in die Meteorologie I und II (je 1 ECTS)

Bachelorstudium:

VO + UE Programmieren für Meteorologie
(5 ECTS)

VO + UE Statistische Methoden der Einführung in die Geophysik (3 SWS)
Meteorologie
(4 ECTS)

Diplomstudium:

Einführung in die Chemie für Physiker (2 SWS)

Während dem Praktikum:

PR Grundpraktikum I und II (10 ECTS)

VO + UE Mathematik für Naturwissenschaften III (10 ECTS)

VO + UE Theoretische Grundlagen der Meteorologie I (5 ECTS)

VO + UE Allgemeine Meteorologie I (5 ECTS)

Diplomstudium: Mathematische Methoden der Physik I und II (5 SWS)

Ein Semester nach dem Praktikum:³

VO + UE Allgemeine Meteorologie II (5 ECTS)

VO + UE Theoretische Grundlagen der Meteorologie II (10 ECTS)

VO + UE Synoptisch dynamische Meteorologie I (5 ECTS)

VO + UE Mathematische Methoden der Meteorologie (5 ECTS)

2.3.1.4. Inhaltsanalyse von Skripten, Vorlesungen und Standardliteratur

Folgende Kategorien werden deduktiv anhand der von Seiten der Meteorologie vorgegebenen Praktikumsthemen definiert. Die verwendete Literatur sind dabei ein Skriptum zu „Allgemeine Meteorologie 2“, Eine Mitschrift zu „Einführung in die Meteorologie“ (dazu Bergmann & Schaefer, das als Basis der Vorlesung dient) sowie Folien zur Instrumentenkunde und Fernerkundung.

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (Messen, Messfehler usw.)

- Folgende Kompetenzen werden im Grundpraktikum 2 benötigt:
 - Genaues Durchführen von Messungen
 - Umgang mit elektronischen Messgeräten (Oszilloskop, Multimeter usw.)
 - Protokollieren (Diagramme erstellen, Fehlerrechnung usw.)
 - Selbständiger Aufbau von Experimenten (inkl. selbständiges Erarbeiten der Theorie)
 - Arbeit mit Benutzerhandbüchern von Messgeräten
- Der Umgang mit Diagrammen (lesen und erstellen) ist eine wesentliche Kompetenz, die im gesamten Meteorologiestudium benötigt wird. Schon ab der Einführungsvorlesung müssen die Studierenden relativ komplexe thermodynamische Diagramme verstehen.⁴ (vgl. Bergmann & Schaefer 2001)

Mechanik

- Bewegungsgleichungen
 - Fallgeschwindigkeit von Regentropfen (vgl. Allgemeine Meteorologie 2)
 - Bewegungsgleichung für Geofluide (=Luftpakete)
 - Schwerewellen (vgl. Bergmann & Schaefer 2001)
- Verschiedene Kraftbegriffe
 - Coriolis-Kraft (vgl. Bergmann & Schaefer 2001)
 - Reibungskräfte/Scherkräfte (Tangentialdruck) (vgl. Bergmann & Schaefer 2001)

³ Zeitgleich mit diesen Vorlesungen wurden die Interviews geführt. Manche Interviewpartnerinnen erwähnen daher diese Lehrveranstaltungen.

⁴ In thermodynamischen Diagrammpapieren sind Trockenadiabaten, Feuchtadiabaten, Isobaren und Isothermen eingetragen. Das Aufsteigen eines Luftpakets kann anhand dieser Linien beschrieben werden.

Elektronik, elektrische Messungen

- Elektrostatik relevant für Gewitter (vgl. Allgemeine Meteorologie 2)
- Elektrische Leitfähigkeit (vgl. Allgemeine Meteorologie 2)
 - elektrische Leitfähigkeit in der Atmosphäre
 - Ionenbeweglichkeit
 - elektrische Durchschlagfeldstärke
- Messung von Ladungen auf Niederschlagspartikeln (vgl. Allgemeine Meteorologie 2)
- Elektrische Schaltungen und Grundlagen der elektrischen Messung sind für das Verständnis von Messgeräten von Bedeutung. (Grundpraktikum 2)
- Die Funktionsweise von Solarzellen und Akkus wird zur Planung und Betreuung von solarbetriebenen Messstationen benötigt.

Elektromagnetische Wellen/Optik

- Einsatz von Elektromagnetischen Wellen in der Fernerkundung:
 - Radar, LIDAR (=Light detection and ranging)
 - Brechung (an Luftschichten unterschiedlicher Dichte)
 - Beugung (an Aerosolen, Wassertropfen etc.)
 - Absorption (Atmosphärische Fenster, Satellitenfernerkundung)
- Atmosphärische Optik (vgl. Allgemeine Meteorologie 2)
 - Streuung (Glorien)
 - Reflexion
 - Huygen'sches Prinzip
 - Brechung (Scheinbare Position von Himmelskörpern, Verzerrung der untergehenden Sonne Regenbogen, Halos)
 - Beugung (Korona, Pollenkorona, irisierende Wolken)

(In der Vorlesung werden die physikalischen Grundlagen kurz beschrieben)
- Elektromagnetische Strahlung
 - Strahlungsfluss (Solarkonstante)
 - Definition von Radianz/Irradianz (vgl. Einführung in die Meteorologie 1)
 - Strahlungshaushalt der Erde (vgl. Einführung in die Meteorologie 1)
 - Schwarzer Körper (vgl. Allgemeine Meteorologie 2 und Bergmann & Schaefer 2001)
 - Beer'sches Gesetz (vgl. Allgemeine Meteorologie 2)

Thermodynamik

- Konvektion
 - Stabile und instabile Schichtung
 - Aufsteigen von Luftpaketen (Abkühlen, Druckänderung usw.)
- Hauptsätze der Thermodynamik (vgl. Bergmann & Schäfer)
 - hydrostatische Gleichung (vgl. Einführung in die Meteorologie 1)
 - spezifische Wärme (vgl. Einführung in die Meteorologie 1)
 - verschiedene Definitionen von Temperatur (vgl. Einführung in die Meteorologie 1)
- Thermodynamik von feuchter Luft (Änderung von Aggregatzuständen)
 - Luftfeuchtigkeit
 - Definition relative Feuchte
 - Sättigungsdampfdruck

2.3.2. Ergebnisse der Erfassung der Lernendenperspektive

Physikalisches Vorwissen

Ein Hinweis auf das Vorwissen der Studierenden ergibt sich aus den Lehrveranstaltungen zur Physik, die von den Meteorologinnen vor dem Praktikum besucht werden.

Die physikalische Grundausbildung in den ersten zwei Semestern des Bachelorstudiums Meteorologie ist nahezu identisch mit der Einführungsphase des Physikstudiums.

Das heißt, in den ersten beiden Semestern besuchen die Meteorologinnen – gemeinsam mit den Physikerinnen - die zweisemestrige Vorlesung „Einführung in die Physik“ mit den dazugehörigen Rechenübungen, sowie die zweisemestrige Lehrveranstaltung „Mathematik für Naturwissenschaften“.

Das „Praktikum zur Einführung in die Physik“, ist nicht verpflichtend, wird aber im Lehrplan empfohlen und daher von einigen Studierenden auch besucht. Einen kleinen Einblick in Bereiche wie Messen, Fehlerrechnung oder Protokolle schreiben, haben also nur jene Studierenden, die diese Lehrveranstaltung aus eigenem Interesse besucht haben.

Für alle anderen ist das Grundpraktikum 1 das erste Praktikum, mit dem sie in Berührung kommen.

Zusätzlich zur physikalischen Grundausbildung besuchen die Meteorologinnen die zweisemestrige Vorlesung „Einführung in die Meteorologie“ mit Übungen. In dieser Vorlesung wird auf physikalische Theorien zurückgegriffen, um darauf meteorologische Theorien aufzubauen. Das physikalische Niveau entspricht dabei der Vorlesung „Einführung in die Physik“.

Fachbegriffe werden in den Meteorologie-Lehrveranstaltungen im Allgemeinen in gleicher Weise verwendet, wie in der Physik. Einzig beim Thema (Wärme-)Strahlung sind auf der Meteorologie die Begriffe Radianz und Irradianz für Intensität und Strahlungsflussdichte gebräuchlich.

Interviews mit Studierenden

In Bezug auf die Lernendenperspektive kristallisieren sich mehrere Kategorien aus den Interviews heraus, die in Folge beschrieben werden. Gleichzeitig fließen Ergebnisse aus den Interviews auch wieder in die fachliche Klärung ein, indem jene Schwerpunkte genauer recherchiert werden, die von den Studierenden vorgeschlagen werden.

Schnittstellenproblem Grundpraktikum 1 – Grundpraktikum 2

Das Grundpraktikum 1 ist als Vorbereitung auf das Grundpraktikum 2 konzipiert. Die Frage ist, welchen Stellenwert Studierende dieser Vorbereitung geben bzw. ob sie die Vorbereitung als ausreichend empfinden.

Alle vier Studierenden empfinden den Umstieg vom Grundpraktikum 1 auf das Grundpraktikum 2 als schwierig. Die Anforderungen im Grundpraktikum 2 seien wesentlich höher:

„Ähm, es war wirklich heftig. [...] ⁵ Also ich habe eigentlich schon gewusst, was ungefähr auf mich zukommt. Deswegen war's dann auch während dem Physiker-Praktikum so, wo ich mir denke, oh mein Gott, ja, danach kommt wirklich die Peitsche. Ähm, also überrascht war ich nicht wirklich. Sie haben auch von der ersten Besprechung an wirklich Druck gemacht. [...] Und das war wirklich sämtliche physikalische Hintergründe, dass man das nachlesen muss in einem Buch [...]“ (Interview 3, 2010)

Studentin 3A formuliert das hohe Niveau des Grundpraktikums 2, indem sie es mit einer Peitsche vergleicht, von der sie schon vorher wusste. Entsprechend empfindet sie das Grundpraktikum 1 als angenehm, wie im weiteren Gesprächsverlauf klar wird.

Durch den Paradigmenwechsel zwischen Grundpraktikum 1 und Grundpraktikum 2 fühlen sich die Studierenden zum Teil nicht ausreichend auf das Grundpraktikum 2 vorbereitet.

Es wird der große Unterschied zwischen genau angeleitetem Experimentieren im Grundpraktikum 1 und nicht oder kaum angeleitetem Experimentieren im Grundpraktikum 2 angesprochen. Dieser Umstand wird allerdings weniger dem Grundpraktikum 1, als der mangelnden Abstimmung zwischen den beiden Praktika angelastet.

„Ja, also, es ist jetzt zweischneidig. Weil auf der einen Seite war das Physiker-Praktikum wirklich gut zu schaffen. [...] Ähm, und im Nachhinein muss ich sagen, also, wenn sie da ein bisschen strenger gewesen wären, oder auch ein bisschen weniger Informationen gegeben hätten, dann wären wir sicher mehr dazu erzogen worden, ähm uns die Hintergründe wirklich rechtzeitig zu beschaffen und ein gescheites Konzept zu machen.“ (Interview 3, 2010)

Studentin 3A beschreibt in diesem Zitat die Problematik einer eindeutigen Antwort auf die Frage, ob das Grundpraktikum 1 zu leicht ist. Einerseits findet sie es gut, dass es leicht zu schaffen ist. Andererseits ist sie der Meinung, dass sie auf das Grundpraktikum 2 besser vorbereitet gewesen wäre, wenn sie im Grundpraktikum 1 stärker gefordert worden wäre. Latent klingt auch im Verlauf des Gesprächs mit, dass es prinzipiell möglich wäre, das methodische Niveau im Grundpraktikum 1 zu heben.

Studentin 3A weist an anderer Stelle darauf hin, dass der große methodische Unterschied zwischen den beiden Praktika ihrer Meinung nach auch auf die fehlende Kommunikation zwischen den beiden Fakultäten zurückzuführen ist. Die Tutoren im Grundpraktikum 2 wüssten oft nicht, was die Studierenden im Grundpraktikum 1 konkret gelernt haben.

⁵ Auf Wunsch der befragten Person wurden in diesem Interview einzelne auf die Identität hinweisende Stellen gelöscht. Die inhaltliche Aussage wird dadurch nicht verändert.

Trotz allem wird das Grundpraktikum 1 als eine gute Vorbereitung angesehen, ohne die das Grundpraktikum 2 wesentlich schwerer zu schaffen wäre, wie Studentin 2A erklärt:

„Wenn ich das Einser (GP1) nicht so gehabt hätte, wies war, dann hätt ich das Zweier (GP2) überhaupt nicht gepackt glaub ich.“ (Interview 2, 2010)

Unterlagen

In den Interviews wurde konkret danach gefragt, wie die detailliert beschriebenen Unterlagen zur Versuchsdurchführung im GP1 auf die Studierenden gewirkt haben. Dabei geben alle vier befragten Personen an, dass die Unterlagen sehr gut und verständlich sind. Auch die zusätzlich online gestellten Informationen werden genutzt und positiv bewertet. Die Vorbereitung mit Hilfe dieser Unterlagen wird als nicht sehr aufwändig angesehen.

Die Studierenden erwähnen, dass sie sich im Allgemeinen durch die Unterlagen sehr gut auf das Praktikum vorbereitet fühlten und meist wussten, was wie zu messen ist. Dadurch bestand während der Durchführung des Praktikums weniger Bedarf, einen Betreuer zu fragen, wie Studentin 3A erklärt:

„[Es gab] weniger Notwendigkeit, den Professor zu fragen. Also Fehler, die Art der Fehler, die passiert sind, die waren typisch: wir haben noch nie experimentiert. Ähm, also das wirklich, es war nur, wenn dann, wir können den Professor eher so in Ruhe lassen und wissen selber uns zu helfen. Also einfach vom Aufbau her.“ (Interview 3, 2010)

Studentin 2A schätzt auch die Wahrscheinlichkeit, Fehler zu machen geringer ein. Sie sieht dies als positiv an und ist der Meinung, dass man mit dieser Art der Unterlagen mehr vom Praktikum hat:

„Naja, es hat halt die Wahrscheinlichkeit, dass man irgendeinen Fehler macht, oder irgendwas falsch misst verringert. Was ich ja durchaus als positiv sehe, weil dann ist man erstens früher fertig, der Frustfaktor ist geringer und ähm, man kann sich halt insofern besser vorbereiten und hat glaub ich auch mehr davon.“ (Interview 2, 2010)

Bemängelt wird von derselben Studentin, dass man bei der Vorbereitung oft nicht genau wusste, wie die Geräte aussehen.

„Was mich ein bisschen gestört hat war, dass ähm, dass man nicht genau wusste, wie halt, wenn man sich am Tag davor durchliest, oder zwei Tage vorher, wie die unterschiedlichen Messgeräte ausschauen. Ja gut, ein Voltmeter oder ein Amperemeter wird man schon erkennen, aber wenn dann irgendwann steht, schalten sie das und das ein, und dann weiß man nicht, was das, na gut, man weiß wahrscheinlich, was es ist, aber wie es genau aussieht... Das war ein bisschen, also sagen wir so, manchmal hat's da ein bisschen Probleme gegeben.“ (Interview 2, 2010)

Studentin 2A erklärt, dass sich in der Vorbereitungsphase bei ihr Probleme ergeben haben, da sie oft zu diesem Zeitpunkt noch nicht wusste, wie die Messgeräte aussehen. Sie räumt allerdings ein, dass man Multimeter im Allgemeinen doch erkennt.

Auch im weiteren Verlauf des Gespräches fallen ihr keine konkreten Beispiele ein, in denen sie die Messgeräte nicht erkannt hat. Sie erwähnt aber, dass sie sich in der Vorbereitungsphase mehr Illustrationen oder Handbücher gewünscht hätte.

Mangelnde Vorbereitung im Umgang mit dem Oszilloskop

Zwei von vier Studierenden bemängeln die unzureichende Vorbereitung im Umgang mit dem Oszilloskop. Aufgrund der Aussagen ist zu vermuten, dass es hier noch großen Verbesserungsbedarf und auch die Möglichkeiten zur Verbesserung gäbe. Es wird vor allem kritisiert, dass die Studierenden im Grundpraktikum 1 kaum wirklich selbständig am Oszilloskop arbeiten konnten. Teilweise wurden die Einstellungen am Oszilloskop vom Betreuer vorweggenommen.

Durch diese mangelhafte Vorbereitung in der Bedienung des Oszilloskops fühlten sich diese Studierenden nicht ausreichend auf das Grundpraktikum 2, in dem diese Kompetenzen erwartet werden, vorbereitet.

„Schlecht auf alle Fälle war mal, der (Kurs „Elektrische Messungen“), wir haben auch so Sachen gemacht, mit dem Oszilloskop. Und wir haben das ja erklärt, es ist nicht wirklich erklärt worden. Er hat einfach gesagt, ja, macht's mal. Dann haben wir keine Ahnung gehabt, wie wir es machen sollen. Dann hat er das einfach eingestellt und das war's, danke. Und so hätten wir das dann im Grundpraktikum 2 dann auch anwenden sollen, aber... wie soll denn das gehen?“

(Interview 4 2010)

„Eben die Signalübertragung in der Meteorologie, wo eben wirklich sehr stark mit dem Oszilloskop gearbeitet wurde. Da habe ich gewusst, ja, okay, wir hätten zwar irgendwas in diese Richtung gemacht, aber nein, geholfen hat es wenig.“ (Interview 1, 2010)

Sowohl Studentin 1A, als auch Student 4A beschreiben, dass sie im Grundpraktikum 2 mit dem Oszilloskop hätten arbeiten sollen, aber nicht wussten, wie sie mit dem Gerät umgehen sollten.

Student 4A begründet dies dadurch, dass im Grundpraktikum 1 das Gerät nicht wirklich erklärt wurde bzw. alles vom Betreuer eingestellt wurde. Dadurch hatten die Studierenden dann im Grundpraktikum 2 keine Erfahrung mit dem Oszilloskop.

Relevanz der Beispiele – Bezug zum Meteorologiestudium

Drei von vier Studierenden erkennen in den meisten Beispielen einen Bezug zu ihrem Studium. Sie empfanden auch während der Durchführung des Praktikums kaum etwas als sinnlos oder nicht relevant. Aus ihren Aussagen geht hervor, dass sie – unabhängig vom Praktikum – der Physik gegenüber positiv eingestellt sind. Einerseits erkennen sie die Physik als wesentliche Grundlage ihres Studiums, andererseits sind sie zum Teil aber auch unabhängig von Meteorologie an physikalischen Themen interessiert. Daraus ergibt sich, dass sie den Sinn der Praktikumsbeispiele nicht nur darin sehen, dass sie für den weiteren Verlauf ihres Studiums notwendig sind. Durch das allgemeine Interesse an physikalischen Themen werden einzelne Beispiele aufgrund von situationellem Interesse als sinnvoll empfunden, auch, wenn sie für das Meteorologiestudium nicht unmittelbar relevant sind. Einzelne Studierende geben in den Interviews an, dass es Zusammenhänge bzw. Überschneidungen zwischen Meteorologievorlesungen und dem Grundpraktikum 1 gibt und dass sie vereinzelt Inhalte in den Meteorologie Vorlesungen durch den Besuch des Grundpraktikums leichter verstehen. Im Nachhinein sehen sie auch darin den Sinn des Grundpraktikums 1.

Auf die Frage, ob es Experimente im Praktikum gegeben hat, die sie als für das Meteorologiestudium nicht relevant empfunden hätte, antwortet Studentin 2A:

„Nein, eigentlich nicht. Also man findet ja, also die Meteorologie basiert ja eigentlich auf der Physik und ähm, wenn man's eigentlich, von dem aus gesehen dürfte es theoretisch nichts Uninteressantes geben, aber... Sinnloses geben.“ (Interview 2, 2010)

Die Studentin findet also, dass für Meteorologinnen alle physikalischen Themengebiete sinnvoll sind, da die Meteorologie auf der Physik basiert. Im Anschluss an dieses Zitat bemerkt sie, dass im Praktikum sicher auch darauf Wert gelegt wurde, dass jene physikalischen Inhalte vorkommen, die für ein Meteorologiestudium relevant sind.

Student 4A erlebt keines der Praktikumsbeispiele als relevant für sein Studium. Er kann nur bei wenigen Beispielen einen Zusammenhang zum Meteorologiestudium erkennen und empfindet das Grundpraktikum 1 daher als „allgemein physikalisch“. Laut eigener Aussage interessiert ihn allgemeine Physik nicht, daher sieht er auch keinen Grund dafür, warum er das Praktikum in seinem Studium machen soll. Nur nach nochmaligem Nachfragen findet er zu einzelnen Beispielen einen Bezug zum Meteorologiestudium. Auf die Frage, welche Experimente ihm schon während des Praktikums als sinnvoll erschienen, antwortet er:

„Ähm, nix. Also ich wüsst nicht, warum ich das brauchen könnte vom Grundpraktikum 1. Es war allgemein physikalisch und ich will mich nicht allgemein physikalisch irgendwie orientieren.“ (Interview 4, 2010)

Drei der vier befragten Personen wünschen sich einen eindeutigeren Bezug zum Meteorologiestudium. Studentin 2A wünscht sich,

„[...] dass man vielleicht so kurz am Ende von den, von den Manuals hinschreibt, wozu man das, wozu das meteorologierelevant ist.“ (Interview 2, 2010)

Sie wäre also mit einem kurzen Hinweis in den Unterlagen zufrieden.

Studentin 3A wird etwas konkreter und fordert eine längere Erörterung des meteorologischen Bezugs in den Unterlagen, um die Brücke zum Meteorologiestudium zu bilden:

„Aber so ein bisschen die, die Brücke zu unserem Studium bilden quasi. Also sprich, wo werden, werden solche Sensoren oder so gebraucht. Oder, wie muss man mit denen hantieren. Auch ein bisschen so.. wirklich ähm quasi eine Erörterung von dem Thema, und warum das eigentlich für uns so wichtig ist.“ (Interview 3, 2010)

Student 4A geht in seiner Forderung noch weiter. Auf die Frage, ob ihn Themen des Physikpraktikums für Meteorologie unabhängig von seinem Studium interessiert hätten, antwortet er:

„Nein, weil was mache ich mit allgemeiner Physik? Also, wenn's wirklich so was gewesen wäre mit Strahlungsmessung oder so was, dann wär das schon eher interessant gewesen. Das braucht man. Sowas kann man brauchen. Oder Sonnenscheindauer messen oder so was. Das wär sicher interessant gewesen aber allgemeine physikalische Sachen interessieren mich nicht“. (Interview 4, 2010)

Ein Praktikum, das Student 4A in seinem Studium interessiert hätte, dürfte also keine allgemeine Physik behandeln, sondern müsste sehr stark auf meteorologische Anwendungen eingehen. Im Gegensatz zu den beiden vorher genannten Studentinnen wäre er mit einem kurzen Hinweis auf den meteorologischen Bezug wohl nicht zufrieden.

Kritik an konkreten Beispielen

Bei folgenden Beispielen wird der Bezug zum Meteorologiestudium oder die Relevanz für das Meteorologiestudium nicht gesehen:

Das Beispiel zur **Solarzelle** wurde als nicht relevant für das Meteorologiestudium empfunden:

„Ja, dass Licht eine elektromagnetische Welle ist, dazu muss ich nicht mit einer Solarzelle spielen. Es ist natürlich, ja, das könnte es sein, aber irgendwie... ja, ich glaub eher, wir beschäftigen uns glaub ich mehr mit dem Problem, Problematik, des... was elektromagnetische Wellen mit Wärme tun. Welche Auswirkungen die haben. Die verursachen die meisten... Ja, die Sonne produziert für die Meteorologie weniger die Strahlung, wird selten in Strom umgewandelt.“ (Interview 1, 2010)

Von Studentin 1A wurde hier also kein Bezug zum Meteorologiestudium erkannt. Sie ist der Meinung, dass Sonnenstrahlung in der Meteorologie nicht dafür verwendet wird, Strom zu erzeugen. Elektromagnetische Wellen spielen laut ihrer Einschätzung in der Meteorologie eine größere Rolle im Zusammenhang mit Wärmestrahlung.

Beim Thema **Polarisation** konnte keine der befragten Personen konkrete Auskunft darüber geben, in welchem Bereich der Meteorologie diese vorkommt bzw. wo sie verwendet wird.

Das Beispiel zur **Wärmestrahlung** wurde wegen des Aufbaus mit einer Glühbirne kritisiert:

„Ja, weil eine Glühbirne halt... äh... net so, dass a Glühbirne irgendwie... Wärme und Strahlung abgibt, das ist so... das ist so Alltag, ja. Aber dass es, was für eine Auswirkung das jetzt in der Atmosphäre hat, ist, da gibt's so wenig Glühbirnen.“ (Interview 1, 2010)

Die Glühbirne ist laut Studentin 1A nicht dafür geeignet, Strahlung im für Meteorologinnen relevanten Sinn anschaulich zu erklären. Sie erklärt im weiteren Verlauf des Gespräches, dass sie das Thema Wärmestrahlung nach diesem Experiment noch nicht wirklich verstanden hat.

In diesem Zusammenhang schlägt sie vor, dass es besser wäre, wenn man wirklich sehen würde, dass es ein Körper ist, der strahlt:

„Ich glaube, es wäre wichtig, dass es ein Körper wäre, der... dass man's wirklich sieht, dass ein Körper strahlt. Und nicht nur eine Glühbirne, ja.“ (Interview 1, 2010)

Der Glühdraht einer Glühbirne wird von Studentin 1A also nicht ohne weiteres als „Körper“ identifiziert. Dadurch ergeben sich Transferprobleme, der Zusammenhang zum Meteorologiestudium ist nicht unmittelbar einleuchtend.

Bei der **Wärmeleitung** wurde kritisiert, dass diese an Metallen gezeigt wurde und man in der Meteorologie eher mit Wärmeleitung in Isolatoren (Luft, Boden usw.) zu tun hat.

*„Ja und Wärmeleitung in Metallen. Ich meine, das ist nur allgemeine Physik. Was hat das mit Meteorologie zu tun? Wärmeleitung in Metallen, wer braucht das? [...]
Ja, die Wärmeleitung kommt ja im Boden vor. Wo es praktisch einfach - es gibt einen Strahlungsfluss, der an die Erde trifft und da verteilt sich dann praktisch die Wärme und das geschieht mit Wärmeleitung. Mit diesem Prozess. Ja, aber besonders halt im Metall, das ist...“ (Interview 4, 2010)*

Student 4A kann den Zusammenhang zwischen Wärmeleitung in Metallen und Wärmeleitung im Boden – die im Meteorologiestudium vorkommt – also nicht direkt erkennen.

Zur **Konvektion** äußert Studentin 3A, dass dieses Phänomen in der Atmosphäre mehr beinhaltet und komplexer ist, als die Konvektion bei der Erwärmung von Wasser auf einer Heizplatte:

„Konvektion ist für viele immer dann so, ja, Kochtopf. Im Kochtopf wird das Wasser heiß. Nur eben, da auch wieder die Brücke bilden zu, was bedeutet denn das jetzt für uns. Es interessiert uns ja nicht, dass im Kochtopf das Wasser heiß wird, sondern was ist das Um und Auf, warum interessiert uns das? Also, dass einfach ein bisschen mehr [...] die Neugierde oder das Interesse geschürt wird, warum das eigentlich für uns wichtig ist.“ (Interview 3, 2010)

Die Studentin wünscht sich hier explizit, dass eine Brücke zum Meteorologiestudium gebildet wird und damit das Interesse und die Neugierde geschürt werden. Die Konvektion von „Wasser im Kochtopf“, also ein Standardexperiment zur Konvektion alleine, wäre hier ihrer Meinung nach zu wenig, um wirklich zu erklären, wo Konvektion für Meteorologinnen relevant ist. Die latente Forderung zur expliziten Erörterung der Kontexte zur Meteorologie ist erkennbar.

2.3.3. Didaktische Strukturierung

Die Vorgaben an die didaktische Strukturierung ergeben sich aus den Punkten „fachliche Klärung“ und „Lernendenperspektive“. Die beiden Punkte werden unter didaktischen Gesichtspunkten möglichst gleichwertig in die didaktische Strukturierung aufgenommen, wobei die Möglichkeiten der tatsächlichen Umsetzung letztendlich berücksichtigt werden müssen.

Selbständiges Experimentieren

In der fachlichen Klärung wird von der Praktikumsleitung des Grundpraktikums 2 gefordert, dass die Studierenden am Ende des Grundpraktikums 1 in der Lage sein sollten, Experimente vollkommen selbständig zu entwickeln und aufzubauen. Diese Forderung muss abgelehnt werden, da es aus didaktischer Sicht zu hoch gegriffen ist, Studierende in einem nur 3SWS betragenden Praktikum auf derartige Anforderungen inhaltlich und methodisch ausreichend vorzubereiten.

Trotzdem sollen die Studierenden an ein möglichst selbständiges Arbeiten hingeführt werden. Daher sollten von den Betreuern Eingriffe in den Aufbau und den Verlauf der Experimente möglichst vermieden werden, um den Studierenden wichtige Arbeitsschritte nicht abzunehmen. Insbesondere betrifft dies die Bedienung von Messgeräten, die – wenn sie nicht selbständig durchgeführt wird - ohne Lerneffekt bleibt.

Oszilloskop

Es zeigt sich, dass die Studierenden im Umgang mit dem Oszilloskop sowohl aus Studierendensicht, als auch aus Lehrendensicht ungenügend auf das Grundpraktikum 2 vorbereitet sind.

Da von den Studierenden berichtet wird, dass sie im Grundpraktikum 1 kaum die Gelegenheit zur selbständigen Arbeit mit dem Oszilloskop hatten, liegt der Schluss nahe, dass hier im Grundpraktikum 1 noch Aufholbedarf besteht.

Um den Umgang mit dem Oszilloskop zu lernen, müssen einerseits Hemmungen abgebaut werden, andererseits aber auch grundlegende Funktionen verstanden werden. Dies ist am besten durch eine selbständige Arbeit am Oszilloskop zu erreichen. Hier ist einerseits darauf zu achten, dass der Betreuer Arbeit nicht vorschnell abnimmt, andererseits aber auch darauf, dass in Zweiergruppen beide Personen das Oszilloskop bedienen.

Diese Vorgabe kann nicht allein dadurch erfüllt werden, dass die Unterlagen anders gestaltet werden. Sie muss während des Praktikums vom Betreuer umgesetzt werden.

Fachbegriffe

Fachbegriffe, die Meteorologinnen anders verwenden, als Physikerinnen, müssen in den Praktikumsunterlagen angepasst werden. Konkret betrifft das die Experimente zur Strahlung, wo die Fachbegriffe „Intensität“ und „Strahlungsflussdichte“ durch „Radianz“ und „Irradianz“ ersetzt werden.

Ungeeignete experimentelle Umsetzung

Einige Praktikumsbeispiele werden thematisch von den Studierenden als sinnvoll erlebt, die Umsetzung wird aber kritisiert. Hier sollten – wo möglich – die Experimente an den tatsächlich in der Meteorologie verwendeten Einsatz der physikalischen Theorie angepasst werden. Wenn die experimentelle Umsetzung nicht anders möglich ist, sollte in den Unterlagen darauf hingewiesen werden, welche Unterschiede zu meteorologischen Anwendungen der behandelten Theorien bestehen.

Die Kritik betrifft folgende Experimente:

- **Wärmeleitung** – Es wird kritisiert, dass in der Atmosphäre keine Leiter sondern Isolatoren behandelt werden. Dies sollte im Versuchsaufbau berücksichtigt werden.
- **Strahlung** – Die Demonstration mittels Glühbirnen scheint nicht sehr geglückt. Entweder sollte in den Unterlagen deutlicher gemacht werden, dass auch eine Glühbirne ein strahlender Körper ist, oder es wird im Experiment ein Objekt verwendet, das von den Studierenden leichter als „Körper“ wahrgenommen wird, als dies bei einem Glühdraht der Fall ist.
- **Konvektion** – von einer Studentin wird erwähnt, dass Konvektion in der Meteorologie mehr ist, als Konvektion von siedendem Wasser. Falls dies im Experiment nicht besser gezeigt werden kann, sollte in den Unterlagen darauf hingewiesen werden, wie die Erkenntnisse aus dem Experiment auf die komplexere Konvektion in der Atmosphäre umgelegt werden kann.
- **Beugung** – In der Meteorologie sind in erster Linie Beugungsphänomene an Objekten (Aerosole, Wassertropfen) von Bedeutung. Beugung an Spalten, wie im Experiment gezeigt, kommt hingegen kaum vor. Daher wäre es sinnvoll, anstelle der im Praktikum üblichen Beugung an Spalten und Gittern auch Beugung an Objekten zu zeigen. Falls dies nicht möglich ist, muss in den Unterlagen darauf hingewiesen werden.

Kontexte

Einige der Studierenden äußern den Wunsch, dass aus den Praktikumsunterlagen deutlicher hervorgehen sollte, inwiefern das behandelte Thema für die Meteorologie relevant ist.

Die Wünsche reichen dabei von „einem kurzen einleitenden Kapitel“ bis zur Umstellung auf meteorologierelevantere Praktikumsbeispiele. Auch aus fachdidaktischer Sicht (siehe Kapitel 3) ist das Einbinden von Lerninhalten in Kontexte eine motivationsfördernde Strategie in der Unterrichtsentwicklung.

Bei einigen Praktikumsbeispielen ist den Studierenden der Bezug zur Meteorologie nicht oder kaum klar. Diese Unklarheiten sollten durch eine geeignete Kontextualisierung gelöst werden, um die Motivation zu steigern. Jene Themen, bei denen der meteorologische Bezug nicht erkannt wird, sollten dabei möglichst ausführlich behandelt werden. Die Kontexte ergeben sich dabei aus den Recherchen zur fachlichen Klärung.

Unterlagen

Die Unterlagen zu Theorie und Versuchsdurchführung werden von den Studierenden als gut bewertet. Da das Grundpraktikum 1 in der Regel das erste Praktikum der Meteorologinnen ist, müssen die Unterlagen so konzipiert sein, dass das Praktikum auch ohne experimentelle Vorkenntnisse absolviert werden kann. Das bestehende Konzept der detaillierten Arbeitsanweisungen kann daher im Prinzip beibehalten werden.

In Hinblick auf die Tatsache, dass die Studierenden im Grundpraktikum 2 zu eigenständigem Erarbeiten der Theorie angehalten sind, wäre es jedoch sinnvoll, im Grundpraktikum 1 den methodischen Schwierigkeitsgrad gegen Ende zu steigern und die Studierenden so auf die höheren Anforderungen im Grundpraktikum 2 vorzubereiten. Aus den Interviews ist zu erkennen, dass die Studierenden auch mit einem etwas höheren Niveau an Eigenverantwortung nicht überfordert wären.

In Hinblick auf diese Vorgaben an die didaktische Strukturierung wurde das Entwicklungsteam des Grundpraktikums 1 beraten. Aufgrund des Rahmens des Praktikums (Ausrüstung, Platzbedarf, vorgegebenes Betreuungsverhältnis, Zeitmangel usw.) konnten von den Entwicklern nicht alle Punkte umgesetzt werden. Dies betrifft vor allem die Vorgabe an das Oszilloskop und die Entwicklung von geeigneteren, sehr meteorologiespezifischen Experimenten.

Ein wesentlicher Punkt, der durchgängig umgesetzt wurde, ist die Erstellung von Kapiteln zum meteorologischen Bezug, die den Studierenden klar machen sollen, in welchen Zusammenhängen die behandelten Themen im Meteorologiestudium benötigt werden.

Alle meteorologischen Bezüge wurden als eigene Kapitel an den Beginn der Praktikumsunterlagen gestellt. Die beiden meteorologischen Bezüge zu Solarzellen und zur Mechanik wurden auf Wunsch des Entwicklers dieser beiden Beispiele nicht in die Unterlagen eingebunden sondern gesondert auf die eLearning-Plattform gestellt.

Titel der neuen Praktikumsbeispiele

Die konkreten Titel der neuen Praktikumsbeispiele ergeben sich aus der fachlichen Klärung bzw. direkt aus den Besprechungen zwischen Physikern und Meteorologen wie folgt:

MP1 - Messen - Messfehler in der Mechanik

MP2 - Einführung in elektrische Messungen

MP3 - Solarzelle, Dioden, Akkumulator, autarke Energieversorgung

MP4- Brechung, Dispersion und Spektroskopie

MP5 - Polarisierung und Beugung

MP6 - Wärmeleitung und Konvektion

MP7 - (Wärme-)Strahlung

3. Kontextualisierung des Meteorologiepraktikums

3.1. Theorie zur Kontextualisierung

Es ist in der fachdidaktischen Forschung allgemein anerkannt, dass das Einbinden von sogenannten Kontexten in Unterrichtseinheiten interessens- und motivationsfördernd wirkt (vgl. Muckenfuß 1995, Wagenschein 1970).

Grundlage für diese Vorgehensweise bietet die Lerntheorie des Konstruktivismus, nach der der Akt des Lernens an bereits vorhandenes Wissen anknüpft:

„Es kann nur das verstanden und gelernt werden, was sich mit bereits vorhandenem Wissen verbinden lässt.[...]“

Lernprozesse [müssen] in reiche und authentische Lernumgebungen eingebettet werden. Dadurch wird am besten gewährleistet, dass der einzelne Lernende Wissen vorfindet, das er mit dem eigenen Wissen verbinden kann.“ (Wolff 1997)

Der positive Einfluss von kontextorientiertem Unterricht auf das Interesse und die Motivation von Schülern konnte in verschiedenen Studien (z.B. Berger 2002, Hoffmann et. al. 1997) nachgewiesen werden. So erreicht zum Beispiel Berger eine signifikante Steigerung von Interesse und Motivation mit Physik im medizinischen Kontext in der Oberstufe (vgl. Berger 2002, nach Nawrath 2010).

Der Einsatz von Kontextualisierung in der Hochschuldidaktik wurde von Theyßen (1999) an einem Physikpraktikum für Medizin dokumentiert. Die Praktikumsbeispiele greifen in den Versuchen zum Teil stark auf medizinische Inhalte zurück. So wird zum Beispiel beim Thema Optik zusätzlich zu klassischen Experimenten mit Linsen auch ein Augenmodell mit flexibler Linse eingesetzt.

Wie von Theyßen (1999) beschrieben, wirkt sich Kontextualisierung auch auf Hochschulebene positiv auf die Motivation der Studierenden aus.

In der Schuldidaktik wird unter einem „sinnstiftenden Kontext“ (vgl. Muckenfuß, 1995) ein Themengebiet verstanden, das aus der Alltagswelt der Schüler entnommen ist, zu dem sie also einen persönlichen Bezug haben. Der ansonsten trockene und abstrakte Physik-Stoff soll dadurch einen für die Schüler relevanten Sinn bekommen.

„Lernen im sinnstiftenden Kontext findet dann statt, wenn sich dem Lernenden die Sinnfrage (‘‘Wozu soll ich das lernen, wenn ich nicht Physiker/Ingenieur werden will?’’) nicht mehr stellt.“ (Muckenfuß, E-Mail 1999⁶)

Auf Hochschulebene wird dieser sinnstiftende Kontext nicht aus der Alltagswelt der Lernenden genommen. Wie bei Theyßen (1999) wird an die Stelle des Alltagsbezugs ein Fachbezug zum eigentlichen Studium der Lernenden (im vorliegenden Fall also Meteorologie) gesetzt.

⁶ Quelle: „Kontextorientierung im Physikunterricht – Lernen im sinnstiftenden Kontext nach H. Muckenfuß“, Angelika Müller: <http://www.aunda-net.homepage.t-online.de/homepage/schule/kontext/grundlagen.html> (04.09.2011)

Laut Nawrath (2010) ist in der didaktischen Fachwelt noch nicht ausreichend geklärt, was unter kontextorientiertem Unterricht konkret zu verstehen ist. Ist es schon kontextorientiert, wenn in den klassischen Unterricht Beispiele aus der Alltagswelt der Schüler eingestreut werden, oder muss der gesamte Unterricht auf diesen Beispielen aufgebaut werden?

Um Klarheit in diese Frage zu bringen schlägt Nawrath (2010) eine Unterteilung von kontextorientiertem Unterricht vor. Er sieht folgende Möglichkeiten, Kontexte im Unterricht zu nutzen:

„Kontexteinbindung als methodische Anreicherung“

versus

„Kontexte als Elemente fachdidaktischer Strukturierung“

Unter Kontexteinbindung als **methodische Anreicherung** versteht Nawrath, wenn sich der Physikunterricht in seiner Struktur an der Herkunftswissenschaft orientiert, also im Großen und Ganzen einem klassischen Physikunterricht entspricht. Der fachliche Inhalt (Theorien, Formeln usw.) ist vorrangig.

Inhalte aus dem Alltag werden in Form von Beispielen eingestreut. Sie dienen dazu, die physikalischen Inhalte zu veranschaulichen.

Werden Kontexte als Elemente **fachdidaktischer Strukturierung** verwendet, gibt der Kontext die Struktur des Unterrichts vor. Vorrangig ist der Inhalt des Kontext-Themas. Es werden Problemstellungen bearbeitet, die für die Schüler möglichst relevant und interessant sind. Um diese Problemstellungen zu lösen, wird physikalisches Wissen benötigt. Die physikalischen Inhalte bzw. Theorien werden also „mitgelernt“. Sie sind notwendig, um das Kontext- Thema zu verstehen (vgl. Nawrath 2010).

Gestützt auf die beschriebenen fachdidaktischen Studien zur Kontextualisierung entstand die Idee, das Grundpraktikum 1 für Meteorologen mit für ihr Studium relevanten Kontexten zu verbinden. Dazu wurde zu Beginn eines jeden Praktikumsbeispiels ein Kapitel von ein bis zwei Seiten „meteorologischer Bezug“ eingefügt. Der restliche Teil der Unterlagen ist rein physikalisch aufgebaut und verweist im Allgemeinen nur wenig auf den meteorologischen Bezug. Aus diesem Grund kann man diese Art der Kontextualisierung am ehesten als „methodische Anreicherung“ verstehen. Da sie jedoch in den restlichen Kapiteln der Unterlagen, sowie auch in den Besprechungen im Praktikum nicht oder kaum vorkommt, ist es schon sehr an der Grenze zu dem, was in den oben zitierten Studien (vgl. Theyßen 1999, Berger 2002) unter Kontextorientierung verstanden wird und wäre vielleicht besser als „Aufhänger“ oder „Motivation“ zu bezeichnen, dient es doch hauptsächlich der Begründung, warum die im Praktikum behandelten Inhalte zu lernen sind. Daher liegt die Vermutung nahe, dass die Auswirkungen auf Interesse und Motivation der Studierenden geringer sein werden, als in oben beschriebenen Studien.

Ziel der Kontextualisierung

Ein Ziel der Umgestaltung des Praktikums und insbesondere der einleitenden Kapitel „meteorologischer Bezug“ ist die Steigerung der Motivation. Die Studierenden, die sich zunächst für ein Meteorologiestudium entschieden haben und wohl auch in diesem Gebiet ihr Hauptinteresse haben, müssen zusätzlich Lehrveranstaltungen aus Physik besuchen. Die beschriebenen Theorien lassen vermuten, dass die Motivation der Meteorologiestudenten gesteigert werden könnte, indem die Lehrveranstaltung mehr an ihre Bedürfnisse und an die im Studium behandelten Inhalte

angepasst wird. Zum einen sollte dies durch eine Adaptierung der Experimente nach Absprache mit den Verantwortlichen des Grundpraktikums 2 geschehen, zum anderen durch das Einbinden von Kontexten. Durch eine Steigerung der Motivation als eine wichtige Inputvariable für den Lernprozess erhofft man sich eine gesteigerte Lernqualität (vgl. Ryan & Deci 1993).

Zu beachten ist hier sicher, dass das Meteorologiestudium der Physik relativ nahe ist. Physikalische Theorien werden in den Vorlesungen regelmäßig angesprochen, die Studieneingangsphase wird zum Großteil mit den Physikern gemeinsam besucht. Aus diesem Grund sind viele Meteorologen der Physik nicht ganz abgeneigt, bzw. sehen den Sinn der Physik für ihr Studium – wie auch später aus den Interviews hervorgehen wird – durchaus auch ohne Kontexte ein.

3.2. Selbstbestimmungstheorie der Motivation

Eines der Ziele für die Neugestaltung des Praktikums ist, wie beschrieben, die Steigerung der Motivation, als einem der wichtigsten Inputparameter für den Lernprozess. Um qualitative Messungen über das Niveau der Motivation machen zu können, muss der Begriff erst durch ein Theoriegebäude aus dem Bereich der Psychologie bzw. Motivationsforschung greifbar und messbar gemacht werden.

Dieser Arbeit liegt die „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ von Ryan und Deci (1993) zugrunde. Auf sie stützen sich in weiterer Folge auch die Messungen und die Interpretation der Ergebnisse. Ryan und Deci nehmen – neben den physischen Grundbedürfnissen - drei angeborene psychische Grundbedürfnisse an, deren Erfüllung das psychische Wohlbefinden steigert (vgl. Ryan & Deci 1993). Handlungsziele werden dann motiviert verfolgt, wenn sie Befriedigung dieser drei Grundbedürfnisse versprechen.

Diese drei Grundbedürfnisse sind:

Soziale Eingebundenheit

Der Mensch hat das Bedürfnis, sich in seinem sozialen Umfeld eingebunden bzw. sich einer Gruppe zugehörig zu fühlen. Das soziale Klima und die Zuwendung von Bezugspersonen haben einen starken Einfluss auf die Motivation.

Kompetenzerleben (oder Wirksamkeit)

Der Mensch hat das Bedürfnis, sich selbst als kompetent zu erleben bzw. auch in seinem sozialen Umfeld kompetent zu wirken. Um dies zu erreichen, müssen die angestrebten Ziele ein optimales Anforderungsniveau bieten, also nicht zu schwer und nicht zu leicht sein.

Autonomieerleben (oder Selbstbestimmung)

Die Selbstbestimmung ist ein wesentlicher Bestandteil der Theorie von Ryan und Deci. In Studien (z.B. Berger & Hänze 2004) konnte gezeigt werden, dass Lernumgebungen, die die Autonomie fördern, sich positiv auf das Lerninteresse auswirken. Eine Autonomie fördernde Lernumgebung unterstützt Eigeninitiative und Wahlfreiheit. Kontrollierender Druck von außen schränkt die Autonomie ein.

Laut Ryan und Deci sind diese drei Komponenten Voraussetzung für die Entwicklung von intrinsischer Motivation. Einzeln sind sie allerdings nicht hinreichend:

„Nur wenn Gefühle der Kompetenz und Selbstwirksamkeit zusammen mit dem Erleben von Autonomie auftreten, haben sie Einfluss auf die intrinsische Motivation.“

(Ryan & Deci 1993, S. 8)

Unter **intrinsischer Motivation** versteht man Tätigkeiten, die ausgeführt werden (z.B. die Beschäftigung mit einem bestimmten Thema) ohne dass ein Impuls (Belohnung, Druck etc.) von außen kommt. Die Tätigkeit wird um ihrer selbst willen ausgeführt. Die Motivation der Person kommt quasi „von innen heraus“ (=intrinsisch).

Im Gegensatz dazu bedeutet **extrinsische Motivation**, dass ein Verhalten „von außen“ (=extrinsisch) motiviert ist, etwa durch die Aussicht auf eine Belohnung (gute Noten) oder durch das Verhindern Wollen einer Bestrafung (negative Bewertung).

Die drei Grundbedürfnisse der Selbstbestimmungstheorie der Motivation sind Grundlage der Untersuchung zur Motivationsveränderung durch das Praktikum. Zum einen finden sich diese drei Grundbedürfnisse im Fragebogen wieder. Zum anderen werden auch die Interviews unter diesen Gesichtspunkten ausgewertet.

Die beiden hier beschriebenen Theoriegebäude – einerseits die Kontextualisierung als fachdidaktische Methode, andererseits die Selbstbestimmungstheorie der Motivation – ergänzen einander. Man kann die positive Wirkung von Kontexten mit der Selbstbestimmungstheorie der Motivation zum Teil erklären bzw. plausibel machen:

Die **soziale Eingebundenheit** kann durch geeignete Kontexte insofern gesteigert werden, dass der Lernende in einer fremden Umgebung (Physik) etwas schon Bekanntes vorfindet. Sicher bedeutet dies nicht zwangsläufig ein Eingebundensein in einer Gruppe, bewirkt aber in vielen Fällen doch ein Zugehörigkeitsgefühl. Dies wird auch von Gilbert (2006) in seinen „vier Zielen kontextorientierten Unterrichts“ erwähnt. Das erste Ziel formuliert er folgendermaßen:

“Die Schülerinnen und Schüler müssen sich als Teil der Community of Practice fühlen.“

(Gilbert 2006, nach Nawrath 2010)

Es ist plausibel anzunehmen, dass das nicht nur für Schüler gilt, sondern auch auf Studierende in einem Hochschulpraktikum zutrifft.

Das **Kompetenzerleben** wird durch geeignet eingesetzte Kontexte insofern gesteigert, dass der Lernende schon von etwas Bekanntem ausgehen kann. Die Kompetenz, den Kontext auch im physikalischen Zusammenhang zu verstehen, ist damit zwar nicht gewährleistet, trotzdem ist zumindest ein Teil der im Praktikum angesprochenen Themen schon bekannt und erweckt ein Kompetenzgefühl, vorausgesetzt, die Kontexte sind entsprechend gut in die Unterlagen und die Gestaltung der Lehrveranstaltung eingebunden.

Nicht zu vernachlässigen in Bezug auf das Kompetenzerleben sind auf jeden Fall die Unterlagen zu Theorie und Versuchsdurchführung, die im beschriebenen Praktikum so ausgearbeitet wurden, dass

die Studierenden möglichst selbständig auch ohne experimentelle Vorerfahrungen arbeiten können und Erfolgserlebnisse haben.

Das dritte Grundbedürfnis nach **Autonomieerleben** kann wohl kaum nur aufgrund der Wahl eines Kontextes erreicht werden. Vielmehr ist es von der Struktur des Unterrichts und von der Interaktion mit den Betreuern abhängig, ob der Lernende sich selbst als autonom erlebt.

Die Förderung des Autonomieerlebens würde daher auf einer tiefergehenden Umstrukturierung basieren. Eine solche Umstrukturierung wäre in einem Grundpraktikum allerdings kritisch, da es den Studierenden noch an Vorwissen und Kompetenzen mangelt, um wirklich autonome Entscheidungen treffen zu können. Eine Annäherung an autonomes Arbeiten kann in diesem Fall durch detaillierte Unterlagen erreicht werden, die den Studierenden selbständiges Arbeiten ermöglichen.

3.3. Erstellung der Kapitel „meteorologischer Bezug“

Eine Vorgabe an die didaktische Strukturierung (siehe Abschnitt 2.3.3.) ist es, die meteorologischen Kontexte in den Unterlagen deutlich herauszustellen, um die Motivation der Studierenden zu steigern bzw. die physikalischen Inhalte zu rechtfertigen. Wie von einigen Studierenden im WS09 vorgeschlagen, wird dies in Form eines einleitenden Kapitels „meteorologischer Bezug“ gestaltet. Die Kapitel sind jeweils ungefähr eine Seite lang und werden an den Beginn der Unterlagen gestellt. Meist verweisen die restlichen Unterlagen kaum auf diese Kapitel. Sie sind daher so gestaltet, dass sie auch für sich allein stehen könnten.

Ziel der Kapitel „meteorologischer Bezug“ ist es, ein meteorologisches Thema, für dessen Verständnis die physikalische Theorie des jeweiligen Praktikumsbeispiels notwendig ist, näher zu beschreiben. Die meteorologischen Themen werden dabei den Ergebnissen aus der fachlichen Klärung entnommen und genauer recherchiert. Die Erstellung eines solchen Kapitels sei hier exemplarisch am meteorologischen Bezug zur Solarzelle beschrieben.

In der Klärung der Lernendenperspektive geht aus den Interviews klar hervor, dass sich die Studierenden nicht vorstellen können, wofür Solarzellen in der Meteorologie gebraucht werden. Der von Manfred Dorninger genannte Einsatz als autarke Energieversorgung bei Messstationen fällt den Studierenden bei der Frage nach dem meteorologischen Bezug des Beispiels nicht ein. Hingegen halten einzelne Studierende die Solarzelle fälschlicherweise für geeignet, um die Sonnenscheindauer oder den Bedeckungsgrad zu messen.

Dieses doch relativ große Unverständnis der Studierenden in Bezug auf einen meteorologischen Kontext von Solarzelle und Akku, wird in der Entwicklungsarbeit als Grund dafür angesehen, auf dieses Thema in der Erarbeitung besonderen Wert zu legen und sehr detailliert zu recherchieren. Da allerdings kaum Unterlagen auffindbar sind, die den Betrieb einer meteorologischen Messstation mit Solarzellen beschreiben, muss hier auf das Erfahrungswissen von Manfred Dorninger zurückgegriffen werden. Eine Besichtigung der neu aufgebauten, solarbetriebenen Messstation mit Gerätelift am Trafel wird organisiert. Dabei ist von Vorteil, dass Manfred Dorninger mit zwei HTL-Schülern, die bei der Entwicklung der Station mitgearbeitet haben zum Standort fährt, um Reparaturen zu erledigen. Es ergibt sich also die Gelegenheit, einen Nachmittag lang die Arbeit an einer mit Solarzellen und Akku betriebenen Messstation genau zu verfolgen und detaillierte Informationen zu erhalten. Fotos der Messstation können im Anschluss in das Kapitel „meteorologischer Bezug“ eingebunden werden. Außerdem werden die technischen Daten der Messstation genauer beschrieben und Schwierigkeiten,

die sich bei der Verwendung von Solarpanelen und Akkus im Feld (niedere Temperaturen, Vereisung, Schnee usw.) ergeben, erwähnt.

Um einen Vergleich zwischen verschiedenen Messstationen zu zeigen, wird auch noch eine Station in Sterzing beschrieben. Die technischen Daten dazu werden beim hydrographischen Amt in Bozen erfragt.

Der Vergleich zwischen den Messstationen ist interessant, da ein großer Unterschied in der eingesetzten Fläche der Solarpanele besteht. Damit soll den Studierenden klar gemacht werden, dass je nach Standort und verwendeten Geräten (am Trafel muss ein Motor für den Gerätelift betrieben werden) andere Vorgaben an die Stromversorgung bestehen.

Die Kapitel zum „meteorologischen Bezug“ sind im Anhang „Grundpraktikum I für Meteorologie“ zu finden. Die gesamten Unterlagen finden sich auf der eLearning-Plattform des Anfängerpraktikums: <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/mw/mw.php> (Stand: 02.11.2011)

4. Evaluation des neuen Praktikums

Im Anschluss an jede didaktische Entwicklungsarbeit muss eine Evaluation folgen, die darüber Aufschluss gibt, ob und in welcher Form sich die Veränderungen auf verschiedene Faktoren auswirken. Nur durch diese Evaluation kann iterativ eine Weiterentwicklung des Praktikums erfolgen.

4.1. Evaluationsstrategie

In der Evaluation der beschriebenen Entwicklungsarbeit werden die Auswirkungen auf Inputvariablen des Lernprozesses – insbesondere die Motivation - und Leistung der Studierenden analysiert. Die Evaluationsstrategie stützt sich auf die Triangulation nach Flick (vgl. Flick 2004) von qualitativen und quantitativen Methoden. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten wurden zwei verschiedene Zugänge gewählt, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingesetzt wurden (vgl. Abb. 2).

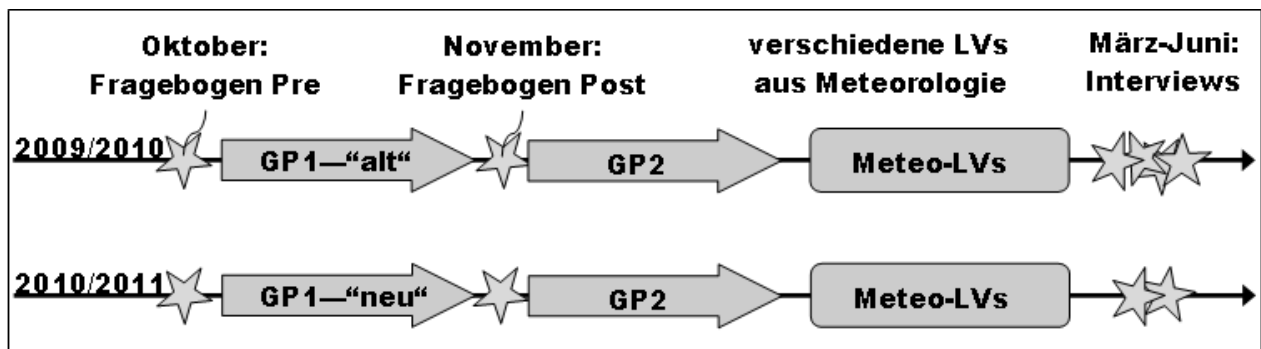


Abbildung 2: Zeitlicher Ablauf der qualitativen und quantitativen Evaluationsmethoden

Sowohl im „alten“, als auch im „neuen“ Praktikum wurden eine Fragebogenerhebung im Pre/Post-Design und Interviews mit Studierenden eingesetzt. Die Fragebogenerhebung, als quantitativer Zugang zur Evaluation, wurde dabei jeweils direkt vor und nach dem Grundpraktikum 1 durchgeführt. Ergänzt wurde diese quantitative Methode durch die qualitative Methode der Interviewführung. Jeweils im Sommersemester – also mindestens vier Monate nach Beendigung des Grundpraktikums 1 – wurden Teilnehmerinnen des Praktikums befragt. Ergänzend zu diesen beiden Methoden wurden die Betreuer des Grundpraktikums 1 um eine kurze schriftliche Rückmeldung gebeten. Die Methoden werden in den folgenden Abschnitten genauer beschrieben.

4.1.1. Fragebogen im Pre/Post-Design

Um zu überprüfen, ob ein Treatment – also im vorliegenden Fall das neu gestaltete Praktikum – eine Wirkung erzielt, benötigt man ein aussagekräftiges statistisches Messinstrument. Zu diesem Zweck wurde ein Fragebogen im Pre/Post-Design eingesetzt. Derselbe (bzw. jeweils leicht modifizierte) Fragebogen wird einmal vor Beginn des Praktikums (Pretest) und einmal nach der letzten Praktikumseinheit (Posttest) von den Teilnehmerinnen ausgefüllt.

Die Fragebögen können anhand eines anonymen Codenamens einander zugeordnet werden.

Die Fragen des Pretests beziehen sich dabei auf die bisher besuchten Physik-Lehrveranstaltungen, also in der Regel ausschließlich auf Vorlesungen und Übungen. Die Fragen des Posttests beziehen sich hingegen auf das Praktikum selbst. In der Auswertung ist daher bei manchen Fragen zu beachten, dass sie unterschiedlich interpretiert werden können, je nachdem, ob man sie auf ein Praktikum oder auf eine Vorlesung bezieht.

Die Tests wurden im Wintersemester 2009/10 von der „Kontrollgruppe“ – jene Gruppe, die das alte Praktikum absolviert hat – und im Wintersemester 2010/11 von der „Testgruppe“ – die Gruppe, die das neue Praktikum absolviert hat – ausgefüllt.

4.1.2. Interviews

Da aufgrund der allgemein eher geringen Anzahl von Meteorologiestudentinnen zu vermuten war, dass die Gruppen eher zu klein für stichhaltige statistische Auswertungen mit parametrischen Tests sein würden, wurden zusätzlich Interviews mit Praktikumssteilnehmerinnen geführt. Die so gesammelten Informationen sind einerseits, wie schon in Abschnitt 3.2.2. beschrieben, ein wichtiger Input zur Klärung der Lernendenperspektive. Zum anderen ergänzen die Interviews aber auch die Fragebogenerhebung.

Da für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit vor allem der Aspekt der Kontextualisierung wichtig ist, der im Fragebogen allerdings nur in einem Item abgefragt wird, können die Fragen im Interview konkreter auf diesen Punkt bezogen werden. Zudem kann ein offenes Interview unter Umständen neue Aspekte eines Themas aufwerfen, die in einer Fragebogenerhebung nicht berücksichtigt werden. Ein Fragebogen kann nur etwas abfragen, zu dem es vorher schon Theorien und Überlegungen gibt. Bei der Führung eines Interviews kann situativ auf unbekannte Aspekte reagiert werden.

4.2. Evaluationsmethoden

4.2.1. Entwicklung des Fragebogens

Gesucht wird ein Messinstrument, das in der Lage ist, den Faktor „Motivation“ zuverlässig (reliabel) zu messen. Da es aus Zeitgründen nicht möglich ist, ein Messinstrument nach allen Regeln der Messtheorie selbst zu entwickeln (Vorstudie mit Faktorenanalyse, Reliabilitätsanalyse, Validitätsanalyse usw.), besteht die Notwendigkeit, ein schon getestetes Instrument zu verwenden. Daher wurden Skalen zur Motivation, zum kognitiven Engagement und zu Lernstrategien aus einer Studie von Berger und Hänze (2004) übernommen. Berger und Hänze entwickelten diese Fragen für Schülerinnen der 12. Schulstufe in einem mehrstufigen Verfahren mit Vorstudien und anschließender Reliabilitätsanalyse⁷. Die Reliabilitäten der drei genannten Skalen liegen bei Berger und Hänze mindestens bei Cronbachs $\alpha = 60$ (Berger & Hänze 2004).

Der Itemblock, der im weiteren Sinne die Motivation betrifft, besteht aus den beiden Skalen „grundlegende Bedürfnisse“ (6 Items) und „intrinsische Motivation“ (2 Items).

⁷ Ein reliabler Fragebogen garantiert dafür, dass Messungen am gleichen Objekt (= einer vergleichbaren Gruppe) reproduzierbar sind.

Grundlegende Bedürfnisse

Die Skala „grundlegende Bedürfnisse“ umfasst drei Faktoren, die auf der oben beschriebenen „Selbstbestimmungstheorie der Motivation“ basieren. Laut Ryan und Deci (1993) sind sie Voraussetzung für intrinsische Motivation. Um Fehler möglichst auszuschließen und den Fragebogen valide zu halten, betreffen jeweils zwei Items den gleichen Faktor. Die Skala zu den grundlegenden Bedürfnissen beinhaltet folgende Fragen:

Soziale Eingebundenheit

SE1: Ich empfand die Stimmung als sehr angenehm.

SE2: Ich hatte das Gefühl dazuzugehören.

Kompetenzerleben

KE1: Ich habe gemerkt, dass ich die Dinge verstanden habe.

KE2: Ich fühlte mich den Anforderungen gewachsen.

Autonomieerleben

AE1: Ich hatte die Möglichkeit, neue Bereiche eigenständig zu erkunden.

AE2: Ich hatte das Gefühl, Entscheidungsspielräume zu haben.

Wie schon oben beschrieben, sind diese drei Faktoren notwendig für die Entstehung von intrinsischer Motivation bzw. selbstbestimmtem Lernen. Da sie allerdings nicht hinreichend sind, wird im beschriebenen Fragenblock auch noch direkt – wieder in zwei Items – nach der intrinsischen Motivation gefragt:

Intrinsische Motivation

IM1: Das Arbeiten machte mir richtig Spaß.

IM2: Ich war in den Lehrveranstaltungen wissbegierig.⁸

Die Lernleistung bzw. die Lernqualität hängt nicht nur von der Motivation, sondern auch vom kognitiven Engagement und den verwendeten Lernstrategien ab. Diese Faktoren werden in den Fragen 9 und 10 (kognitives Engagement) und 11-14 (Lernstrategie) ermittelt. Sie stammen ebenfalls aus dem von Berger und Hänze entwickelten Messinstrument und sind reliabel.

Kognitives Engagement:

ENG1: Ich fühlte mich konzentriert.

ENG2: Ich fühlte mich engagiert.

Lernstrategien:

Die vier Items zu „Lernstrategien“ können aufgeteilt werden in ein Item „Wiederholung“, das auf eine oberflächenorientierte Lernstrategie hindeutet und drei Items „Organisation“, „Elaboration“ und „kritisches Prüfen“, die zur Variable „Tiefenstrategien“ zusammengefasst werden (vgl. Berger und Hänze 2004).

⁸ Die Frage lautet im Original nur „Ich war wissbegierig.“ Der Think-Aloud-Test ergab hier ein Verständnisproblem.

Wiederholung:

LStrat_WH: Ich habe mir so viele Fakten wie möglich eingeprägt.

Tiefenstrategien:

LStrat_ORG: Ich habe versucht, wichtige von unwichtigen Dingen zu unterscheiden.

LStrat_ELA: Ich habe versucht, den Stoff mit dem zu verbinden, was ich schon wusste.

LStrat_KP: Ich habe die neuen Inhalte kritisch geprüft.

Die Fragen 15 bis 25 stammen von Nagel (2009) und betreffen die Anstrengungsbereitschaft (15-17), den Nutzungstyp (18-21) und den Lerntyp. Diese Fragen wurden 2009 im Anfängerpraktikum für Physik eingesetzt und stellen in erster Linie eine Nachfolgeuntersuchung zur Dissertation „eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum“ (Nagel, 2009) dar.

Anstrengungsbereitschaft:

ANSTR1: Wenn ich lerne, arbeite ich so fleißig wie möglich.

ANSTR2: Wenn ich lerne, arbeite ich auch dann weiter, wenn der Stoff schwierig ist.

ANSTR3: Wenn ich lerne, versuche ich mein Bestes zu geben, um mir das Wissen und die Fertigkeiten anzueignen.

Nutzungstyp:

NUTZ1: Ich nutze stets alle angebotenen Lernunterlagen zur Vor- oder Nachbereitung.

NUTZ2: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, studiere ich (falls angeboten) den Anleitungstext immer vollständig.

NUTZ3: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, bearbeite ich alle angebotenen Web-Ressourcen gewissenhaft.

NUTZ4: Ich nutze von den angebotenen Lernunterlagen zur Vor- oder Nachbereitung nur, was schnell und einfach zu bearbeiten/studieren ist.

Lerntyp:

LTyp1: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, achte ich darauf, alle Lernziele zu erreichen.

LTyp2: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, investiere ich möglichst wenig Zeit und Arbeit.

LTyp3: Während einer Lehrveranstaltung will ich mitdenken und Inhalte verstehen.

LTyp4: Während einer Lehrveranstaltung will ich Aufgaben schnell erledigen, egal ob ich die Inhalte dabei verstanden habe.

Die Skala zum Lerntyp ermöglicht eine Klassifizierung in zwei mögliche Lerntypen (vgl. Nagel 2004, S 158). In der vorliegenden Arbeit werden diese drei Skalen zwar mit ausgewertet, aber nicht näher darauf eingegangen, da ihre Auswirkungen auf die Inputvariablen des Lernprozesses noch nicht hinreichend untersucht wurden.

Abschließend wurde noch eine selbst formulierte Frage angehängt, die nach der empfundenen Relevanz der Praktikumsinhalte fragt. Diese Frage soll Aufschluss über die Wirkung der eingebundenen Kontexte in den Unterlagen geben:

Relevanz

REL1: Ich habe den Eindruck, dass die behandelten Inhalte für mein Studium relevant sind.

Die Fragen werden auf einer fünfstufigen Skala von trifft völlig zu (=1) bis trifft gar nicht zu (=5) beantwortet und in SPSS entsprechend codiert. Die Fragen NUTZ4, LTyp2 und LTyp4 sind im Vergleich zu den restlichen Fragen negativ formuliert. Die Skalen dieser Fragen müssen für die Auswertung daher erst umcodiert (invertiert) werden.

Anschließend an diese 22 Fragen, die Motivation und Lernverhalten betreffen gibt es vier offene und vier geschlossene Fragen, die den physikalischen Wissensstand und die naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweise erheben. Diese Fragen wurden von Nagel (2004) aus einer TIMSS-Studie (TIMSS 1995) und einer Studie von Kauertz (2008) übernommen und schon einmal in einem Anfängerpraktikum für Physik eingesetzt. Die Fragen beschränken sich auf jene Themengebiete, die im Praktikum behandelt werden (vgl. Nagel 2004, S 166). Wie in der TIMSS-Studie vorgegeben, werden die Fragen nach den Kriterien „richtig“ (= 0 Punkte) oder „falsch“ (= 1 Punkt) codiert. In der statistischen Auswertung wird ein Summenscore über alle acht Fragen gebildet, so dass sich letztendlich eine achtsufige Skala ergibt.

Diese Fragen sind vor allem dann relevant, wenn es darum geht, die Kontroll- und Testgruppe zu vergleichen. Um fundierte statistische Aussagen über eventuelle Veränderungen der Motivation zu machen, müssen beide Gruppen vom gleichen Niveau starten. Andernfalls können Einflüsse des unterschiedlichen kognitiven Niveaus auf die Entwicklung von Motivation nicht ausgeschlossen werden.

Der Post-Fragebogen enthält zusätzlich zu den schon beschriebenen Fragen drei Items zu den Unterlagen bzw. zum Praktikum allgemein. Im Fragebogen Pre kommen diese Fragen nicht vor, da sie bezogen auf Vorlesungen und Übungen keinen Sinn ergeben.

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

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

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

4.2.1.1. Qualitätssicherung des Fragebogens

Der gesamte Fragebogen wurde einem Think-Aloud-Test unterzogen. Dafür stellte sich freundlicherweise eine fortgeschrittene Meteorologie-Studentin zur Verfügung, die den Fragebogen unter Beobachtung ausfüllte, und zu jeder Frage ihre Gedanken laut äußerte. Durch dieses Verfahren konnten bei eventuellen Verständnisproblemen noch einzelne Formulierungen verändert bzw. an die universitären Gegebenheiten angepasst werden. Wie oben erwähnt, ist der erste Teil des Fragebogens für Schülerinnen der zwölften Schulstufe ausgelegt. Durch den Think-Aloud-Test ist

gewährleistet, dass die Fragen mit meist gleicher Formulierung auch auf Universitätsniveau übertragen werden können.

Zur Überprüfung der Reliabilität des gesamten Fragebogens kann auf die Diplomarbeiten von Hofmann und Bauer (2011) verwiesen werden. Sie setzten den beschriebenen Fragebogen zeitgleich in einem ähnlichen Praktikum für Studierende der Ernährungswissenschaften ein (N=159). Es ergab sich auch im universitären Umfeld für die von Berger und Hänze übernommenen, sowie für die übrigen Fragen eine hohe Reliabilität. ($\alpha = 0,836$ für Items von Berger und Hänze. Anstrengungsbereitschaft: $\alpha = 0,758$, Nutzungstyp: $\alpha = 0,729$ und Lerntyp: $\alpha = 0,573$ (Hoffmann 2010).

4.2.1.2. Theorie zur Auswertung des Fragebogens

Die Fragebögen wurden im Statistik-Programm SPSS codiert und ausgewertet.

Der Einsatz der Evaluationsstrategie im Pre/Post-Design soll auf statistischer Ebene Aufschluss über mögliche Veränderungen vom alten auf das neue Praktikum geben. Ob das Antwortverhalten von Test- und Kontrollgruppe gleich oder unterschiedlich ist, wird mit SPSS mittels T-Test für ungepaarte Stichproben getestet. Dabei werden die Mittelwerte der beiden Gruppen verglichen und überprüft, ob sie sich im Vergleich zur Standardabweichung sehr nahe kommen, oder nicht.

Zur Durchführung eines statistischen Tests werden zwei Hypothesen formuliert:

H0-Hypothese: Die beiden Gruppen sind gleich. Unterschiede in den Mittelwerten wären auf statistische Schwankungen zurückzuführen, die sich aufgrund der Normalverteilung und der damit verbundenen Schwankungen in der Grundgesamtheit ergeben.

H1-Hypothese: Die Gruppen unterscheiden sich. Unterschiede der Mittelwerte können mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auf statistische Schwankungen einer Grundgesamtheit zurückgeführt werden, sondern ergeben sich aus den tatsächlichen Unterschieden der beiden Gruppen.

Liegt das Signifikanzniveau, das sich aus dem T-Test ergibt unter 0,05, darf die H0-Hypothese verworfen werden und die Gruppen wären signifikant unterschiedlich. Bei Signifikanzniveaus von über 0,05 muss die H0-Hypothese beibehalten werden. Die Gruppen stammen dann mit großer Wahrscheinlichkeit aus der gleichen Grundgesamtheit und werden als gleich angesehen.

Der Test wird für alle Items einzeln, aber auch für die Summenscores der einzelnen Skalen durchgeführt.

4.2.2. Methode der Interviews

Die Interviews werden leitfadengestützt und nicht standardisiert geführt (vgl. Gläser & Laudel 2006, S.36 ff). Zeitlich finden sie für beide Praktikumsgruppen jeweils ca. 4 Monate nach Beendigung des Praktikums – also im darauffolgenden Semester – statt. Zum Zeitpunkt der Interviews haben die Studierenden schon das Grundpraktikum 2 hinter sich und besuchen gerade weiterführende Lehrveranstaltungen aus Meteorologie. Interessant ist daher einerseits, welche Erinnerungen an das

Grundpraktikum 1 hängen geblieben sind, andererseits aber auch, ob das Praktikum in Hinblick auf weiterführende Lehrveranstaltungen hilfreich ist.

Leitfragen für das Interview zum Grundpraktikum 1 für Meteorologie

- An was aus dem Praktikum kannst du dich noch gut erinnern?
(Was fällt dir spontan ein?)
 - Gibt es auch negative (positive) Erinnerungen?
 - An welches konkrete Experiment kannst du dich noch gut erinnern? (Inhalte?)
 - Warum? An was genau erinnerst du dich? Was genau war daran positiv/negativ?
 - Was hast du gelernt?
- Zu Beginn des Praktikums hattest du ja schon einige Semester Meteorologie hinter dir. Welche Experimente kamen dir während des Praktikums für dein Studium sinnvoll und hilfreich vor?
 - Gab es Experimente, die Inhalte aus Vorlesungen ergänzt haben?
 - Konntest du dir bei manchen Experimenten vorstellen, dass du das irgendwann noch brauchst?
- Gibt es Experimente, die sich im weiteren Verlauf des Studiums für dich als hilfreich herausgestellt haben?
 - Gab es Experimente, die für das Grundpraktikum2 hilfreich waren?
 - Konntest du später neue Verknüpfungen herstellen?
 - Hast du dir in anderen LVs einmal gedacht: „Ah, das kenne ich schon aus dem GP1?“
- Gab es im Praktikum Experimente, die dir total sinnlos erschienen?
 - Warum waren sie total sinnlos?
 - Siehst du das auch jetzt noch so?
- Gab es Experimente, die für dein Studium zwar nicht relevant sind, die dich aber trotzdem interessiert haben?
 - Warum haben sie dich interessiert?
 - (Warum findest du sie für dein Studium nicht relevant?)
- Wie haben die Unterlagen zum Praktikum auf dich gewirkt?
 - Waren sie verständlich? War das Niveau angebracht?
- Die Arbeitsunterlagen im Grundpraktikum 1 sind ziemlich „rezeptartig“ aufgebaut. Wie ist es dir damit ergangen, dass alle Anweisungen so genau beschrieben waren?
 - Hattest du das Gefühl, dadurch gut vorbereitet zu sein?
 - Glaubst du, dass dir durch die genauen Anweisungen weniger Fehler passiert sind?
 - Hast du dich in deiner Arbeitsweise eingeschränkt gefühlt?

- Der zweite Teil des Grundpraktikums findet auf der Meteorologie statt. Ich habe gesehen, dass dort die Unterlagen nicht so rezeptartig aufgebaut sind und dass von euch viel eigenständige Planung verlangt wird.

Wie ist es dir beim Umstieg vom Grundpraktikum1 auf das Grundpraktikum2 ergangen?

- Hast du dich überfordert gefühlt?
- Wärest du gerne besser vorbereitet gewesen?
- Hast du dich in deiner Arbeitsweise freier gefühlt?

Anschließend wurden den Studierenden die Titel der Praktikumsbeispiele gezeigt. Sie sollten zu jedem Beispiel konkret erklären, warum sie – ihrer Meinung nach – dieses Beispiel in einem Meteorologiestudium machen müssen, also ob und welchen Sinn sie dahinter sehen bzw. ob sie die Relevanz für ihr Studium erkennen können.

Ein großer Teil der Leitfragen beschäftigt sich damit, bei welchen Praktikumsbeispielen die Studierenden einen Sinn für ihr Studium sehen bzw. ob sie sie als relevant und hilfreich für ihr Studium einschätzen. Die Begriffe „sinnvoll“ und „sinnlos“ werden in den Leitfragen bewusst etwas überzeichnet benutzt, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, über ihr eigenes Empfinden während des Praktikums zu berichten, ohne sich von fachlichen Konventionen eingeschränkt zu fühlen.

Da nach dem Grundpraktikum 1 weitere Lehrveranstaltungen aus Meteorologie auf dem Studienplan stehen, teilt sich die Frage nach dem empfundenen Sinn der Praktikumsbeispiele in zwei Teile auf: Einerseits wird gefragt, ob der Sinn oder die Relevanz für das Meteorologiestudium schon während des Praktikums gesehen wurde. Andererseits wird gefragt, ob sich die Relevanz oder der Bezug zur Meteorologie im weiteren Verlauf des Studiums, also beim Besuch anderer Lehrveranstaltungen gezeigt hat.

Befragt wurden 4 Studierende, die das Grundpraktikum 1 im WS09 besucht hatten (Die Interviews werden nach dem Jahr der Interviewführung mit „Interview 2010“ betitelt.) und 2 Studierende, die das Grundpraktikum 1 im WS10 besucht hatten.

Da für die Kontaktaufnahme nur die Unet-Adressen zur Verfügung standen, konnten für das WS10 keine weiteren Studierenden gefunden werden, die sich zu einem Interview bereit erklärten.

Die Interviews wurden auf einen digitalen Tonträger aufgenommen und transkribiert. Dabei wurden nichtverbale Äußerungen (Lautäußerungen, kurze Pausen, Lachen etc.) nicht in das Transkript mit aufgenommen, sofern sie die Aussage in ihrer Bedeutung nicht verändern (vgl. Gläser & Laudel 2006, S. 188). Die Interviews wurden nach der Transkription anonymisiert. Der Codenamen setzt sich aus einer Ziffer und einem Buchstaben (A für WS09, B für WS10) zusammen.

Im Interview mit Studentin 3A aus der Kontrollgruppe wurden auf Wunsch der befragten Person einzelne auf die Identität hinweisende Textstellen gelöscht.

Nach der Transkription und Anonymisierung der Interviews wurde interpretativ, reduktiv eine Inhaltsanalyse vorgenommen. Aufgrund dieser Analyse wurden deduktiv Kategorien definiert und entsprechende Textstellen codiert. Diese Textstellen wurden im Anschluss ein weiteres Mal auf manifeste und latente Inhalte analysiert.

4.3. Ergebnisse der Evaluation

4.3.1. Messergebnisse der Fragebögen

Für die gesamte statistische Auswertung ist zu berücksichtigen, dass die Stichproben in beiden Praktikumsgruppen sehr klein sind. Die Kontrollgruppe umfasst 24 vollständig ausgefüllte Fragebögen, die Testgruppe sogar nur 11. Im Falle der Testgruppe ist die Stichprobe nach testtheoretischen Standards mit Sicherheit zu klein, um wirklich aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Die statistische Auswertung kann daher allenfalls eine Richtlinie sein bzw. Hinweise auf bestimmte Entwicklungen liefern. Die dadurch aufgeworfenen Hypothesen müssen auf jeden Fall anhand der Interviews überprüft und gegebenenfalls revidiert werden.

4.3.1.1. Zusammensetzung der Praktikumsgruppen

In den Fragebögen wurde standardmäßig nach Alter, Geschlecht und Studiensemester gefragt. Die Verteilung der Geschlechter ist in beiden Praktikumsgruppen nahezu gleich (Abb.3). (WS09: 54% Männer, 46% Frauen; WS10: 58% Männer, 42% Frauen) Die Praktikumsgruppen haben damit jeweils einen leicht höheren Frauenanteil, als den offiziell für Meteorologie angegebenen von 40,93%⁹. Ein T-Test ergibt keinen signifikanten Unterschied in der Geschlechtszusammensetzung der Praktikumsgruppen.

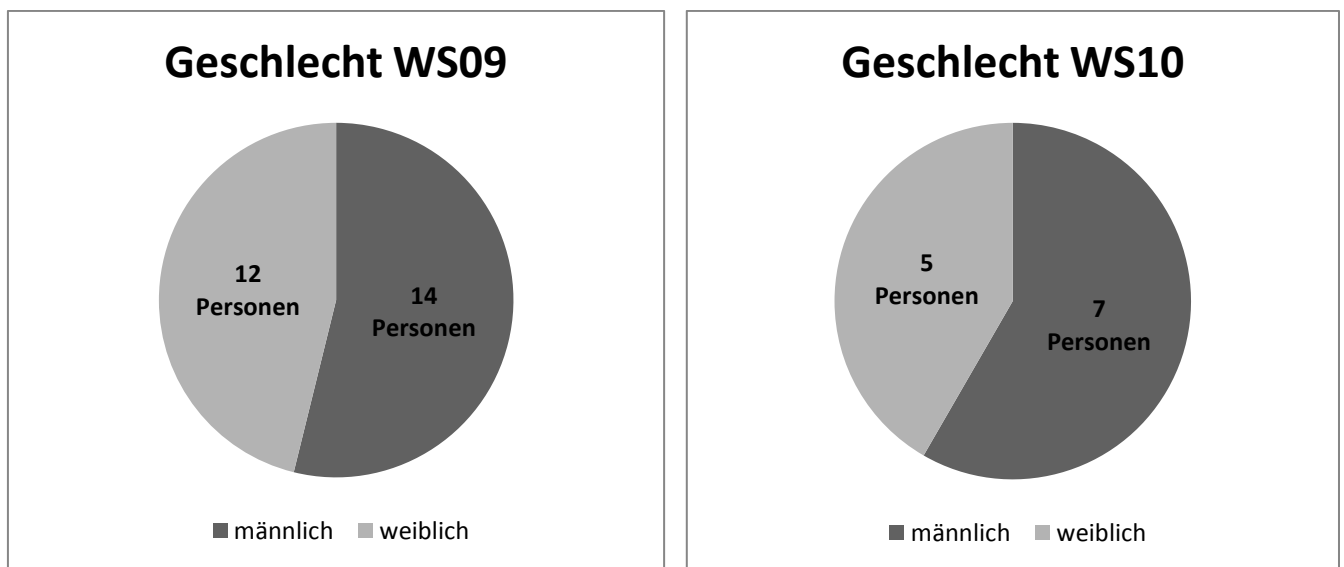


Abbildung 3: Geschlechterverteilung im Praktikum für WS09 und WS10

⁹ <http://www.wegweiser.ac.at/univie/studieren/geoastro/A414.html?klapp=12>

Die Altersverteilung zeigt, dass die Studierenden im WS09 im Schnitt älter sind, als jene im WS10. Wie aus dem Diagramm (Abb. 4) ersichtlich, gibt es im WS09 weniger junge und mehr ältere Studierende. Der Median liegt für das WS09 bei 22 Jahren, für das WS10 bei 21 Jahren.

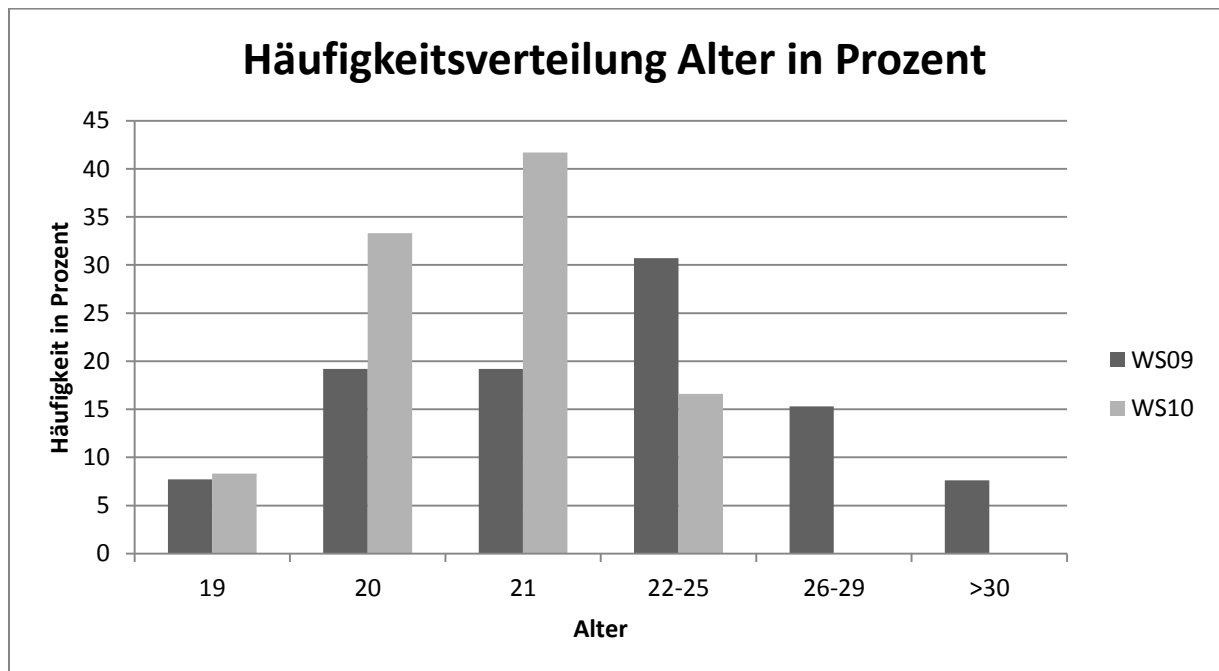


Abbildung 4: Alter der Studierenden zum Zeitpunkt der Befragung für WS09 und WS10 (Achtung: Die horizontale Achse besteht aus Darstellungsgründen aus zwei unterschiedlichen Intervalllängen!)

Auch die Studiensemester zeigen eine leichte Verschiebung nach rechts (Abb. 5). Der Median liegt für das WS09 bei 5 Semestern, für das WS10 bei 3 Semestern.

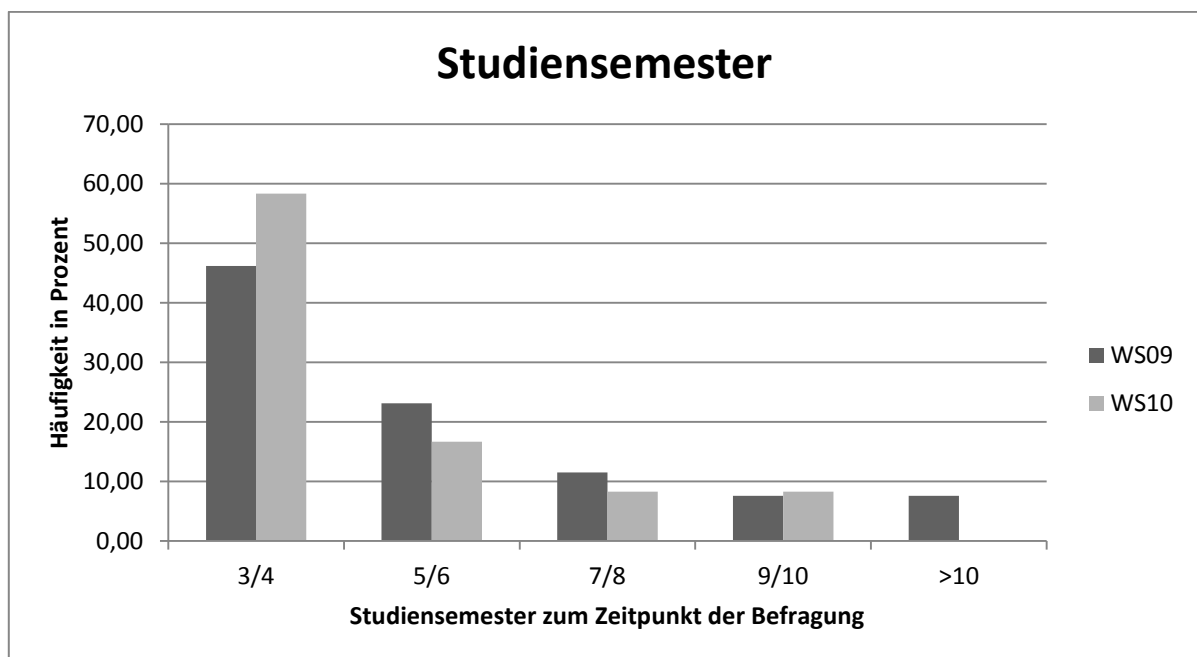


Abbildung 5: Studiensemester im Meteorologiestudium zum Zeitpunkt der Befragung

Diese Unterschiede können daran liegen, dass im WS09 das Grundpraktikum 1 zum ersten Mal stattfand. Dies könnte für jene Studierende, die bis dato das Grundpraktikum hinausgezögert hatten ein Grund gewesen sein, es in diesem Jahr zu machen.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht groß und die Mittelwerte streuen sehr. Wie der T-Test zeigt, sind die Unterschiede im Alter und Studiensemester auch nicht signifikant. Dennoch kann man sich für die weitere Auswertung die Überlegung vor Augen halten, dass Studierende höherer Semester eventuell eine andere Einstellung zum Praktikum haben könnten, als Studienanfänger. Studierende höherer Semester haben einen breiteren Überblick über ihr Studium und können dadurch besser einschätzen, wo sie welche Inhalte brauchen können. Außerdem haben sie mehr Anhaltspunkte, um das im Praktikum Gelernte sinnvoll mit ihrem Studium zu verknüpfen, was sich, wie schon beschrieben, auf Motivation und Lernleistung auswirkt.

4.3.1.2. Vergleich Pre09 – Pre10

Zur statistischen Auswertung der Fragebögen müssen zunächst die Ausgangssituationen der beiden Praktikumsgruppen verglichen werden. Es muss sichergestellt werden, dass die beiden zu messenden Objekte – also Kontrollgruppe und Testgruppe – ursprünglich, vor dem Treatment, „gleich“ sind. In der Testtheorie spricht man von gleichen Gruppen in Bezug auf einen bestimmten Faktor, wenn sich die Mittelwerte der Messgrößen nicht signifikant unterscheiden.

Einen ersten Überblick über die Messgrößen gibt folgendes Diagramm (Abb. 6).

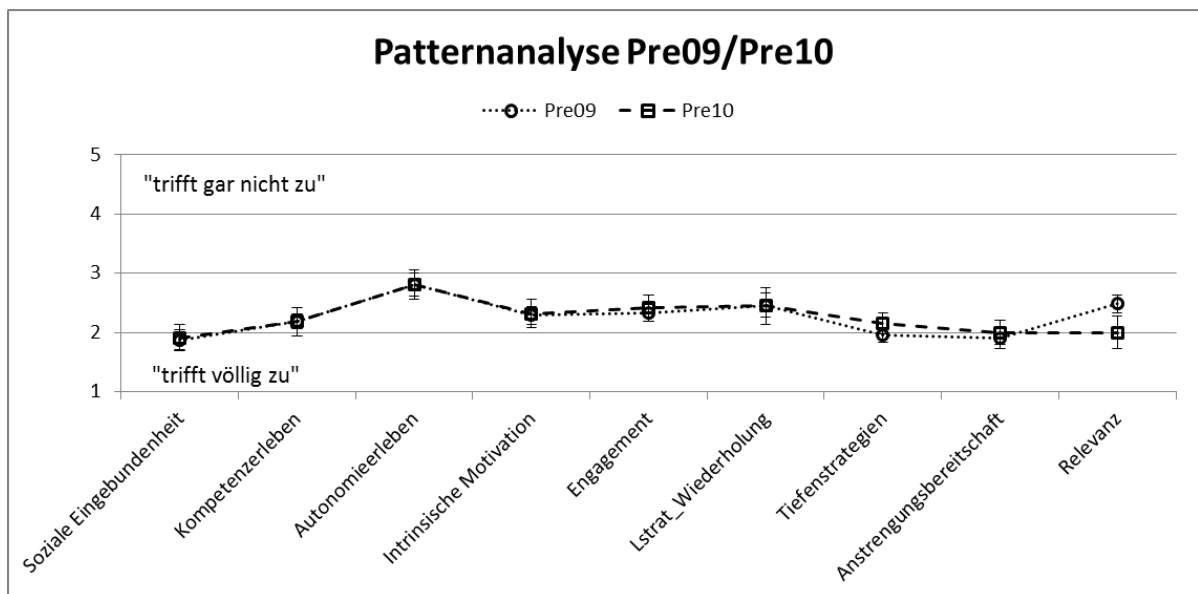


Abbildung 6: Vergleich der Antworten vor dem Praktikum im WS09 und WS10. Skala von 1 (=trifft völlig zu) bis 5 (=trifft gar nicht zu)

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass sich die Ergebnisse vor allem im Bereich der Faktoren zur Motivation (Soziale Eingebundenheit, Kompetenzerleben, Autonomieerleben und intrinsische Motivation) zwischen WS09 und WS10 kaum unterscheiden. Auch der T-Test (Tabelle 1) ergibt, dass Kontroll- und Testgruppe vor dem Praktikum in allen abgefragten Punkten als gleich angesehen werden können.

	Jahr	N	Mittelwert	Standardfehler	Signifikanzniveau
Soziale Eingebundenheit	WS09	24	3,75	0,33	0,90
	WS10	11	3,81	0,44	
Kompetenz-erleben	WS09	24	4,37	0,23	0,98
	WS10	11	4,36	0,47	
Autonomie-erleben	WS09	24	5,62	0,38	0,97
	WS10	10	5,6	0,33	
Grundbedürfnisse	WS09	24	13,75	0,78	0,97
	WS10	10	13,7	1,02	
Intrinsische Motivation	WS09	24	4,58	0,30	0,92
	WS10	11	4,63	0,47	
Engagement	WS09	24	4,66	0,28	0,77
	WS10	11	4,81	0,44	
Anstrengungs-bereitschaft	WS09	24	5,70	0,30	0,75
	WS10	11	6	0,50	
L_Strat Wiederholung	WS09	24	2,46	0,20	0,99
	WS10	11	2,45	0,31	
Tiefenstrategien	WS09	24	5,87	0,37	0,37
	WS10	11	6,45	0,51	
Relevanz	WS09	23	2,47	0,15	0,10
	WS10	11	2	0,26	
Leistung	WS09	24	2,95	0,30	0,07
	WS10	11	4	0,50	

Tabelle 1: Mittelwerte, Standardfehler und Signifikanzniveaus der Messwerte vor dem Praktikum (Pre)

Die Signifikanzniveaus sind sowohl für die einzelnen Items (hier nicht aufgelistet), als auch für die zusammengefassten Skalen größer als 0,05. Man kann also von zwei vergleichbaren Gruppen ausgehen.

4.3.1.3. Vergleich Post09-Post10

Zur Feststellung einer möglichen Auswirkung des Treatments auf die einzelnen abgefragten Faktoren werden nun die Posttests verglichen. Einen Überblick gibt Abb. 7.

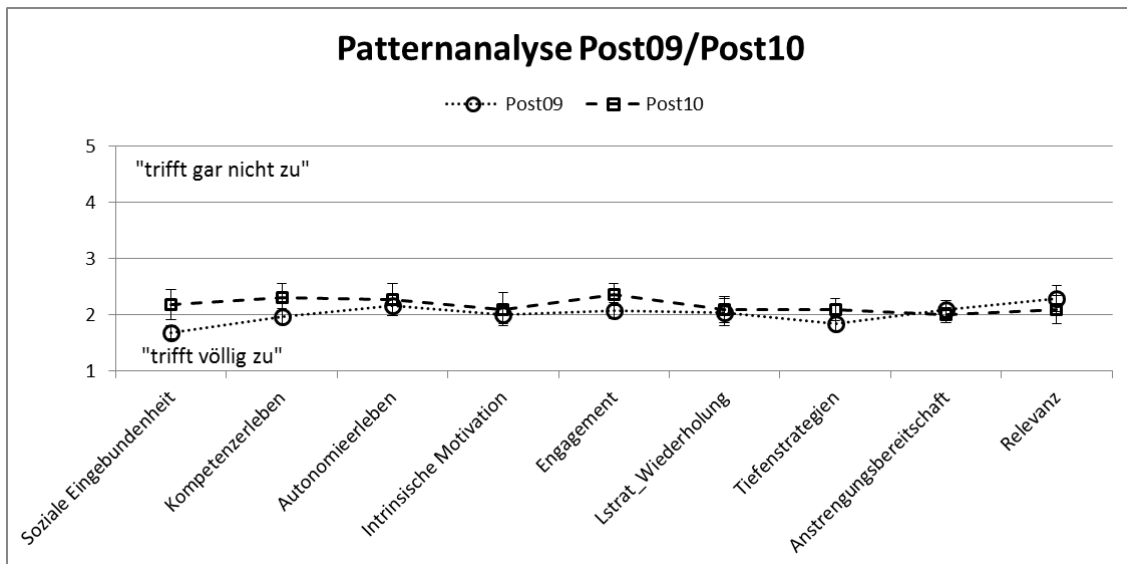


Abbildung 7: Vergleich der Antworten nach dem Praktikum im WS09 und WS10. Skala von 1 (=trifft völlig zu) bis 5 (=trifft gar nicht zu)

Wie gezeigt wurde, ist das Ausgangsniveau beider Gruppen vor dem Praktikum gleich. Daher können die Messwerte nach dem Praktikum mit der gleichen Methode verglichen werden. Falls es im Vergleich der Messwerte im Posttest signifikante Unterschiede gibt, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Praktikumsituationen (Inputvariablen) unterschiedlich auf die jeweiligen Faktoren auswirken.

In Tabelle 2 sind die Signifikanzniveaus, die sich aus dem T-Test ergeben, für die einzelnen Skalen aufgelistet.

	Jahr	N	Mittelwert	Standardfehler	Signifikanzniveau
Soziale Eingebundenheit	WS09	21	3,38	0,22	0,05
	WS10	11	4,36	0,52	
Kompetenz-erleben	WS09	21	3,95	0,26	0,17
	WS10	11	4,63	0,47	
Autonomie-erleben	WS09	21	4,33	0,34	0,73
	WS10	11	4,54	0,56	
Grundbedürfnisse	WS09	21	11,66	0,63	0,12
	WS10	11	13,54	1,13	
Intrinsische Motivation	WS09	20	4	0,29	0,73
	WS10	10	4,2	0,59	
Engagement	WS09	20	4,15	0,27	0,22
	WS10	11	4,72	0,38	
Anstrengungs-bereitschaft	WS09	21	6,28	0,50	0,66
	WS10	11	6	0,40	
L_Strat Wiederholung	WS09	20	2,05	0,23	0,89
	WS10	10	2,1	0,23	
Tiefenstrategien	WS09	21	5,52	0,37	0,26
	WS10	10	6,3	0,59	
Relevanz	WS09	21	2,28	0,23	0,60
	WS10	11	2,09	0,25	
Leistung	WS09	21	3,66	0,33	0,95
	WS10	11	3,63	0,38	

Tabelle 2: Mittelwerte, Standardfehler und Signifikanzniveaus der Messwerte nach dem Praktikum (Post)

Die Signifikanzen liegen alle über 0,05. Das bedeutet, dass sich das Antwortverhalten zu den einzelnen Skalen – insbesondere zu den Skalen zur Motivation - von Test-und Kontrollgruppe nach dem Praktikum nicht signifikant unterscheidet.

Da die beiden Gruppen auch vor dem Praktikum auf dem gleichen Niveau waren bedeutet dies, dass die Änderung im Antwortverhalten durch den Besuch des Praktikums bei beiden Gruppen gleich war.

Einen Vergleich der Leistungen zeigt das Diagramm in Abb. 8. Das Leistungsniveau ist umso besser, je höher der Balken ist. Es wurden dabei die Summenscores über alle acht Fragen aufgetragen, die Skala geht also von 0 (keine Frage richtig beantwortet) bis 8 (alle Fragen richtig beantwortet). Man sieht, dass im WS09 die Leistung nach dem Praktikum höher ist, als vor dem Praktikum, die offenen Fragen also öfter richtig beantwortet wurden. Im WS10 hingegen werden die Fragen etwas schlechter beantwortet.

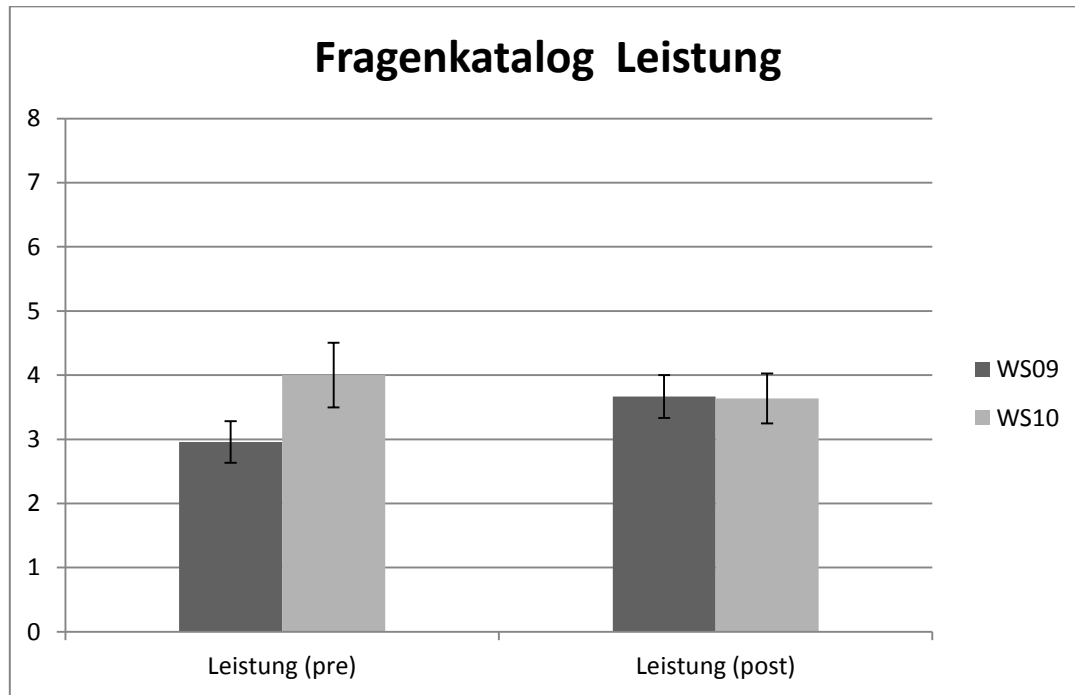


Abbildung 8: Vergleich der Summe über alle Fragen für Pre- und Posttest beider Praktikumsgruppen.

Auch in Bezug auf die Leistung ergibt der T-Test, wie aus Tabelle 1 und Tabelle 2 ersichtlich, dass die Änderungen nicht signifikant sind.

Zusammenfassend ergibt sich, dass sich das neue Praktikum statistisch gesehen nicht signifikant anders auf Motivation, Anstrengungsbereitschaft, Engagement und Leistung der Studierenden auswirkt, als das alte Praktikum.

Vergleicht man die Unterschiede zwischen Pre- und Posttest innerhalb der einzelnen Gruppen, zeigt sich, dass es auch hier keine signifikanten Veränderungen durch das Praktikum gibt. Abbildung 9 und Abbildung 10 geben einen Überblick über die Messwerte. Es ist zu erkennen, dass sich in den meisten Fragen kaum sichtbare Veränderungen im Antwortverhalten vor und nach dem Praktikum ergeben.

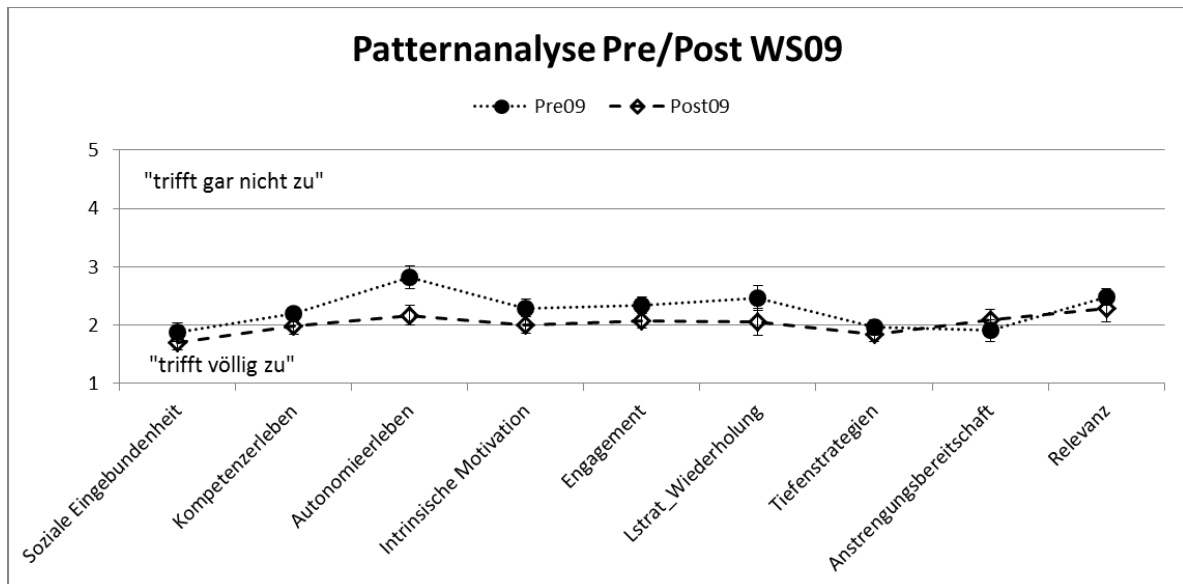


Abbildung 9: Vergleich der Messwerte von Pre- und Posttest der Praktikumsgruppe im WS09.

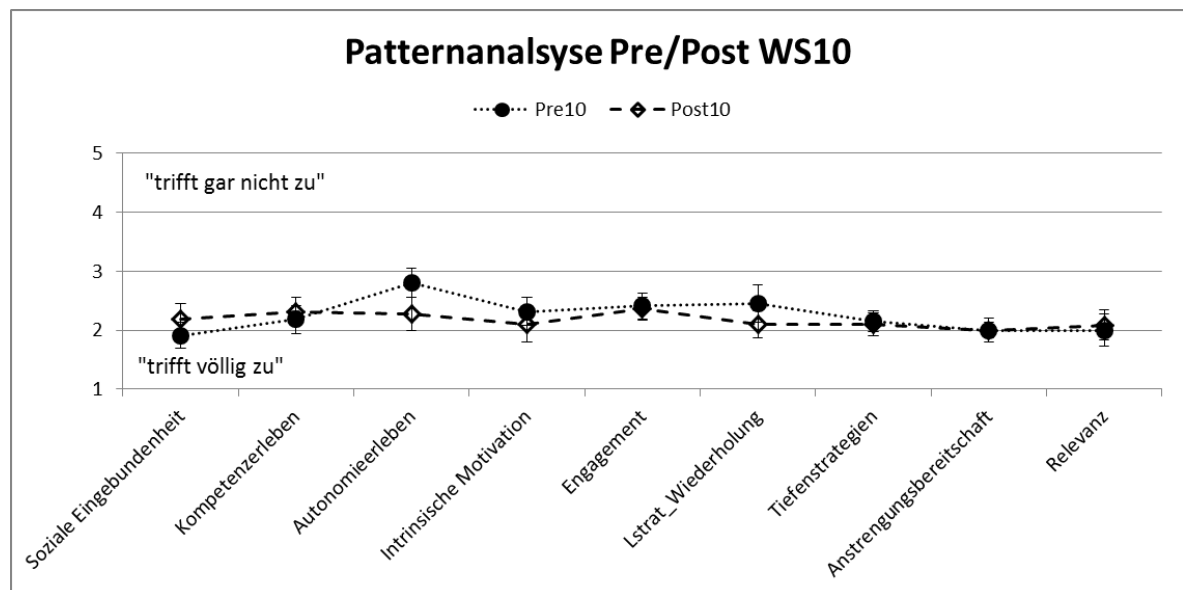


Abbildung 10: Vergleich der Messwerte von Pre- und Posttest der Praktikumsgruppe im WS10.

Der deutlichste Unterschied ist in der Frage zum Autonomieerleben zu erkennen – auch, wenn er nicht signifikant ist. Dieser Unterschied ergibt sich vermutlich aus der Tatsache, dass sich die Fragen von Pre- und Posttest nicht auf den gleichen Lehrveranstaltungstypus beziehen. Der Pretest bezieht sich auf Vorlesungen und Übungen, der Posttest auf ein Praktikum. Im Allgemeinen ist die Arbeitsweise in Praktika durch den Hands-on-Gedanken freier, als in Vorlesungen und Übungen, wodurch sich der Unterschied im Autonomieerleben erklären lässt.

Das Antwortverhalten jeweils vor und nach dem Praktikum zeigt allerdings in beiden Fällen keine signifikanten Unterschiede, der kleinste Wert für das Signifikanzniveau ist 0,015. Das Praktikum scheint sich also sowohl in der alten, als auch in der neuen Version auf das Antwortverhalten nicht signifikant auszuwirken.

Aufgrund der kleinen Stichproben – und der daraus resultierenden großen Standardabweichungen – ist es allerdings möglich, dass real vorhandene Effekte als nicht signifikant aufscheinen.

Als weitere Ursache für diese Ergebnisse kommt ein „Deckeneffekt“ infrage: Betrachtet man die beiden Diagramme, ist unmittelbar einleuchtend, dass für eine signifikante Steigerung der Motivation im Posttest fast alle Personen „trifft völlig zu“ ankreuzen müssten, da die Ergebnisse für den Pretest schon zwischen zwei und drei liegen. (Genauer: Durchschnittlich 1,6 ohne Standardabweichung, wie ein T-Test mit einer Stichprobe ergibt.) Ein solches Fragebogenergebnis wäre auch bei einer großen Stichprobe eher unwahrscheinlich.

4.3.1.4. Auswertung der Fragen zu Unterlagen, Ausrüstung und Aufgaben

Die Fragen zu Unterlagen, Ausrüstung und Aufgaben kommen nur im Posttest vor und beziehen sich auf das Grundpraktikum 1. Von Interesse sind hier vor allem die Punkte Unterlagen und Ausrüstung, die sich ja vom alten auf das neue Praktikum geändert haben. Die Unterlagen wurden teilweise umgestaltet, die Ausrüstung wurde neu angekauft und so aufgeteilt, dass die Gruppen parallel arbeiten können. Der Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellungen dürfte sich hingegen kaum verändert haben.

Abbildung 11 gibt einen Überblick über die Ergebnisse:

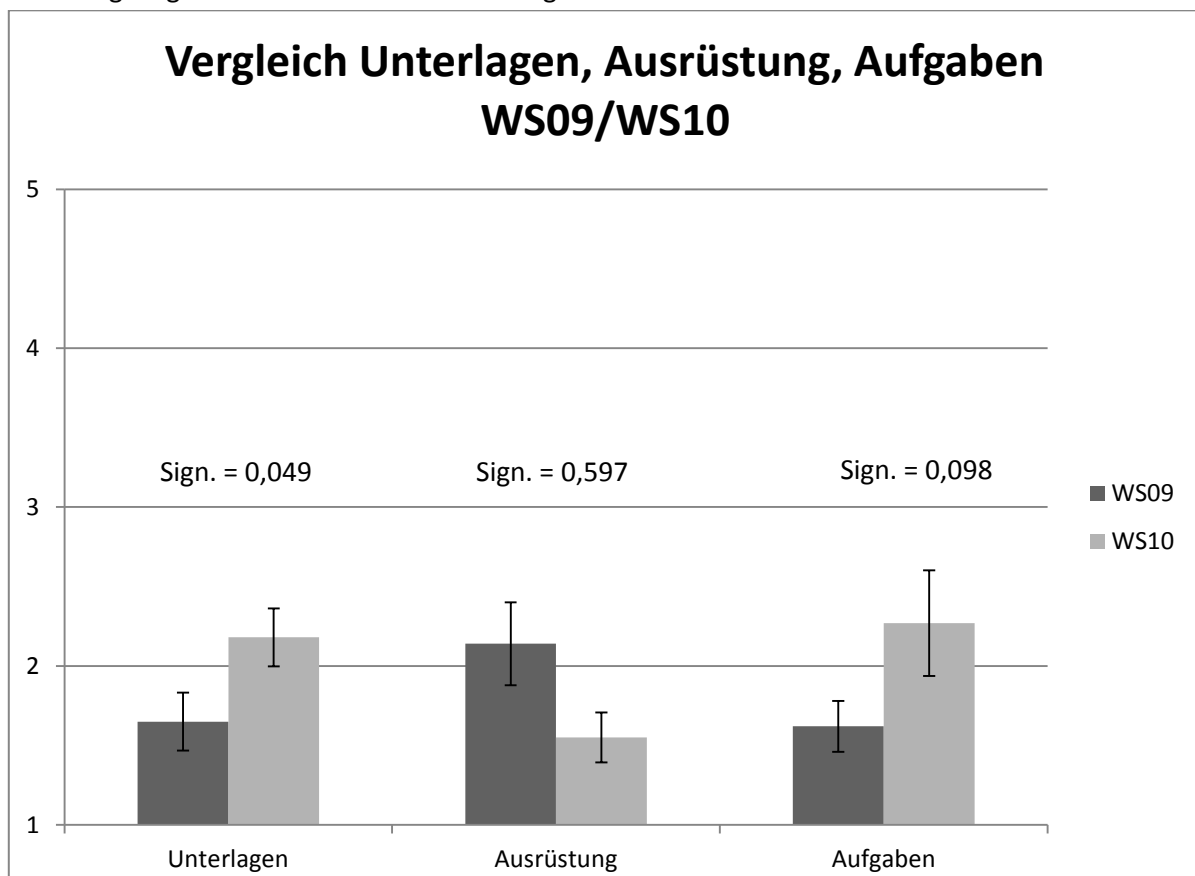


Abbildung 11: Vergleich der Fragen zu Unterlagen, Ausrüstung und Aufgaben im Posttest. Der Standardfehler des Mittelwerts wurde mittels Fehlerbalken eingetragen. Die Signifikanzniveaus des T-Tests sind angegeben.

Auf den ersten Blick zeigen sich relativ große Unterschiede im Antwortverhalten von Kontroll- und Testgruppe. Die Unterschiede sind allerdings bei zwei von drei Fragen nicht signifikant. Lediglich die Unterlagen wurden im neuen Praktikum signifikant schlechter bewertet, als im alten, allerdings nur ganz knapp (Sign. = 0,049)

Die Ausrüstung hingegen wurde von der Testgruppe besser bewertet, als von der Kontrollgruppe. Das könnte auf die neu angekauften Experimentiermaterialien zurückzuführen sein. Der Unterschied zum alten Praktikum ist hier allerdings nicht signifikant. Auch der Unterschied in der Bewertung der Aufgabenschwierigkeit ist nicht signifikant.

Nun wäre der Tatsache nachzugehen, warum die Bewertung der neuen Unterlagen signifikant schlechter ist, als die der alten. Aufgrund der kleinen Stichprobe kann man bei solch geringen Signifikanzen (nur knapp unter 0,05) allerdings keine wirklich eindeutige Aussage machen.

Die Unterlagen sind nach einem bewährten didaktischen Konzept erstellt worden und folgen in vielen Bereichen den Vorgaben der didaktischen Strukturierung (siehe Abschnitt 2.3.3.). Warum die Unterlagen in der neuen Version signifikant schlechter bewertet wurden bzw. ob dies nicht nur auf die Stichprobengröße zurückzuführen ist, kann nur mehr in einer qualitativen Analyse mithilfe von Interviews geklärt werden.

4.3.2. Auswertung der Interviews

Die insgesamt sechs befragten Personen (vier im WS09 und zwei im WS10) unterscheiden sich bis auf Student 4A aus der Kontrollgruppe in der Grundeinstellung zum Praktikum kaum. Sie zeigen sich schon zu Beginn der Interviews als insgesamt sehr zufrieden mit dem Grundpraktikum 1. Student 4A fällt verglichen mit den anderen befragten Personen aus der Reihe. Im Gegensatz zu den anderen Interviewpartnern ist er zum gesamten Praktikum negativ eingestellt. Er ist außerdem der einzige, der das Grundpraktikum 2 im Anschluss nicht geschafft hat. Im WS10 wurde kein Student mit vergleichbarer Einstellung befragt.

Die Interviewpartner aus dem WS09 fallen durch ihre allgemein hohe Kritikbereitschaft auf, was auch am höheren Alter zweier Studierender liegen kann¹⁰. Student 2B zeigt sich außerdem im Interview als allgemein sehr interessiert an Physik.

Wegen dieser Unterschiede sind die Gruppen als Ganze nicht direkt vergleichbar. In der Auswertung wird dies berücksichtigt, indem latente Informationen mitverarbeitet und nicht nur manifeste Statements ausgezählt werden.

Die Interviews werden anhand der folgenden deduktiv definierten Kategorien ausgewertet:

1. Auswirkung der Kontextualisierung
 - a. relevante/nicht relevante Praktikumsexperimente
 - b. Kapitel „meteorologischer Bezug“
2. Auswertung unter dem Aspekt der Selbstbestimmungstheorie der Motivation
 - a. Soziale Eingebundenheit
 - b. Kompetenzerleben
 - c. Autonomieerleben
3. Lerneffekt beim Oszilloskop

¹⁰ Um die Anonymität – auch auf Wunsch einer Studentin - zu gewährleisten, werden die Codenamen hier nicht angegeben.

4.3.2.1. Auswirkung der Kontextualisierung

Veränderungen in der Einschätzung der Relevanz von Praktikumsbeispielen

In der letzten Frage der Interviews wird explizit zu jedem Praktikumsbeispiel eine Stellungnahme gefordert bzw. danach gefragt, welchen Bezug das Praktikumsbeispiel zur Meteorologie hat. Die entsprechenden Textstellen werden nach zwei Kategorien codiert, wobei als „relevant“ jene Experimente bezeichnet werden, die die Studierenden nach eigener Einschätzung als relevant oder sehr sinnvoll für ihr Studium ansehen und wo ein konkreter meteorologischer Bezug genannt wird. Als „nicht relevant“ werden die restlichen Experimente codiert. Einen Überblick über diese erste Frequenzanalyse gibt Tabelle 3. (Fehlende Werte im WS09 ergeben sich daraus, dass von einzelnen Studierenden Beispiele übersprungen wurden bzw. im Nachhinein aus der Aussage keine eindeutige Position erkennbar ist.)

	WS09		WS10	
	relevant	nicht relevant	relevant	nicht relevant
Pendel/Messfehler	2	1	2	0
Messfehler	2	1	2	0
el. Messungen	3	1	2	0
Oszilloskop	3	1	2	0
Solarzelle/Diode	1	3	1	1
Beugung/Polarisation	2	2	2	0
Brechung/Dispersion	3	1	2	0
Absorption	2	0	2	0
Wärmestrahlung	2	2*	2	0
Wärmeleitung	3	1*	2	0
Strömungen/Konvektion	2	0	2	0

Tabelle 3: Darstellung der als relevant und nicht relevant für das Meteorologiestudium angesehenen Experimente

* Die negativen Aussagen beziehen sich hier hauptsächlich auf den Versuchsaufbau, aber nicht auf das Thema selbst.

Laut den Anzahlen der positiven und negativen Antworten auf diese Frage werden im WS10 also Experimente öfter als relevant und sinnvoll für das Meteorologiestudium angesehen, als im WS09. Unterschiede in der Anzahl müssen hier allerdings mit Vorsicht behandelt werden. Die Stichprobenauswahl, die sich durch die befragten Personen ergibt, ist auf jeden Fall zu klein, um allgemeingültige Aussagen zu machen. Diese Methode kann allenfalls einen Hinweis auf einen bestimmten Trend geben bzw. eine Hypothese aufwerfen. Diese muss in der konkreten Inhaltsanalyse der Interviews – sowohl nach manifesten als auch nach latenten Inhalten - bestätigt oder abgelehnt werden.

Der Großteil der Studierenden (abgesehen von Student 4A in der Kontrollgruppe) findet das Praktikum im Gesamten sowohl in der alten als auch in der neuen Version sinnvoll für das Meteorologiestudium. Auch in Bezug auf die einzelnen Praktikumsexperimente bzw. die behandelten Themen können keine großen Unterschiede zwischen den Studierenden im WS09 und denen im WS10 ausgemacht werden. Den Studierenden im WS10 gelingt es etwas leichter, eine Relevanz der Experimente für ihr Studium zu erkennen als den Studierenden im WS09.

Eine genauere Inhaltsanalyse mit Augenmerk auf latente Inhalte zeigt allerdings, dass die beiden Studierenden 1B und 2B aus der Testgruppe allgemein weniger kritisch sind.

Student 2B aus der Testgruppe gibt selbst an, dass er in Bezug auf den Sinn von zu lernenden Inhalten generell relativ unkritisch ist und im Allgemeinen kaum hinterfragt, warum er etwas lernt:

„Wobei ich eher nicht der Typ bin, der das dann so arg hinterfragt. Ich bin froh, dass ich was Neues lerne.“ (Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Studentin 1B aus der Testgruppe zeigt sich im Verlauf des Interviews im direkten Bezug auf die Experimente eher unkritisch. Das äußert sich darin, dass sie auf den konkreten Sinn von Experimenten nicht näher eingeht, sondern nur bestätigt, ob sie als sinnvoll empfunden wurden bzw. den Sinn in knappen Stichworten einwirft.

„Brechung, Dispersion, auf jeden Fall. Ähm, ja, weil wir Strahlung viel machen in der Meteorologie.

Mit der Polarisierung und Beugung genauso.“ (Interview 1, 2011 - Testgruppe)

Im Gegenzug ist sie in Bezug auf die Betreuungssituation sehr kritisch, geht also mehr auf die Interaktionen zwischen Betreuern und Studierenden ein, als auf die Praktikumsbeispiele an sich.

Die befragten Studierenden aus der Kontrollgruppe sind hingegen eher kritisch, zwei davon sogar sehr kritisch. Das zeigt sich darin, dass sie differenzierter und detaillierter auf den Sinn der Praktikumsbeispiele eingehen und genau erklären, welche Aspekte für sie einen Bezug zur Meteorologie haben und welche nicht.

„Ähm, ja, die Wellenoptik war halt. Ja, ich glaub, das war, das hab ich wahrscheinlich, ich glaub vorher hab ich das auch schon gesagt, dass das vielleicht den wenigsten Bezug hatte. Das ist halt eine, eine sehr interessante Nebeninformation an sich. Aber andererseits, wenn man mit dem Licht umgeht, was ja auch in der Meteorologie bezüglich Aufheizen des Bodens und dergleichen umgeht, dann sollte man eigentlich auch über den Welle-Teilchen-Dualismus eine Ahnung haben. Ja.

Strahlung sowieso. Ähm, es ist, die ist sehr wichtig, dass man die Strahlungsgesetze kennt und, dass man auch weiß, wie sich die äußern. Also, was die, wie die Strahlung an unterschiedlichen Ober-, mit unterschiedlichen Oberflächen wechselwirkt oder dergleichen. Das braucht man in der Atmosphäre unter Anderem.“ (Interview 2, 2010 - Kontrollgruppe)

Studentin 2A aus der Kontrollgruppe erklärt hier, dass sie das Thema Wellenoptik einerseits als nicht sehr wichtig für Meteorologie einstuft und es als eine interessante Nebeninformation sieht, wechselt dann aber den Standpunkt und findet doch einen Grund, warum es auch für Meteorologen sinnvoll ist, über den Welle-Teilchen-Dualismus des Lichts Bescheid zu wissen. Sie findet sich also mit einer klaren ja- oder nein-Antwort nicht ab. Gleichzeitig deutet diese Aussage darauf hin, dass sich die Studentin während des Interviews in einem (ersten) Reflexionsprozess befindet, und sich vorher kaum Gedanken über den Nutzen der physikalischen Inhalte gemacht hat.

Auch Studentin 1A aus der Kontrollgruppe geht sehr detailliert darauf ein, warum sie den Bezug zur Meteorologie beim Beispiel zur Solarzelle nicht herstellen konnte:

„Da (Solarzelle) hab ich den, da hab ich den Bezug glaub ich nicht wirklich herstellen können. Ja, dass Licht eine elektromagnetische Welle ist, dazu muss ich nicht mit einer Solarzelle spielen. Es ist natürlich, ja, das könnte es sein, aber irgendwie... ja, ich glaub eher, wir beschäftigen uns glaub ich mehr mit dem Problem, Problematik, des... was elektromagnetische Wellen mit Wärme tun. Welche Auswirkungen die haben. Die verursachen die meisten... Ja, die Sonne produziert für die Meteorologie weniger die Strahlung, wird selten in Strom umgewandelt.“ (Interview 1, 2010 - Kontrollgruppe)

Es wurden also von den Studierenden der Kontrollgruppe Praktikumsbeispiele – oder Teile davon – direkter kritisiert, als von jenen der Testgruppe.

Berücksichtigt man diese Fakten und nimmt nicht nur eine reine Auszählung der als relevant empfundenen Beispiele vor, kann man sagen, dass die Studierenden im WS09 und im WS10 die Beispiele in etwa gleich relevant für ihr Studium finden.

Es werden auch im WS10 im Großen und Ganzen die gleichen Themen als weniger relevant für das Meteorologiestudium empfunden, wie im WS09. Der Unterschied liegt hauptsächlich darin, dass im WS09 die als nicht relevant empfundenen Experimente offen und ausführlich kritisiert werden, im WS10 hingegen auf die entsprechenden Experimente nur vage eingegangen wird bzw. kein ausführlicher meteorologischer Bezug genannt wird.

In Bezug auf die Einschätzung der Relevanz der Praktikumsbeispiele für das Meteorologiestudium hat sich also vom alten auf das neue Praktikum kein wesentlicher Unterschied ergeben.

Kapitel „meteorologischer Bezug“

Wie in Abschnitt 2.3.2. beschrieben, wird schon in den Interviews mit Studierenden der Kontrollgruppe– ohne direktes Nachfragen – erwähnt, dass sie es sinnvoll fänden, wenn in den Unterlagen der meteorologische Bezug erwähnt würde. Die entsprechenden Zitate, die diesen Punkt betreffen wurden in Abschnitt 2.3.2. schon ausführlich beschrieben. Hier werden nun zum Vergleich die Aussagen der Studierenden der Testgruppe, also der Teilnehmer am Praktikum im WS10 angeführt.

Nach dem Praktikum im WS10 wird das neu eingefügte Kapitel „meteorologischer Bezug“ als sehr gut und hilfreich eingestuft – von beiden Studierenden wird das Kapitel auch ohne Nachfragen erwähnt.

Student 2B aus der Testgruppe antwortet auf die allgemeine Frage zu den Unterlagen:

„[...]Und auch der meteorologische Bezug war super. Dass man wenigstens weiß, für was man das im Endeffekt macht. Weil sonst macht man halt physikalische Experimente und denkt sich, ja mein Gott, das brauche ich ja nie wieder und für was brauche ich das in der Atmosphäre?“ (Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Er sieht also das Kapitel „meteorologischer Bezug“ als eine Bereicherung der Unterlagen. Die Tatsache, zu wissen, wofür man die einzelnen Experimente macht, sieht er als eine Motivation, das Praktikum durchzuführen.

Nach genauerem Nachfragen gibt er allerdings an, dass diese Kapitel zwar gut und interessant waren, dass sie aber für ihn nicht unbedingt notwendig gewesen wären. Dies erklärt er an anderer Stelle dadurch, dass er den Lernstoff generell nicht kritisch hinterfragt.

„Also, ich bin froh, dass der Bezug drin war, weil man schon dann eine gewisse Beziehung zu dem Thema entwickelt, das man sonst nicht machen würde, wahrscheinlich. Aber unbedingt notwendig wäre er nicht gewesen. Aber er war nicht schlecht.“ (Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Student 2B erklärt die positive Auswirkung des „meteorologischen Bezugs“ dadurch, dass er eine „Beziehung zu dem Thema entwickelt“, wie er es nennt. Nach weiterem Nachfragen expliziert er diese „Beziehung“ so, dass er sich mit dem Stoff vertraut fühlt. Durch dieses Vertraut-Sein mit dem Stoff empfindet er das Praktikum als weniger nervenaufreibend.

„[...] und wenn einen das Thema dann nicht wirklich interessiert, dann ist es schon nervenaufreibend. Deswegen glaub ich schon, dass man da - nicht eine gewisse Beziehung entwickelt - aber dass man schon mit dem Stoff dann vertraut sein muss und dass man das wirklich gern machen muss.“ (Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Die Kapitel „meteorologischer Bezug“ scheinen also ein Wiedererkennen der Themengebiete auszulösen und damit eine motivationsfördernde Wirkung zu haben.

Gleichzeitig sieht Student 2B die positive Wirkung der meteorologischen Bezüge in der Zusammenfassung von physikalischen und meteorologischen Inhalten bzw. genauer gesagt, im interdisziplinären und vernetzten Lernen. Er macht klar, dass er zusammenhängendes Lernen sinnvoller findet, als die beiden Fächer getrennt zu lernen, da man sonst oft zwei Sachen doppelt lernt, ohne zu verstehen, dass es eigentlich das Gleiche ist:

„Man lernt oft so getrennt finde ich. Also man lernt zuerst das Physikalische und dann das Meteorologische. Und das ist wirklich sehr aufgespalten das Ganze. Und es ist gut, wenn dann irgendwer das mal zusammenfasst und sagt, okay, das ist eigentlich genau das Gleiche. Weil du denkst dann viel komplizierter und merkst dir alles einzeln. Und derweil sind Koronaerscheinungen auch nur ein physikalisches Phänomen. Und das ist schon gut gewesen.“ (Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Studentin 1B aus der Testgruppe erwähnt den meteorologischen Bezug ohne direktes Nachfragen in der Eingangsfrage zu den Unterlagen.

„(Es war) sehr angenehm, dass man den meteorologischen Bezug dabei gehabt hat, also dass man da jetzt nicht etwas macht und dann nicht weiß, wofür macht man das, oder braucht man das überhaupt im Studium. Sondern, dass man schon ein bisschen die Bestätigung hat, dass es auch einen Sinn hat, was man da macht.“ (Interview 1, 2011 - Testgruppe)

Wie auch Student 2B sieht sie es als Motivationsanreiz, zu wissen, dass die durchzuführenden Experimente einen Sinn für ihr Studium haben. Das Kapitel „meteorologischer Bezug“ scheint diesen Sinn zu liefern.

Im weiteren Verlauf des Interviews expliziert sie auf Nachfrage weiter:

„Ich hab's mir schon durchgelesen. Also, weil's mich einfach interessiert hat. Aber ehrlich gesagt, ich kann mich nicht mehr daran erinnern jetzt, an die einzelnen... Es war für mich angenehm, weil's ähm, eigentlich mehr psychisch ehrlich gesagt. Weils für mich einfach eine

Bestätigung ist, dass man nicht so eine sinnlose Sache... wo man nicht weiß, wofür macht man's eigentlich. Das hab ich schon bei manchen anderen Fächern hat man manchmal das Gefühl, oh Gott, warum machen wir das jetzt? Werden wir das jemals wirklich anwenden? Und das war halt da schon angenehm zu wissen, es hat einen Sinn, dass wir uns da so reinhängen. Ja.“ (Interview 1, 2011 - Testgruppe)

Damit bestätigt sie noch einmal die vorher zitierte Aussage, wirft aber gleichzeitig einen neuen Aspekt auf, nämlich, dass sie sich an die einzelnen Kontexte nicht mehr erinnern kann.

Dies zeigt sich bei beiden Studierenden aus der Testgruppe auch im weiteren Verlauf des Interviews. Schlüsselt man die Frage nach dem konkreten Sinn der Praktikumsbeispiele nach den in den Kapiteln „meteorologischer Bezug“ beschriebenen Kontexten auf, zeigt sich, dass nicht zwangsläufig diese Themen genannt werden. Bei jenen Beispielen, wo auch schon im WS09 der Bezug nur schwer erkannt wurde, wird auch im WS10 nicht auf das Thema des „meteorologischen Bezugs“ verwiesen, sondern es wird entweder kein Bezug erkannt, oder spontan ein anderes Thema gefunden.

Auf die Frage nach dem konkreten meteorologischen Bezug oder der Relevanz der Experimente scheint das eingebundene Kapitel einige Zeit nach dem Praktikum also keine Auswirkungen zu haben. Es dient aber im Verlauf des Praktikums als Motivation, und liefert Anreiz oder Bestätigung, sich mit dem Thema zu beschäftigen.

Man kann die oben zitierten und beschriebenen Aussagen daher so interpretieren, dass die Kapitel „meteorologischer Bezug“ zwar keine intrinsische Motivation wecken, aber den Studierenden das extrinsisch motivierte Lernen schmackhafter machen.

Noch nicht geklärt ist bis jetzt, ob die meteorologischen Bezüge auch über die Vorbereitungszeit hinaus präsent waren, genauer ob sie auch während der Durchführung des Praktikums in irgendeiner Form auftauchten, oder ob die Studierenden sich hier ausschließlich auf den physikalischen Aspekt des Praktikums konzentrierten.

Student 2B aus der Testgruppe gibt an, dass im Praktikum selbst die Bezüge zur Meteorologie kaum angesprochen wurden und dass er sich bei der Durchführung der Experimente mehr auf die physikalische Theorie konzentriert hat.

„I: Wurde das irgendwie während dem Praktikum, sei es von den Betreuern oder von den Studenten oder von wem auch immer irgendwie noch in irgendeiner Form angesprochen, oder ist das auch nachher noch einmal eingeflossen? B: Eigentlich nicht, nein. Also der meteorologische Bezug, der ist mir so vorgekommen, ist eher für die Interessierten, die es interessiert, die lesen den meteorologischen Bezug und haben da was ein bisschen oder vielleicht die, die sich festhalten wollen an irgendwas. Dass sie es brauchen. Aber so prüfungsrelevant war der meteorologische Bezug nicht.“

(Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Auf die Frage, ob der meteorologische Bezug während des Praktikums aufgetaucht ist, antwortet er:

„Während dem Experiment hab ich mich schon eher auf den physikalischen Aspekt dann konzentriert. Aber manche Prüfer¹¹ glaub ich haben's schon dann glaub ich noch gesagt, wozu man das braucht. Also auch mit dem, grad bei den Strömungen glaub ich, bei den laminaren und bei den turbulenten, also da haben schon die Prüfer auch wieder gesagt, ja das ist in der Atmosphäre halt so und so. Das schon auch. Aber jetzt so wirklich extrem detailliert war's, sind wir nicht mehr darauf eingegangen. Also das war in der Angabe schon detaillierter.“
(Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Von einzelnen Betreuern wurde der meteorologische Bezug also kurz erwähnt, allerdings nicht so detailliert, wie in den Unterlagen. Student 2B empfindet daher den „meteorologischen Bezug“ eher als Zusatzinformation für jene Studierende, die es interessiert. Die Konzentration während des Experimentierens lag auf dem physikalischen Aspekt.

Dies erklärt Betreuer X – einer der drei Betreuer im Grundpraktikum 1 - wie folgt:

*„Aus der besonderen Situation völlig neuer (sprich unerprobter) Beispiele war ich mit dem Ablauf der experimentellen Aufgaben vollauf beschäftigt (nicht zuletzt unter dem Aspekt "Schwachstellen" zu identifizieren) und fand keine Zeit, von mir aus den meteorologischen Bezug anzusprechen.
Insbesondere bei den beiden ersten Beispielen (MP1 und MP2) war das Praktikum auch für die Studierenden etwas völlig Neues, da aktiv mit Dingen zu arbeiten war, die sie zum guten Teil bis dahin noch nie gebraucht haben. So dass auch hier "praktische" (gerätebezogene) Fragen dominiert haben und ich keine Fragen über den Bezug zur Meteorologie zu hören bekam.“*
(Betreuer X per E-Mail)

Es war ihm also aufgrund der eingeschränkten Zeit und der Notwendigkeit, sich ausführlich um technische und physikalische Details zu kümmern nicht möglich, gleichzeitig auch noch über den meteorologischen Bezug zu sprechen. Auch die Studierenden erwähnen seiner Meinung nach den meteorologischen Bezug aus diesem Grund im Praktikum nicht.

Auch Betreuer Y denkt hier ähnlich:

„Ich hatte das Gefühl, dass die Studierenden während des Praktikums hauptsächlich damit beschäftigt waren, das Beispiel zu verstehen bzw. praktisch zu bewältigen. Schon die Fülle an physikalisch theoretischen Informationen im Beispieltext waren für so gar manchen viel zu viel.“
(Betreuer Y per E-Mail)

¹¹ Die Betreuer werden von Student 2B hier als „Prüfer“ bezeichnet. Es ist anzumerken, dass es im Praktikum an sich keine klassischen Prüfungssituationen gibt. Inwiefern Praktikumssituationen auch von anderen Studierenden als Prüfungssituationen erlebt werden, kann aus den restlichen Interviews nicht entnommen werden.

Betreuer Z hingegen hat die Erfahrung gemacht, dass Studierende auch während des Praktikums auf die meteorologischen Kontexte eingehen:

„Mit den guten Studierenden haben sich sehr interessante Diskussionen ergeben. Die Anzahl der Punkte, also die Beurteilung der Beispiele war ja auch an die Vorbereitung gekoppelt. Es war daher notwendig herauszufinden, wie sich die Studierenden vorbereitet haben. In diesem Zusammenhang war der meteorologische Kontext immer wieder Thema. Er wurde auch von den Studenten selbst in Erklärungen mit einbezogen.

Es hat sich gezeigt, dass der meteorologische Kontext für die Motivation der Studierenden sich mit physikalischen Fragen auseinanderzusetzen, sehr positive Auswirkungen hat. Für mich als Betreuer war es ebenfalls sehr hilfreich. Ich konnte nämlich gezielt in Kontextinhalte verweisen und damit die physikalischen Inhalte der Beispiele rechtfertigen.“

(Betreuer Z per E-Mail)

Betreuer Z beschreibt, dass gerade in Prüfungssituationen der meteorologische Kontext von den Studierenden thematisiert wurde. Er ist der Meinung, dass sich der meteorologische Kontext positiv auf die Motivation der Studierenden auswirkt. Außerdem sieht er die Kapitel zum meteorologischen Bezug als eine Rechtfertigung der physikalischen Inhalte. Dass er die Studierenden auf diese Bezüge verweisen konnte, empfand er als hilfreich.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Studierenden die einführenden Kapitel „meteorologischer Bezug“ gelesen haben und sie als interessant einstufen. Die Tatsache, dass sie wissen, wofür sie die behandelten physikalischen Inhalte in ihrem Studium brauchen, dient ihnen als Motivationsanreiz beim Lernen. Als unbedingt notwendig werden die „meteorologischen Bezüge“ allerdings nicht eingestuft. Außerdem zeigt sich, dass die Inhalte der „meteorologischen Bezüge“ keinen dauerhaften Eindruck hinterlassen – sie sind zum Zeitpunkt der Interviews nicht mehr ohne weiteres abrufbar.

Auch in der konkreten Praktikumssituation scheinen die Kontexte kaum aufzutauchen. Nur einer von drei Betreuern gibt an, dass die meteorologischen Kontexte auch in Gespräche mit Studierenden einfließen. Dies stimmt mit der Meinung von Student 2B überein, der beschreibt, dass die „meteorologischen Bezüge“ zwar manchmal angesprochen wurden, aber nicht sehr detailliert.

Diese Ergebnisse sind ein deutlicher Hinweis darauf, dass die einführenden Kapitel zum „meteorologischen Bezug“ nicht als vollständige Kontextualisierung im didaktischen Sinne gelten können, sondern nur einen „Aufhänger“ darstellen, die den Studierenden ein extrinsisch motiviertes Lernen erleichtern.

4.3.2.2. Auswertung nach der Selbstbestimmungstheorie der Motivation

Da sich in der Fragebogenerhebung die Faktoren zu den drei Grundbedürfnissen der Motivation nach Ryan und Deci (1993) nicht signifikant verändern, werden in den Interviews Hinweise dafür gesucht, die diese fehlende Änderung schlüssig erklären. Von den Studierenden wurden mehrere Aussagen gemacht, die den deduktiv abgeleiteten Kategorien der drei Grundbedürfnisse (Soziale Eingebundenheit, Kompetenzerleben, Autonomieerleben) zugeordnet werden können. Die entsprechenden Aussagen werden nach diesen drei Kategorien codiert. Sie sollen zur Klärung beitragen, in welcher Form sich die Kontexte auf die drei Grundbedürfnisse der Selbstbestimmungstheorie der Motivation auswirken und welche anderen Inputfaktoren noch eine Rolle in der Entwicklung von Motivation spielen.

Soziale Eingebundenheit

Die Betreuer tragen sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der Testgruppe zur sozialen Eingebundenheit im Praktikum einen erheblichen Teil bei, indem sie auf die Grundstimmung und Arbeitsatmosphäre einwirken.

Studentin 1B aus der Testgruppe scheint besonders großen Wert auf die Interaktion zwischen Betreuern und Studierenden zu legen. Im Interview verwendet sie viel Zeit darauf, diese Interaktionen zu beschreiben. Einer der drei Betreuer wurde von ihr als lustig und locker erlebt – das Experiment dazu blieb ihr sehr positiv in Erinnerung:

„Und beim Absorptionsdings, das also vor allem (erinnere ich mich daran) auch weil’s mir Spaß gemacht hat, damals. Da haben wir auch den (Betreuer Z) gehabt und den hab ich total angenehm gefunden damals, total lustig eigentlich beim Praktikum, und weil’s irgendwie interessant gewesen ist. Also eigentlich eins von den Experimenten, wo ich einen aha-Effekt so wirklich gehabt habe. Das was mich motiviert hat dann auch.“

(Interview 1, 2011 - Testgruppe)

„Der (Betreuer Z) zum Beispiel, der wahnsinnig (unverständliche Textstelle) und lustig gewesen ist. Bei dem man wirklich entspannt war, gute Atmosphäre immer gewesen ist.“

(Interview 1, 2011 - Testgruppe)

In diesen beiden Zitaten beschreibt Studentin 1B, die positive Auswirkung auf die Motivation, durch eine lustige und angenehme Interaktion des Betreuers mit den Studierenden. Sie erinnert sich an das Experiment einerseits, weil sie es als interessant empfunden hat. Andererseits aber auch, weil sie den Betreuer als lustig und angenehm in Erinnerung hat. An anderer Stelle bezeichnet sie es als das „CSI-Experiment“, da die Aufgabenstellung – eine unbekannte Flüssigkeit anhand der Absorption verschiedener Wellenlängen zu identifizieren – vom Betreuer mit der gleichnamigen Filmserie verglichen wurde. Sie erinnert sich daran, bei diesem Experiment einen „aha-Effekt“ erlebt zu haben. Betreuer Z wirkt also durch seine Interaktion mit Studentin 1B so auf den Faktor „soziale Eingebundenheit“ ein, dass sie die Atmosphäre als entspannt erlebt, sich motiviert fühlt und das Experiment gut in Erinnerung behält.

Eine schlechtere soziale Eingebundenheit beschreibt dieselbe Studentin bei einem anderen Betreuer:

„Das sind so Sachen, die einem wirklich das Praktikum vermiest haben. Das, dass man entweder so abgekanzelt wird, so auf, man ist doof und man ist blöd [...] Einfach weil man halt im Vergleich zu anderen Gruppen nicht so schnell ist.“ (Interview 1, 2011 - Testgruppe)

„Mir ist schon ein bisschen so vorgekommen, dass wenn man als Mädchen dort gewesen ist beim Praktikum, war's schon von vornherein so, ja, man ist eh schlecht bei den physikalischen Sachen.“ (Interview 1, 2011 - Testgruppe)

Studentin 1B beschreibt eine Betreuungssituation, in der sie vom Betreuer abgekanzelt und als dumm hingestellt wird. Sie hat dadurch das Praktikumsbeispiel schlechter in Erinnerung und beschreibt, dass ihr diese Interaktion des Betreuers das „Praktikum vermiest“ hat. Die Studentin selbst erklärt sich im zweiten Zitat herablassende Bemerkungen von Seiten dieses Betreuers damit, dass er von weiblichen Studierenden von vornherein eine schlechtere Meinung hätte. Im weiteren Verlauf des Interviews beschreibt sie mehrmals dieses Problem und macht deutlich, wie sehr sie diese von ihr empfundene Ungleichbehandlung von Frauen und Männern gestört hat.

Auch von Studentin 1A aus der Kontrollgruppe wird dieses Problem – in Bezug auf einen anderen Betreuer – angesprochen.

„Die vorher, die Fragen, waren sehr unterschiedlich. Da hat, also da hatte ich beim, beim (Betreuer Y) hatte ich das Gefühl, dass er nicht fair fragt, das heißt... [...] Ja, dass er, wie soll ich sagen, mir ist es ein bisschen sexistisch vorgekommen. Ich hab das Gefühl gehabt, wenn ich, wenn ich ihn nicht anlächle und (unverständliche Textstelle) mach, dann hab ich die schlechteren Karten und gleichzeitig kein Mann bin, ja. Das, ja, aber das kann man natürlich schwer theoretisch lösen. Ja, ich hab auf der anderen Seite mit dem (Betreuer X) keine Probleme gehabt, wo die anderen Probleme gehabt haben.“
(Interview 1, 2010 – Kontrollgruppe)

Die Studentin empfindet die Fragen zur Überprüfung des Wissens bei Betreuer Y im WS09 als nicht fair. Sie hat das Gefühl, dass sie bei ihm als Frau schlechter benotet werden würde. Mit Betreuer X hatte sie hingegen, im Gegensatz zu anderen Studierenden keine Probleme.

Ob sich Studentin 1A dadurch im Praktikumsablauf allgemein sozial weniger eingebunden fühlt, ist aus ihren Aussagen nicht zu entnehmen.

Auch Studentin 3A aus der Kontrollgruppe beschreibt die drei Betreuer sehr unterschiedlich. Einen Betreuer beschreibt sie als freundlich, gemütlich und fachlich auf hohem Niveau. Sie empfand es als positiv, dass dieser Betreuer viel erklärte und erzählte.

Einen anderen Betreuer beschreibt sie hingegen als nervös. Sie erklärt, dass sie Schwierigkeiten hatte, sich trotz der Interaktion mit diesem Betreuer auf die Lernleistung zu konzentrieren, da es oft schwierig war, von ihm Hintergrundinformationen zu erhalten.¹²

¹² Auf Wunsch der Studentin mussten aus Anonymitätsgründen einzelne Textstellen aus dem Transkript gestrichen werden. Aus diesem Grund kann hier kein wörtliches Zitat sondern lediglich eine Zusammenfassung der entsprechenden Stelle wiedergegeben werden.

Diese Beispiele zeigen deutlich, in welchem Ausmaß Betreuer über die Interaktion mit den Studierenden auf den Lernprozess einwirken können. Laut Schulmeister (2004) (nach Nagel 2009) ist die Interaktion mit den Studierenden sogar eine der Hauptinputvariablen auf den Lernprozess.

Die Betreuer sind in der Kontroll- und Testgruppe die gleichen. Ihre individuellen Interaktionsmuster können in dieser Arbeit nicht ausgewertet werden. Die oben zitierten Aussagen sind daher als persönliche Meinungen einzelner Studierender zu werten. Wohl aber lässt sich aus den Zitaten erkennen, dass sowohl in der Kontroll- als auch in der Testgruppe die Interaktion der Betreuer auf den Lernprozess einwirkt. Dieses Ergebnis stimmt auch mit Schulmeister (2004) überein.

Diese wesentliche Inputvariable verändert sich vom alten auf das neue Praktikum nicht. Die Betreuer und damit ihre individuellen Interaktionsmuster bleiben gleich.

Kompetenzerleben

Auch das Kompetenzerleben der Studierenden kann von den Betreuern deutlich beeinflusst werden. Negative oder herablassende Kommentare, die die Kompetenzen der Studierenden in Frage stellen, werden von Studentin 1B aus der Testgruppe als unangenehm erinnert.

„Weil er so, ja, er erklärt einer Gruppe irgendwas und wir sind beim anderen Tisch und machen das Experiment und dann kommt er her, ja und wieso machen Sie das so, haben Sie nicht zugehört? Ja, er hat's uns nicht erklärt. Er hat's den anderen erklärt. Ich meine, dass er dann uns vorwirft, wir... oder ja, was sind Sie denn für Meteorologen, weil wir nicht die Oberflächentemperatur von der Sonne aus 'm FF ihm erklären können.“

(Interview 1, 2011 - Testgruppe)

Studentin 1B beschreibt, dass ein Betreuer ihrer Gruppe vorwirft, nicht zugehört zu haben und deshalb einen Fehler zu machen, obwohl er das Experiment nur der anderen Gruppe erklärt hat. Die Studentin empfindet diesen Vorwurf als ungerechtfertigt. Sie hat es außerdem auch als unangenehm in Erinnerung, dass ihr vom genannten Betreuer die Kompetenz als Meteorologin abgesprochen wird, da sie die Oberflächentemperatur der Sonne nicht auswendig weiß.

„[...]wenn ich grad was im QTI-Plot eingeb, und wir hätten alle drei Kurven in eine Grafik reingeben sollen und ich schau mir nur eine Kurve einzeln an, weil ich schauen wollt, ob das mit dem ungefähr übereinstimmt, was wir uns gedacht haben, sich der (Betreuer X) hinter mich stellt und zu mir den Kommentar ablässt „Sind Sie denn zu blöd?“ Weil ich hätt's ja alle drei eingeben sollen und mir erklärt, dass ich es falsch mache und am Ende er es nur nicht checkt, dass ich noch nicht alle drei Kurven eingegeben hab.“ (Interview 1, 2011 - Testgruppe)

Auch in diesem Zitat beschreibt Studentin 1B, dass sie von Betreuer X aufgrund eines Missverständnisses – sie war mit dem Eingeben der Kurven noch nicht fertig, war sich dessen aber bewusst – von ihm als „blöd“ bezeichnet wurde, er also ihre gesamte Kompetenz wegen eines Fehlers in Frage stellte.

Sie betont aber, dass dieses Problem nur einen einzigen Übungsleiter betraf und sicher nicht auf das ganze Praktikum übertragen werden kann:

„Aber das kann man jetzt nicht aufs ganze Praktikum, sicher nicht auf jeden Übungsleiter. Aber mir ist es halt besonders beim (Betreuer X) aufgefallen.“ (Interview 1, 2011 – Testgruppe)

An herablassende Kommentare in diesem Ausmaß erinnert sich außerdem auch nur Studentin 1B. Wie bereits erwähnt, legt diese Studentin während des Interviews besonders viel Wert auf die Beschreibung der Interaktion von Betreuern. Aufgrund der ansonsten guten Einstellung zum Praktikum – sowohl von Studentin 1B, als auch von den meisten anderen Studierenden - ist anzunehmen, dass andere wesentliche Inputparameter solche negativ beschriebenen Situationen wieder ausgleichen.

Fehlende Hilfestellungen von Betreuern werden sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der Testgruppe angesprochen:

„Und das (Praktikumsbeispiel) ist eigentlich irgendwie in eine einzige Katastrophe ausgeartet. Weil wir nicht gewusst haben, wie wir die Schaltungen zusammenstecken sollen, weil wir nicht gewusst haben, was wir jetzt konkret – naja, was wir messen sollen wussten wir schon, aber bis wir die Schaltung richtig gehabt haben, hat's länger gedauert und es wurde auch irgendwie der Tutor oder wie man das nennt, Dozent, was auch immer, hat uns auch nicht wirklich geholfen, wie wir die zusammenbauen sollen.[...] Ja, das war meine erste einschneidende Erinnerung.“ (Interview 2, 2010 – Kontrollgruppe)

Studentin 2A aus der Kontrollgruppe beschreibt ein Praktikumsbeispiel, das nicht gut gelaufen ist, da sie nicht wusste, wie die Schaltung konkret zusammenzustecken war. Sie erwähnt, dass der Betreuer bei diesem Problem kaum geholfen hat und es somit länger gedauert hat. Dieses Erlebnis beschreibt die Studentin als „*einschneidende Erinnerung*“. Latent ist herauszuhören, dass sie dieses Erlebnis als negativ bewertet.

Auch Studentin 1B aus der Testgruppe berichtet, dass sie sich im Umgang mit Geräten – insbesondere beim Oszilloskop - schwergetan hat.

„Also zu den Geräten, teilweise, ja hab ich mir schwer getan. Also da hätt ich's gebraucht, dass es mir wirklich wer erklärt. Und das war gerade eben beim Oszilloskop das Problem. Dass ich das Gefühl gehabt habe, oder auch der (Praktikumskollege), ja, wir sind da beide einfach angestanden. Und da hätten wir es gebraucht, dass es einem mal wer erklärt“
(Interview 1, 2011 – Testgruppe)

Die Studentin erinnert sich daran, dass sie eine genauere Erklärung zur Bedienung des Oszilloskops durch einen Betreuer gebraucht hätte. Ohne diese Erklärung wusste sie beim betroffenen Praktikumsexperiment nicht weiter. Es ist plausibel anzunehmen, dass durch diese Handlungsunfähigkeit das Kompetenzerleben eingeschränkt war.

Ein wesentlicher Faktor, der auf das Kompetenzerleben der Studierenden einen positiven Einfluss hat, sind die detailliert beschriebenen Unterlagen zur Versuchsdurchführung.

Wie bereits in Abschnitt 2.3.2. beschrieben, empfanden die Studierenden schon im WS09 die Unterlagen als hilfreich für die Durchführung der Experimente. Sie konnten selbständig arbeiten und es bestand seltener die Notwendigkeit, Betreuer zu fragen.

Auch im WS10 werden die Unterlagen von den Studierenden als ähnlich hilfreich eingeschätzt.

„Also gerade dafür, dass es unser erstes Praktikum gewesen ist, hab ich's schon sehr angenehm gefunden, dass man's Schritt für Schritt sich vorbereiten hat können. Was macht man und was steht als nächstes an. Da das die Unsicherheit sehr genommen hat eigentlich. Wenn man schon einen Plan hat, wie man an das Ganze herangeht.“

(Interview 1, 2011 - Testgruppe)

Studentin 1B erinnert sich daran, dass der rezeptartige Aufbau der Arbeitsunterlagen dazu geführt hat, dass sie sich detailliert vorbereiten konnte. Sie hat sich dadurch im Praktikum sicherer gefühlt. Es ist anzunehmen, dass sie sich durch die gute Vorbereitung auch kompetenter gefühlt hat.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl Betreuer, als auch die detailliert beschriebenen Arbeitsunterlagen auf das Kompetenzerleben der Studierenden wirken. Die Unterlagen werden sowohl von Studierenden der Testgruppe, als auch von jenen der Kontrollgruppe durchwegs als positiv bewertet. Die Interaktion von Betreuern wird vor allem dann kritisiert, wenn sie an wichtigen Schlüsselstellen des Praktikumsablaufs nicht weiterhelfen. Es ist zu vermuten, dass das Kompetenzerleben in einem solchen Fall eingeschränkt wird.

Eine einzelne Studentin beschreibt kränkende Äußerungen eines Betreuers, die in dieser Form das Kompetenzerleben vermutlich vermindern. Sie betont aber, dass dies ein Einzelfall ist.

Autonomieerleben

Vor der Ausarbeitung des Interviewleitfadens stellte sich die Frage, ob die rezeptartig beschriebene Versuchsdurchführung und das genau angeleitete Praktikum womöglich die Autonomie der Studierenden einschränkt. Daher wurde in den Interviews explizit danach gefragt.

Studentin 3A aus der Kontrollgruppe erwähnt im Laufe des Interviews, dass sie beim Experimentieren gerne „spielt“, also eigenständig verschiedenes ausprobiert, um zu schauen, was passiert.

Auf die Frage, ob sie sich durch die genauen Vorgaben im „Spielen“ eingeschränkt gefühlt hätte, antwortet sie:

„Nein, weil, wenn der Aufbau glaub ich nicht so rezeptartig gewesen wäre, hätt ich vielleicht keine Möglichkeit gehabt, zu wissen, was kann ich denn jetzt spielen. Was kann ich noch ausprobieren?“ (Interview 3, 2010 - Kontrollgruppe)

Die Studentin aus der Kontrollgruppe geht also davon aus, dass sie zunächst einmal einen Überblick über das Experiment durch eine rezeptartige Beschreibung braucht, um überhaupt zu wissen, was man sonst noch ausprobieren kann. Die detaillierten Unterlagen waren aus ihrer Sicht also Ausgangspunkt für autonomes Handeln.

In den Interviews mit Studierenden der Testgruppe ist keine vergleichbare Aussage zu finden. Allerdings kommt auch Theyßen (1999) zu einem ähnlichen Schluss. Sie beschreibt, dass die Studierenden sich durch die detaillierten Unterlagen in der Erarbeitung der Ergebnisse als selbständiger arbeitend einstufen. Aufgrund dieser Ergebnisse von Theyßen liegt der Schluss nahe, dass sich auch die Studierenden der Testgruppe in ihrem Autonomieerleben eher bestärkt als behindert gefühlt haben.

Als Hindernis für das weitere Ausprobieren und selbständige Experimentieren nennt dieselbe Studentin am ehesten die fehlende bzw. von anderen Studierenden besetzte Ausrüstung:

„Ich glaube, bei den elektrischen Beispielen war's einfach so, dass durch die zwei Gruppen hat man auch ein bisschen schauen müssen, sind die Gerätschaften frei. [...] Aber andere Leute haben die ganze Zeit gebraucht und wir waren früher fertig, haben aber nichts anderes mehr machen können, weil einfach eben von mir aus das Multimeter war gerade kaputt und das da kaputt. Die brauchen wieder den ohmschen Widerstand vom Wert her und so weiter, wo ich mir denke, okay, da will ich jetzt nicht zu viel nerven von wegen, darf ich noch ein bisschen?“
(Interview 3, 2010 – Kontrollgruppe)

Die Studentin beschreibt, dass sie bei einem Praktikumsbeispiel früher fertig war, die Geräte aber von der anderen Gruppe besetzt waren. Ein selbständiges Ausprobieren wurde dadurch verhindert. Dieses Problem ist im neuen Praktikum durch die neu angeschafften Experimentiermaterialien entschärft.

Auch die Betreuer des Praktikums haben auf das Autonomieerleben einen Einfluss. Sie können den Studierenden mehr oder weniger Freiheiten zugestehen.

So wurde von Studentin 3A aus der Kontrollgruppe ein negatives Beispiel geäußert, in dem vom Betreuer zu viel Arbeit abgenommen wurde:

„Weil, also bei mir war das so, wir waren so weit und hätten gesagt, so jetzt kommt der Oszilloskop-Teil. Und da wollte ich den Professor fragen, okay, ich meine bitte ein bisschen anleiten. Oder zumindest sagen, wenn wir jetzt total falsch sind. Und er hat gesagt, nein, nein, das mache ich schnell. Und dann war's auch schon passiert. Wo ich mir denke, okay, ähm, dauert der Rest jetzt so lange, dass das Zeitverschwendung wäre, wenn wir es machen? Oder hat er vielleicht irgendwie Angst um die Geräte? Keine Ahnung.“
(Interview 3, 2010 - Kontrollgruppe)

„Es wurde eingeschalten, herumhantiert und „Jetzt lesen Sie das ab“. Also wir, mit dem Cursor durften wir natürlich irgendwie Wellenlängen und so weiter bestimmen, aber welches Kabel wo reinkommt. Was wo, wie getriggert wird, nein.“ (Interview 3, 2010 - Kontrollgruppe)

Studentin 1A kritisiert in diesen beiden Zitaten, dass ein Betreuer, den sie um Hilfestellung in Form einer Anleitung bittet, die Arbeit gleich selbst übernimmt. Ihr selbst ist nicht klar, aus welchem Grund der Betreuer die Arbeit übernimmt, ob er Angst um die Geräte hat, oder ob es angebracht ist, Zeit zu sparen. Sie beschreibt, dass sie in diesem Praktikumsbeispiel nicht gelernt hat, wie die Kabel anzustecken sind, und wie Einstellungen am Oszilloskop vorgenommen werden. Den Grund dafür sieht sie in der mangelnden Autonomie bei der Durchführung des Experiments.

Student 2B aus der Testgruppe erlebt hingegen die Arbeitsweise im Grundpraktikum 1 freier, als im Grundpraktikum 2:

„Es waren viel mehr Leute im Grundpraktikum, das heißt fast bei jedem Experiment war ein Betreuer, der hat halt eigentlich die ganze Zeit gefragt. Und das war halt im physikalischen Grundpraktikum nicht so, da hast du ein bisschen arbeiten können zuerst und dann ist einmal der Prüfer gekommen und hat gefragt. [...] Ich hab's schon gern, wenn ich zuerst einmal in Ruhe arbeiten kann und dann werde ich gefragt. Das war schon ganz gut.“

(Interview 2, 2011 – Testgruppe)

Der Student erlebt die Tatsache, dass im Grundpraktikum 1 weniger Betreuer anwesend waren positiv. Er beschreibt, dass er dadurch nicht so oft Fragen von den Betreuern gestellt bekam. Dass er dadurch in Ruhe arbeiten konnte empfindet er als positiv.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die detailliert beschriebenen Arbeitsunterlagen eine positive Auswirkung auf das Autonomieerleben haben. Zu diesem Schluss kommt auch Theyßen (1999), die in ihrem Physikpraktikum für Medizin ähnlich detaillierte Unterlagen verwendet. Da sich das Konzept der kleinschrittigen Arbeitsanweisungen vom alten auf das neue Praktikum nicht ändern, wird dieser Faktor nicht beeinflusst.

Das Problem der fehlenden Arbeitsmaterialien, das von Studentin 3A aus der Kontrollgruppe bemängelt wird, ist im WS10 bei der Testgruppe durch den Ankauf neuer Materialien aufgehoben. In diesem Aspekt könnte sich also das Autonomieerleben von Test- und Kontrollgruppe unterscheiden. In Bezug auf die Interaktion von Betreuern mit Studierenden werden von den beiden befragten Personen der Testgruppe keine autonomieeinschränkende Begebenheiten erinnert. Student 2B gibt sogar an, dass er sich in seiner Arbeit freier als im Grundpraktikum 2 gefühlt hat.

Zusammenfassung Grundbedürfnisse

Es zeigt sich, dass sich im Großen und Ganzen Unterlagen und Betreuer im alten und im neuen Praktikum ähnlich auf die drei Grundbedürfnisse der Motivation auswirken. Vor allem in Bezug auf die Unterlagen zur Versuchsdurchführung kann hier mit Sicherheit gesagt werden, dass sie sich auf Autonomieerleben und Kompetenzerleben in der Testgruppe gleich auswirken, wie in der Kontrollgruppe.

Wie die Interaktionen der Betreuer erlebt werden, ist hingegen stark vom persönlichen Empfinden abhängig. Auf manche Studierende wirken sie stärker als auf andere. Gezeigt wurde in der bisherigen Auswertung vor allem, dass diese Interaktionen Auswirkungen auf die drei Grundbedürfnisse der Motivation haben. Das Ausmaß und die Richtung dieser Auswirkungen genauer zu analysieren, würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. Zu vermuten ist, dass die individuellen Interaktionsmuster der drei Betreuer sich vom alten auf das neue Praktikum nicht verändert haben. Das Gleichbleiben dieser beiden wichtigen Inputfaktoren „Unterlagen“ und „Interaktion der Betreuer“ ist damit eine mögliche Erklärung dafür, dass sich die Motivation im neuen Praktikum nicht signifikant verändert hat.

4.3.2.3. Lerneffekt beim Oszilloskop

Wie in Abschnitt 2.3. beschrieben, wurde von den Studierenden der Kontrollgruppe nach dem ersten Durchlauf des Praktikums die unzureichende Vorbereitung auf den Umgang mit dem Oszilloskop kritisiert.

Eine Vorgabe an die didaktische Strukturierung war daher, dass die Studierenden durch bessere Anleitungstexte und selbständige Arbeit einen besseren Umgang mit diesem Messgerät erlernen sollten. Im WS10 scheint sich dieses Problem nicht geändert zu haben, wie Student 2B bestätigt:

„Und das Oszilloskop habe ich im Grundpraktikum 2 ja auch wieder gehabt. Und da haben viele Leute wirklich Probleme gehabt mit dem Oszilloskop. Ich war ganz froh, weil ich war in einer HTL vorher und ich habe in der HTL schon mit einem Oszilloskop gearbeitet und mit einem Frequenzgenerator, deswegen war das dann nicht so schwierig. Also, aber ich weiß, dass viele Leute mit dem Oszilloskop wirklich zu kämpfen gehabt haben, dass das gut gegangen ist.“ (Interview 2, 2011 - Testgruppe)

Er beschreibt, dass er selbst mit dem Oszilloskop im Grundpraktikum 2 keine Probleme hatte, da er aus der HTL schon Erfahrung mitbrachte. Er bemerkte aber, dass andere Studierende im Grundpraktikum 2 mit dem Oszilloskop große Schwierigkeiten gehabt haben. Dieses Problem erwähnt er im Laufe des Interviews mehrmals.

Die Vorgabe aus der didaktischen Strukturierung wurde in Bezug auf das Beispiel zum Oszilloskop also nicht umgesetzt.

5. Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, wichtige Beiträge in der Gestaltung und Evaluation eines neu aufzubauenden Physikpraktikums für Meteorologie zu liefern. Nach einem ersten Durchlauf des Praktikums, das aufgrund mangelnder Finanzmittel auf den für Physikerinnen ausgelegten Praktikumsbeispielen basierte, wurde das Entwicklungsteam in der Erarbeitung eines speziell für Meteorologie entwickelten Praktikums begleitet. Die Inputs, die dem Entwicklungsteam dabei gegeben wurden, stützten sich zum einen auf die Theorie der didaktischen Rekonstruktion, zum anderen auf Studien, die eine Motivationsförderung durch Kontextualisierung von (Schul-)Unterricht bestätigen (vgl. Muckenfuß, 1995, Wagenschein, 1970). Von Theyßen (2000) wurde die motivationsfördernde Wirkung von Kontexten auch auf Hochschulebene bestätigt.

Schwerpunkt der didaktischen Rekonstruktion war einerseits die *Erfassung der Lernendenperspektive*, in der Interviews mit Studierenden geführt wurden.

Andererseits wurde in der *fachlichen Klärung* ein Interview mit dem Leiter des Grundpraktikums 2 geführt und eine Inhaltsanalyse des Curriculums vorgenommen. Gleichzeitig gewährleisteten der Besuch einer Lehrveranstaltung aus Meteorologie, und die Durchführung eines Praktikumsbeispiels aus dem Grundpraktikum 2 ein näheres Kennenlernen des Meteorologiestudiums.

Aus *fachlicher Klärung* und *Lernendenperspektive* ergaben sich Vorgaben an die *didaktische Strukturierung* und Schwerpunktsetzung im Grundpraktikum 1. Diese Vorgaben wurden Großteils umgesetzt, teilweise jedoch vom Entwicklungsteam mangels Umsetzbarkeit zurückgewiesen. Die beiden wesentlichen Punkte, die sich aus fachlicher Klärung und Lernendenperspektive ergaben, sind:

- a) der mangelnde, für Studierende offensichtliche, meteorologische Fachbezug einzelner Experimente im GP1
- b) die geringen Kompetenzen der Studierenden im Umgang mit dem Oszilloskop nach dem GP1

In der didaktischen Strukturierung wurde zur Veränderung dieser beiden Probleme folgendes vorgeschlagen:

ad a) Dem mangelnden meteorologischen Bezug wird entgegengewirkt, indem das Praktikum so gut wie möglich den Bedürfnissen der Meteorologinnen angepasst wird. Vor allem geschieht dies durch das Einbinden von einleitenden Kapiteln zum „meteorologischen Bezug“ der Praktikumsbeispiele. Beim Erstellen dieser Kapitel wurde besonderes Augenmerk auf jene Praktikumsbeispiele gelegt, in denen die Relevanz für das Meteorologiestudium von den Studierenden nicht ohne weiteres von selbst erkannt wurde.

ad b) Da die geringen Kompetenzen im Umgang mit dem Oszilloskop von den Studierenden vor allem der fehlenden Autonomie in der Durchführung des Experiments angelastet wird – konkret: die Studierenden hatten kaum die Gelegenheit, mit dem Gerät wirklich selbstständig zu arbeiten – liegt die Änderung dieses Problems fast ausschließlich in der Interaktion des zuständigen Betreuers mit den Studierenden. In den Unterlagen kann auf dieses Problem kaum Einfluss genommen werden.

Begleitend zu diesen Entwicklungen wurde das neu gestaltete Praktikum mit verschiedenen Methoden evaluiert. Dabei wurde der Schwerpunkt in der Veränderung der Inputparameter des Lernprozesses durch das Praktikum gelegt.

Als Evaluationsstrategie kam eine Kombination aus qualitativer und quantitativer Methode zum Einsatz, wie die Triangulation nach Flick (2004) vorgibt. Den quantitativen Teil der Evaluation stellt eine standardisierte Fragebogenerhebung dar, die die Einstellungen zu den Faktoren Motivation (nach den Grundbedürfnissen von Ryan & Deci, 1999), Engagement und Anstrengungsbereitschaft abfragt. Den qualitativen Teil der Erhebung stellen Interviews mit Studierenden dar. In diesen Interviews wurde gezielt danach gefragt, ob und welchen Bezug die Studierenden zum Meteorologiestudium erkennen können. Zusätzlich wurden von den Betreuern Rückmeldungen über ihre Erfahrungen mit den meteorologischen Kontexten erbeten.

Wie die Evaluation zeigte, tauchen einige Probleme, die in der alten Version des Praktikums vorkamen, auch in der neuen Version wieder auf. Dabei ist besonders der nur ungenügend behandelte Umgang mit dem Oszilloskop zu nennen. Auch im WS10 fühlen sich die Studierenden nicht ausreichend in die Arbeit mit diesem Gerät eingeführt. Ebenso, wie die Studierenden der Kontrollgruppe, lasten sie diesen Umstand der fehlenden Autonomie im Umgang mit dem Oszilloskop an.

Die Kapitel zum „meteorologischen Bezug“ wurden sowohl von einem Betreuer als auch von den Studierenden der Testgruppe positiv bewertet. Es zeigt sich in den Interviews, dass die Studierenden den „meteorologischen Bezug“ in der Vorbereitungsphase als angenehm empfinden, da er als Bestätigung fungiert, sich mit dem vorgegebenen Stoff zu beschäftigen.

Mehrere Monate nach dem Praktikum scheint der konkrete meteorologische Bezug den Studierenden aus dem WS10 aber nicht wesentlich öfter klar zu sein, als den Studierenden aus dem WS09.

Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung weisen darauf hin, dass es keine signifikanten Veränderungen in Motivation, Engagement und Anstrengungsbereitschaft durch das neue Praktikum gibt. Dabei kann allerdings nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob sich dieses Ergebnis nur aus den zu kleinen Stichproben ergibt, oder ob es tatsächlich aussagekräftig ist. Durch die kleinen Stichproben ergeben sich große Standardabweichungen in den Messwerten, weswegen signifikante Unterschiede mathematisch gesehen schwer zu erreichen sind.

Ein weiterer Grund für die fehlenden signifikanten Veränderungen könnte das hohe motivationale Ausgangsniveau im Pretest bei den Studierenden beider Gruppen sein. Um das Ergebnis aus dem Pretest zu toppen müsste für einen signifikanten Zuwachs der Motivation durchgehend 1 oder 2 angekreuzt werden. Das ist auch für größere Stichproben eher unrealistisch (Deckeneffekt).

Weitere Gründe für die fehlenden Veränderungen können lernpsychologischer Natur sein. Diese Gründe werden durch Interviews mit Studierenden genauer erklärt. In den Interviews zeigt sich, dass das Einbinden der meteorologischen Kontexte von den Studierenden sehr wohl als positiv erlebt wird. Sie beschreiben es als angenehm, zu wissen, wofür sie die im Praktikum behandelten Themen lernen. Es geht allerdings auch aus den Interviews nicht eindeutig hervor, ob die Studierenden durch die neue Version des Praktikums wirklich motivierter oder engagierter sind, als in der alten Version. Die Kapitel zum „meteorologischen Bezug“ scheinen eher eine willkommene Bestätigung zur Vorbereitung auf das Praktikum zu liefern, als intrinsische Motivation zu wecken, die eine

tiefergehende Beschäftigung mit dem Thema zur Folge hätte. Sie können daher als eine interessante Beigabe gesehen werden, die das extrinsisch motivierte Lernen schmackhafter machen kann. Dass die „meteorologischen Bezüge“ ein tiefergehendes Interesse am behandelten physikalischen Thema geweckt hätten wird von keiner der befragten Studierenden berichtet.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass die Kontextualisierung nur auf niedrigem Niveau stattgefunden hat. Der Bezug zur Meteorologie beschränkt sich auf ein einleitendes Kapitel. Daher können auch nicht dieselben Auswirkungen zu erwarten sein, wie in den oben genannten Studien zur Wirksamkeit der Kontextualisierung auf die Motivation. In den genannten Studien fließen die Kontexte zumindest in die Unterlagen ein, teilweise bauen die Experimente auch auf den Kontexten auf (vgl. Theyßen 1999).

Ein sehr wesentlicher Grund für die nicht signifikanten Veränderungen durch das Treatment könnte die Tatsache sein, dass andere wesentliche Inputparameter für den Lernprozess, die durch eine Änderung der Unterlagen nicht berücksichtigt werden, sich im beschriebenen Praktikum nicht verändern. Die geschlossene Struktur des Praktikums wurde von der Umstellung auf das neue Praktikum nicht berührt. Das Grundpraktikum 1 ist immer noch ein konventionelles Praktikum, bei dem die Aufgaben vorgegeben sind. Die Studierenden bereiten sich mit vorgegebenen Unterlagen zu Hause vor und finden in den Praktikumsräumlichkeiten – im Normalfall – die Experimentiermaterialien passend vor. Da dies im alten und im neuen Praktikum gleich gehandhabt wird, ist – wie anhand der Interviews gezeigt wurde – eine signifikante Veränderung im Autonomieerleben nicht zu erwarten.

In der Analyse der Interviews konnte auch gezeigt werden, dass die Betreuer einen großen Einfluss auf die drei Grundbedürfnisse der Motivation haben. Da auch die Betreuer im alten und im neuen Praktikum die gleichen sind, verändert sich eine wesentliche Inputvariable nicht. Daraus wird klar, wie wichtig die Sensibilisierung der Betreuungspersonen für die Betreuungssituation ist.

Alles in Allem ist das Einbinden von meteorologischen Kontexten in Form von einführenden Kapiteln zum „meteorologischen Bezug“ aber sicher ein geglückter Schritt, der in Zukunft gegebenenfalls auch noch weiter ausgebaut werden kann. Auch wenn nicht sichergestellt ist, ob sich intrinsische Motivation, Anstrengungsbereitschaft und Engagement der Studierenden durch die „meteorologischen Bezüge“ steigern, so gibt es doch deutliche Hinweise darauf, dass diese Kapitel in der Vorbereitungsphase positiv aufgenommen werden.

Besonders jene Studierende, die der Physik und insbesondere dem Grundpraktikum 1 gegenüber nicht von vornherein positiv eingestellt sind, könnten durch die „meteorologischen Bezüge“ profitieren.

Beachtet werden muss bei der Interpretation der Ergebnisse, dass die Interviewpartnerinnen nicht völlig zufällig ausgewählt wurden. Es ist zu vermuten, dass jene Studierenden, die generell eine positive Einstellung zum Praktikum haben, sich eher für ein Interview zur Verfügung stellen. Es besteht daher die Möglichkeit, dass es noch weitere Studierende gibt, die eine ähnlich negative Einstellung zur Physik und damit zum Grundpraktikum 1 haben, wie Student 4A, die in den Interviews aber nicht erfasst wurden. Vor allem für solche Studierende, die in der Physik nicht von vornherein einen Sinn für das Meteorologiestudium sehen, wäre eine tiefergehende Kontextualisierung sicher sinnvoll. Sollte die Kontextualisierung des Grundpraktikums 1 also noch ausgebaut werden, müsste zuvor analysiert werden, wie groß der Anteil an Studierenden ist, die an Physik generell nicht interessiert sind.

Abgesehen von dieser Überlegung scheint aber in Anbetracht der allgemein guten Rückmeldung der Interviewpartnerinnen eine Weiterentwicklung der Kontextualisierung nicht unbedingt notwendig zu sein. Der Großteil der interviewten Personen sieht ohne weiteres ein, dass physikalische Inhalte und Arbeitsweisen grundlegend für das Meteorologiestudium sind. Bei jenen Studierenden, deren Motivation für Physik aufgrund der Nähe der beiden Studienrichtungen schon von Beginn an hoch ist, wird durch das Offenlegen von meteorologischen Bezügen in den Unterlagen anscheinend keine Motivationssteigerung erreicht. Ein physikalisches Praktikum, egal welcher Konzeption, wird von diesen Studierenden gut angenommen, da sie Physik als selbstverständlichen Teil der Meteorologie akzeptieren. Wie aus den Interviews hervorgeht, wirkt sich das beschriebene Treatment des kontextualisierten Praktikums hauptsächlich auf situationales Interesse aus und erleichtert oder rechtfertigt den Studierenden das ansonsten extrinsisch motivierte Lernen.

Danksagungen

Im Anschluss an diese Diplomarbeit möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium so lange finanziert haben und denen jetzt hoffentlich bald ein Stein vom Herzen fallen wird. Außerdem bedanke ich mich bei meiner (Paten-)Tante Barbara, die sich bereit erklärt hat, die ganze Arbeit Korrektur zu lesen. Bei meiner Oma bedanke ich mich für die extrinsische Motivation (= versprochene Belohnung) und für die Telefonanrufe in den letzten Wochen der Arbeit.

Ein großer Dank gilt natürlich dem didaktischen Leiter des Anfängerpraktikums und fachlichen Begleiter meiner Arbeit Dr. Clemens Nagel, der mich besonders im Endspurt verlässlich unterstützt hat, sowie meinem Betreuer Prof. Viktor Gröger. Außerdem bedanke ich mich beim Entwicklungsteam des Anfängerpraktikums für die Kooperation beim Einbinden der meteorologischen Kontexte in die einzelnen Praktikumsbeispiele.

Last but not least bedanke ich mich bei Doris für die Schreibtischlampe, mit der die Erleuchtung kam.

Literatur

- Altrichter, H. & Posch, P. (1994): *Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Bauer (2011): *Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Elektrizität*. Diplomarbeit an der Universität Wien.
- Berger & Hänze (2004): Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* Jg. 10, 2004 S.205-219
- Bergmann & Schaefer; Hrsg. Raith, W. (2001): *Lehrbuch der Experimentalphysik. Erde und Planeten*. Band 7. 2. Auflage. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Curriculum Bachelorstudium: http://www.univie.ac.at/mtbl02/2007_2008/2007_2008_299.pdf (Stand 03.10.2011)
- Flick, U (2004): *Triangulation. Eine Einführung*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2006): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. 2. Auflage. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hofmann (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.
- Hopf, Schecker, & Wiesner (2011): *Physikdidaktik kompakt*. Aulis.
- Karmasin, F & Karmasin, H. (1977): *Einführung in die Methoden und Probleme der Umfrageforschung*. Graz: Böhlhaus.
- Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek (1997): Das Modell der didaktischen Rekonstruktion *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 3, Heft 3. (S. 3-8.)
- Kaufmann, J (1996): *Das verstehende Interview*. Konstanz: UVK-Verlag. (S. 59, S. 65)
- Kofler, M (2005): *Linux. Installation, Konfiguration, Anwendung*. 7. Auflage. Addison-Wesley.
- Laatz, W & Janssen, J (2007): *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows*. 6. Auflage. Berlin Heidelberg New York: Springer.

- Lamnek, S (1995): *Qualitative Sozialforschung. Methoden und Techniken*. Band 2. Weinheim: Beltz-Verlag, Psychologie Verlags Union.
- Mayer, D: (2009): *Allgemeine Meteorologie II*. Vorlesungsskriptum Meteorologie und Geophysik Wien.
- Meyer, H. (2008): *Interview und schriftliche Befragung. Entwicklung Durchführung Auswertung*. 4. Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Muckenfuß, H. (1995): *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- Müller, A: *Kontextorientierung im Physikunterricht – Lernen im sinnstiftenden Kontext nach H. Muckenfuß*.
<http://www.aunda-net.homepage.t-online.de/homepage/schule/kontext/grundlagen.html>
 (04.09.2011)
- Nagel, C. (2009): *eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum*. Berlin: Logos.
- Nawrath, D (2010): *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum. (Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion Bd. 29).
- Neumann, K (2004): *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Berlin: Logos.
- Ryan & Deci (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, Jg. 39. Heft 2/1993). Beltz. (S. 224 -238)
- Theyßen, H (2005): Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 11.
- Theyßen, H. (1999): *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin*. Berlin: Logos.
- Vollmer, M. (2006): *Lichtspiele in der Luft. Atmosphärische Optik für Einsteiger*. München: Spektrum.
- Weischet, W. & Endlicher, W. (2008): *Einführung in die Allgemeine Klimatologie*. Berlin Stuttgart: Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung.
- Wolff, D. (1997): Lernen lernen, Wege zur Autonomie des Schülers. *Lernmethoden - Lehrmethoden. Wege zu Selbständigkeit*, Meyer, Meinert A. [Hrsg.], Stuttgart : Klett. (S.106-108)
- Wolny, B. (2010): *Neugestaltung der Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften unter Verwendung der Methode der didaktischen Rekonstruktion für Hochschulpraktika*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik Wien.

Grundpraktikum I für Meteorologie

Alle Kontexte

Version vom

18. Oktober 2011

Meteorologischer Bezug MP1

In einer naturwissenschaftlichen Disziplin wie der Meteorologie sind grundlegende Fertigkeiten wie Beobachten, Planen und Durchführen von Experimenten, Messen und Auswerten von Daten etc. von großer Bedeutung. In der experimentellen Meteorologie werden Sie auf diese Grundlagen zurückgreifen müssen. Im Rahmen dieses ersten Kurstages sollen Ihnen diese Grundfertigkeiten näher gebracht werden. Dies wird exemplarisch anhand verschiedener Experimente mit Pendel geschehen. Pendel führen eine *Schwingung* aus, wenn sie aus ihrer Ruhelage ausgelenkt werden. Die rücktreibende Kraft ist dabei die Schwerkraft. Das Konzept der Schwingung wird Ihnen im weiteren Verlauf Ihres Studiums wieder begegnen. Ein Beispiel für eine mechanische Schwingung der Luft (die sich auch räumlich fortpflanzt) ist die Entstehung von Leewellen. Sie basiert auf einem ähnlichem Prinzip wie die Schwingung eines Pendels. Leewellen sind „Schwerewellen“, das heißt, ihre Antriebskraft basiert wie beim Pendel auf dem Einfluss der Erdbeschleunigung, die letztlich für das Auftreten von Auftriebskräften notwendig ist. Leewellen entstehen auf der windabgewandten Seite (= Lee) von größeren Gebirgen. Wird das Gebirge gleichmäßig mit einer Windgeschwindigkeit von 40 - 100 km/h überströmt, kann sich nach ca. einem Tag eine wellenförmige Schwingung der Luftmassen ausbilden (vgl. Abb. 1).



Abbildung 1: Leewellen. Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Leewellen>

Wie auch bei einem Pendel ist die Voraussetzung für eine Schwingung immer, dass es eine Ruhelage gibt. Beim Pendel ist dies der tiefste Punkt, in dem es nach längerem Schwingen zur Ruhe kommt. Im Fall von Leewellen muss in der Atmosphäre eine stabile Schichtung¹ bestehen, durch die die Ruhelageposition eines ausgelenkten Luftpakets vorgegeben wird. In einer instabil geschichteten Atmosphäre würde sich nämlich ein nach oben ausgelenktes Luftpaket immer weiter nach oben bewegen, anstatt zu einem Ruhepunkt zurückzukehren. Die Auslenkung ergibt sich in diesem Fall durch das Gebirge. Es „zwingt“ die Luft, sich zu heben. Da die Atmosphäre stabil geschichtet ist, hat das nach oben gehobene Luftpaket eine größere Dichte (bzw. ist kälter), als seine Umgebung und sinkt dadurch wieder. Wie beim Pendel, das nach einer Auslenkung auf seine Ruhelage zu- und darüber hinaus schwingt, schwingt auch das Luftpaket über seine Ruhelage hinaus. Auf der anderen Seite muss es nun wieder zurückschwingen. Ohne Dämpfung würde ein einmal ausgelenktes

¹stabile Schichtung: Der tatsächliche Temperaturverlauf in der Atmosphäre nimmt mit der Höhe weniger ab, als die Temperatur eines nach oben gehobenen Luftpaketes, bei dem sich die Temperaturabnahme durch adiabatische Expansion ergibt. Ein nach oben gehobenes Luftpaket hat dadurch immer eine geringere Temperatur, als seine Umgebung und sinkt dadurch wieder ab.

Luftpaket immer weiter um seine Ruhelage schwingen. Da die Umgebungsluft aber Reibung erzeugt, handelt es sich hier um eine gedämpfte Schwingung - das Luftpaket wird sich irgendwann wieder in seiner Ruhelage einpendeln. Da im Allgemeinen auch ein vertikaler Wind vom Gebirge weg herrscht, bleibt die Schwingung nicht räumlich begrenzt sondern breitet sich in Form einer Welle aus. Sichtbar wird diese Welle - die ja zunächst nur eine Schwingung von Luftpaketen ist - dann, wenn die Luft genau so feucht ist, dass das Wasser im nach oben ausgelenkten Zustand kondensiert, im nach unten ausgelenkten Zustand aber nicht. Hat man es mit einer stehenden Welle zu tun, wird die so kondensierte Wolke nicht mit der Strömung mitgetragen, sondern bleibt stationär - es bildet sich eine (oder mehrere) Lenticulariswolke/n (siehe Abb. 2).



Abbildung 2: Lenticulariswolke. Quelle: <http://www.wolkenatlas.de/wolken/wo11241.htm>;
Foto: Bernhard Mühr

Meteorologischer Bezug MP2

Moderne Messtechnik in den Naturwissenschaften bedient sich fast immer der Erfassung elektrischer Signale. Spezielle Sensoren wandeln eine Messgröße in eine messbare Spannung oder einen messbaren Strom um. So können in kurzer Zeit mehr Datenpunkte (automatisch) aufgenommen werden. Auch in der digitalen Messtechnik sind oft analoge elektrische Messsignale Ausgangspunkt der Messung (diese müssen dann in einem analog/digital-Wandler umgewandelt werden). Eine für die Meteorologie bedeutende Messung ist die Temperaturmessung. Um sie zu automatisieren, wie es z.B. in Wetterstationen der Fall sein muss, bedient man sich der elektronischen Erfassung. Im Laufe des Praktikums werden Sie mehrere (elektrische) Methoden zur Temperaturmessung kennenlernen, hier soll jedoch anhand eines Beispiels verdeutlicht werden, wie essentiell die elektrische Messtechnik dafür ist.

Das Widerstandsthermometer:

Widerstandsthermometer basieren auf der Tatsache, dass sich der Widerstand von Metallen (annähernd) proportional zur Temperatur ändert.

$$R(T) = R_{T_0} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

R_{T_0} ist dabei der Nennwiderstand, gemessen bei einer beliebigen Referenztemperatur T_0 (meist 0°C oder 20°C).

Der Widerstandskoeffizient α hängt vom Material ab und ist ein Maß dafür, wie stark der Widerstand mit der Temperatur steigt. Für Kupfer liegt α zum Beispiel bei $4,27 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Das heißt, ein Kupferwiderstand von 100Ω ändert sich pro 1°C um $100 \cdot 4,27 \cdot 10^{-3} = 0,427 \Omega$. Der Messbereich liegt hier allerdings nur zwischen -50°C und $+150^\circ\text{C}$. Gängige Widerstandsthermometer werden daher aus *Platin* gefertigt, das schon einen Messbereich von -220°C bis $+250^\circ\text{C}$ abdeckt. Sein Widerstandskoeffizient beträgt $3,85 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ und ist damit etwas kleiner, als der von Kupfer. Die Messwerte für Platin sind allerdings besser reproduzierbar, weswegen sich dieses Metall für Widerstandsthermometer besser eignet. Platinwiderstände zur Temperaturmessung mit einem Nennwiderstand von 100Ω bei 0°C nennt man „PT100“.

Um die Temperatur genau zu bestimmen, muss also eine möglichst genaue Widerstandsmessung durchgeführt werden. Will man zum Beispiel die Temperatur auf Zehntelgrad genau messen, muss der Widerstand auf rund $0,4 \Omega$ genau bestimmt werden! Um einen unbekannten Widerstand zu bestimmen müssen im Allgemeinen Strom und Spannung am Widerstand gemessen werden. Ausnahmen hiervon sind Kompensationsschaltungen wie z.B. die Wheatstonebrücke, die Sie im Grundpraktikum 2 für Meteorologie zur Messung von Thermowiderständen verwenden werden. Das heißt, bei einer Messung muss immer auch Strom durch den Widerstand fließen. Bei einem Thermowiderstand sollte dieser Strom sehr klein bleiben, da er sich sonst durch innere Reibung erwärmt und die Messung verfälscht. Im folgenden Praktikumsbeispiel lernen Sie Methoden kennen, wie Widerstände gemessen werden und wie der Messfehler dieser Messungen bestimmt wird.

Wechselstromwiderstände in der Datenübertragung

Messdaten müssen in der meteorologischen Datenerfassung oft vom Ort der Messung an ein weiter entferntes Gerät - etwa einen Rechner - zur Auswertung übertragen werden. Bei längeren Strecken geschieht dies über Funk. Wo es möglich ist, werden aber auch Kabel verwendet.

Bei der Datenübertragung über ein Kabel muss darauf geachtet werden, dass das Signal möglichst wenig gestört wird. Wie im Kapitel über Wechselstromwiderstände erklärt wird, verändern nichtohmsche Widerstände (Kapazitäten und Induktivitäten) eine elektrische Schwingung. Da die Übertragung von Messsignalen nichts anderes ist, als das Leiten zeitlich veränderlicher Spannungsimpulse (im Allgemeinen Rechtecksignale), wirken Wechselstromwiderstände in manchen Fällen störend auf das Signal.

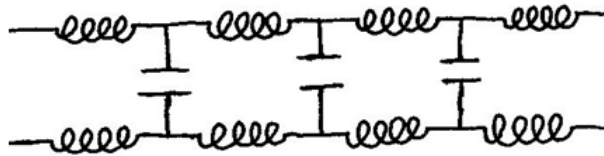


Abbildung 3: Ersatzschaltbild für Leitungskabel

Man kann sich nun ein Leitungskabel als eine Aneinanderreihung von Kondensatoren und Spulen (also kapazitiven und induktiven Widerständen) vorstellen (vgl. Abb. 3). Zusätzlich kommt natürlich auch noch der ohmsche Widerstand der Leitung ins Spiel, der das Signal nur abschwächt, aber nicht verändert. Die Vorstellung der *Induktivitäten* kommt daher, dass ein Leiterkabel durch das Strom fließt wie eine (ausgewickelte) Spule wirkt. Durch die bewegten Ladungen wird ein Magnetfeld erzeugt, das wieder auf den Leiter zurückwirkt und so einen induktiven Widerstand erzeugt. Die Vorstellung der *Kapazitäten* kommt daher, dass zur Signalübertragung ein geschlossener Stromkreis notwendig ist. Das heißt, es braucht eine Hin- und eine Rückleitung (die z.B. im *Koaxialkabel* durch Innen- und Außenleiter verwirklicht ist). Diese beiden Stränge können als eine Parallelschaltung von Kondensatoren angesehen werden, da sich zwischen ihnen immer ein elektrisches Feld aufbaut.

Die Koppelung von Induktivitäten, Kapazitäten und ohmschen Widerständen bewirkt in der Leitung eine Verzerrung des Signals. Bei der Übertragung von Messdaten ist dies natürlich nicht erwünscht. Daher muss bei der Wahl und der Länge des Leiters immer darauf geachtet werden, dass Signale möglichst störungsfrei übertragen werden. Getestet werden kann dies zum Beispiel mit einem Funktionsgenerator, der eine Rechteckfunktion erzeugt und einem Oszilloskop, das die übertragenen Impulse anzeigt. Je nach Art der Daten muss die Leitung Rechtecksignale im kHz- bis MHz-Bereich störungsfrei übertragen können. Im folgenden Praktikumsbeispiel lernen Sie den Einfluss von Induktivitäten und Kapazitäten im Wechselstromkreis kennen. Um diese Messungen durchzuführen benötigen Sie ein spezielles Messgerät, mit dessen Umgang Sie sich auch vertraut machen sollten: Das Oszilloskop. Konkrete Anwendungen des Oszilloskops werden Sie im Grundpraktikum II kennenlernen, wo Sie dieses Messgerät eigenständig bedienen können sollen.

Meteorologischer Bezug MP3

Um meteorologische Messstationen zu betreiben, die vom elektrischen Netz unabhängig sind - etwa auf dem Berg oder in abgelegenen Gebieten - werden oft Solarmodule eingesetzt. Da die Messgeräte konstant mit Strom versorgt werden müssen, sind sie nicht direkt an die Solarmodule angeschlossen, sondern an Akkumulatoren, die an Sonnentagen geladen werden. Die Akkukapazität und die Leistung des Solarmoduls muss dabei an den Verbrauch und an die Sonnenscheindauer im jeweiligen Gebiet angepasst werden. Für die elektrotechnische Umsetzung dieser unabhängigen Stromversorgung sind darüber hinaus auch Dioden notwendig. Diese elektrotechnischen Bauteile und ihre Charakteristiken sollen in dieser Praxiseinheit vorgestellt werden.

Um die technischen Anforderungen meteorologischer Feldmessungen zu verdeutlichen, werden nun zwei unterschiedliche Messstationen beschrieben, die unterschiedliche Leistungsanforderungen haben und daher auch unterschiedliche Solarmodule verwenden.

Messgerätlift auf dem Trafel (NÖ)

Ein Beispiel für die Anwendung von Solarzellen bei Feldmessungen ist der Messgerätlift des meteorologischen Instituts auf dem Trafel im Schneeberggebiet. Da meteorologische Messungen zwei Meter über Grund gemacht werden sollten, wurde eine Messstation entwickelt, die die Messgeräte bei Schneefall entsprechend heben kann. Das heißt, dass neben den üblichen Messgeräten (Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Strahlung, Druck, Niederschlag, Windgeschwindigkeit) auch noch ein Ultraschallsensor zur Bestimmung der Schneehöhe und der Motor des Gerätelifts betrieben werden müssen. Versorgt werden diese Geräte über insgesamt drei 12 V Blei-Gel Akkus (siehe Abb. 4). Davon wird einer für die Messgeräte verwendet, einer für den Motor des Lifts. Der dritte Akku dient zur Reserve. Die Akkus haben eine Kapazität von 86,4 Ah und sind in der Lage, die Messgeräte ca. zwei Wochen lang zu versorgen, ohne nachgeladen zu werden. Geladen werden die Akkus von drei ca. 0,5x1,5 m großen Solarmodulen. Wie man am Foto erkennen kann, sind sie senkrecht an der Messstation angebracht. Dies ist für Solarmodule im Allgemeinen nicht üblich, denn die meiste Sonnenausbeute würde man - in unseren Breiten - auf einer geneigten Fläche erhalten. Da die Messstation sich aber auf dem Berg befindet und im Winter Schnee und Eis ausgesetzt ist, muss verhindert werden, dass die Solarmodule eingeschneit oder mit einer Eisschicht überzogen werden. Dies erreicht man am einfachsten, indem man sie senkrecht anbringt. Die geringere Sonnenausbeute muss also in Kauf genommen werden, wenn der Betrieb auch im Winter ermöglicht werden soll. Bei der Kapazität der Akkus ist zu beachten, dass sie bei niedrigen Temperaturen stark sinkt. Ein Akku, der bei 20°C die Messgeräte zwei Wochen lang versorgen könnte, wird im Winter bei bis zu -20°C wesentlich schneller leer. Dieser Umstand muss bei der Dimensionierung des Solarmoduls berücksichtigt werden. Außerdem beeinflusst natürlich auch die Anzahl der zu erwartenden Sonnentage die Größe der Solarmodulfläche. Ist bekannt, dass in einer längeren Schlechtwetterperiode zwischendurch ein sonniger Tag zu erwarten ist, muss sie so dimensioniert werden, dass in dieser Zeit eine genügend hohe Leistung erreicht wird.



Abbildung 4: li.: Messgerätelift am Trafel (NÖ). re.: Akkumulatoren und Motorgehäuse.

Messstation Sterzing, Südtirol

Es gibt natürlich auch kleinere Messstationen, die mit einer wesentlich geringeren Solarmodulfläche auskommen. So zum Beispiel eine Messstation des hydrographischen Amts Bozen in der Nähe von Sterzing (Abb. 5). Hier wird ebenfalls ein 12V Blei-Akku über ein 36 W Solarpanel betrieben. Der Akku hat eine Kapazität von 80Ah. Wie man auf dem Foto erkennen kann, ist die Fläche der Solarzelle wesentlich kleiner als beim oben beschriebenen Messgerätelift.

Der Stromverbrauch dieser Wetterstation ist sicher kleiner als der Stromverbrauch der Station Trafel, da nur die Messgeräte selbst, aber kein Motor betrieben werden müssen. Auf der Messstation sind nur wenige Geräte angebracht: ein Temperatursensor, ein Windmesser, ein Feuchtemesser und zwei Antennen, die für die Datenübertragung zuständig sind. Außerdem wird auch noch ein Niederschlagsmesser (im Bild nicht sichtbar) vom Akku betrieben.

Da Messgeräte pro Messung nur sehr wenig Strom brauchen und die Messungen meist auch nicht lange dauern, genügt für diese Station ein kleines Solarmodul. Der meiste Strom wird übrigens durch die Datenübertragung über Funk und GSM verbraucht.

Die kleinere Dimension des Solarmoduls liegt aber auch daran, dass diese Messstation im Winter weniger widrigen Wetterbedingungen ausgesetzt ist, als die Station Trafel. Die Akku-Kapazität sinkt dadurch nicht so drastisch ab, die Gefahr, dass das Solarmodul vereist ist geringer. Durch die unmittelbare Nähe einer Stadt ist außerdem das Austauschen eines Akkus mit wesentlich weniger Aufwand verbunden und kann daher in Kauf genommen werden.

Ein weiterer Unterschied ist zudem die Neigung des Solarmoduls. Bei der Messstation in Sterzing muss auf Vereisung weniger Rücksicht genommen werden, wodurch das Solarmodul optimal ausgerichtet werden kann. Bei der Station Trafel muss die senkrechte Stellung durch größere Fläche wieder wettgemacht werden.

Im Verlauf dieses Kurstages werden sie einführende Messungen zur Charakterisierung eines kleinen Photovoltaik Moduls zur Generierung elektrischer Energie machen und die Eigenschaften wiederaufladbarer Batterien untersuchen. Aus den beiden Komponenten wird eine einfache Ladestation für Akkumulatoren aufgebaut, um eine feldtaugliche autarke Energieversorgung zu illustrieren.



Abbildung 5: Messstation Sterzing, Südtirol

Meteorologischer Bezug MP4

Brechung und Dispersion in der Atmosphäre

Brechung und Dispersion sind die Grundlage mehrerer atmosphärischer Leuchterscheinungen. So entsteht zum Beispiel ein Regenbogen dadurch, dass das weiße Sonnenlicht beim Eintritt in Wassertröpfchen gebrochen, im Tropfen reflektiert und beim Austritt ein weiteres Mal gebrochen wird. Die Brechung erfolgt jeweils an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft. Beim Eintritt in den Tropfen findet ein Übergang von optisch dünnem (Luft) in ein optisch dichtes (Wasser) Medium statt und das Licht wird zum Lot hin gebrochen. Beim Austritt aus dem Tropfen ist es umgekehrt.

Da die Brechzahl von der Wellenlänge abhängig ist (Dispersion), werden die jeweiligen Farben auch unter etwas unterschiedlichen Winkeln gebrochen. Das Farbspektrum wird dadurch räumlich aufgespalten. Geht man alle möglichen Strahlengänge durch, ergibt sich ein Maximum bei einem Ablenkwinkel von 42° . Das bedeutet, dass jeder Regenbogen ein 42° -Ring um die Sonne ist, wobei allerdings im Allgemeinen nur der obere Teil sichtbar ist.

Auch die etwas weniger bekannten *Halos* entstehen durch Brechung. Hier wird das Licht aber im Unterschied zum Regenbogen an Eiskristallen gebrochen. Da es innerhalb des Eiskristalls nicht reflektiert wird, erscheinen Halos nicht um den Sonnengegenpunkt, sondern um die Sonne selbst (Abb. 6), wenn diese etwa durch Zirruswolken (die ja aus Eiskristallen bestehen) scheint.

Die meisten Halos sieht man unter einem Winkel von 22° um die Sonne.



Abbildung 6: Halo um die Sonne im 22° Winkel.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Halo>

Ein weiteres für die Meteorologie wichtiges Phänomen ist die Refraktion (= bogenförmige Brechung) des auf die Erde einfallenden Sonnenlichts durch die Atmosphäre. Die Dichte nimmt in der Atmosphäre nach oben kontinuierlich ab. Man kann sich diese Abnahme der Dichte vereinfacht als übereinander geschichtete Luftschichten unterschiedlicher Dichte vorstellen (Abb. 7). Dadurch ergeben sich exakte Grenzflächen zwischen Luftschichten unterschiedlicher Dichte.

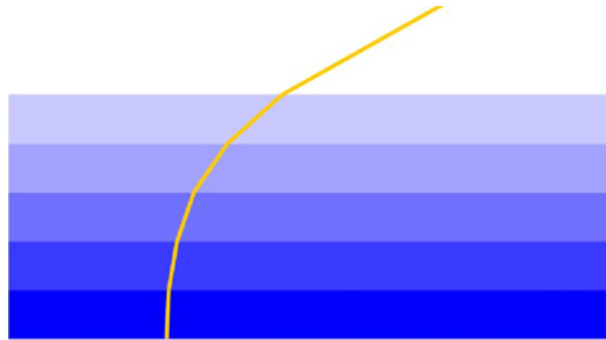


Abbildung 7: Luftschichten und Brechung schematisch dargestellt

In Gasen hängt die Brechzahl von der Dichte ab. Ein Gas mit größerer Dichte ist auch optisch dichter. Ein Lichtstrahl, der von einer Luftschicht mit kleiner Dichte in eine Luftschicht mit höherer Dichte übergeht, tritt damit von einem optisch dünnen in ein optisch dichteres Medium ein. Der Strahl wird daher zum Lot hin gebrochen. (Abb. 7) Dies geschieht nun an jeder (gedachten) Schichtgrenze. Der Lichtstrahl beschreibt daher einen „Bogen“ in der Atmosphäre. Die in Wirklichkeit kontinuierliche Abnahme der Dichte erreicht man dadurch, indem man die Schichtdicke immer dünner werden lässt. Durch diese Ablenkung der Lichtstrahlen gelangt mehr Sonnenlicht in die Polarregionen, die von einem geradlinigen Lichtstrahl nur gestreift werden würden. Dadurch wird ein größerer Teil der Erdoberfläche mit Sonnenenergie versorgt, als es ohne Refraktion der Fall wäre. Letztendlich wirkt sich diese Tatsache auf den Energiehaushalt der Erde aus.

Spektrometrie in der Satellitenfernerkundung

Spektrometrie spielt in der Satellitenfernerkundung eine wichtige Rolle. Sie wird zum Beispiel zur Bestimmung des Wasserdampfgehalts in der Atmosphäre eingesetzt. Die Kenntnis des Wasserdampfgehalts lässt dann auf die weitere Entwicklung des Wetters schließen. Wie Sie im folgenden Praktikumsbeispiel sehen werden, absorbieren verschiedene Gase unterschiedliche Wellenlängen aus dem weißen Licht. Für Wasserdampfmoleküle liegen diese Wellenlängen hauptsächlich im Infrarot-Bereich (Abb. 8).

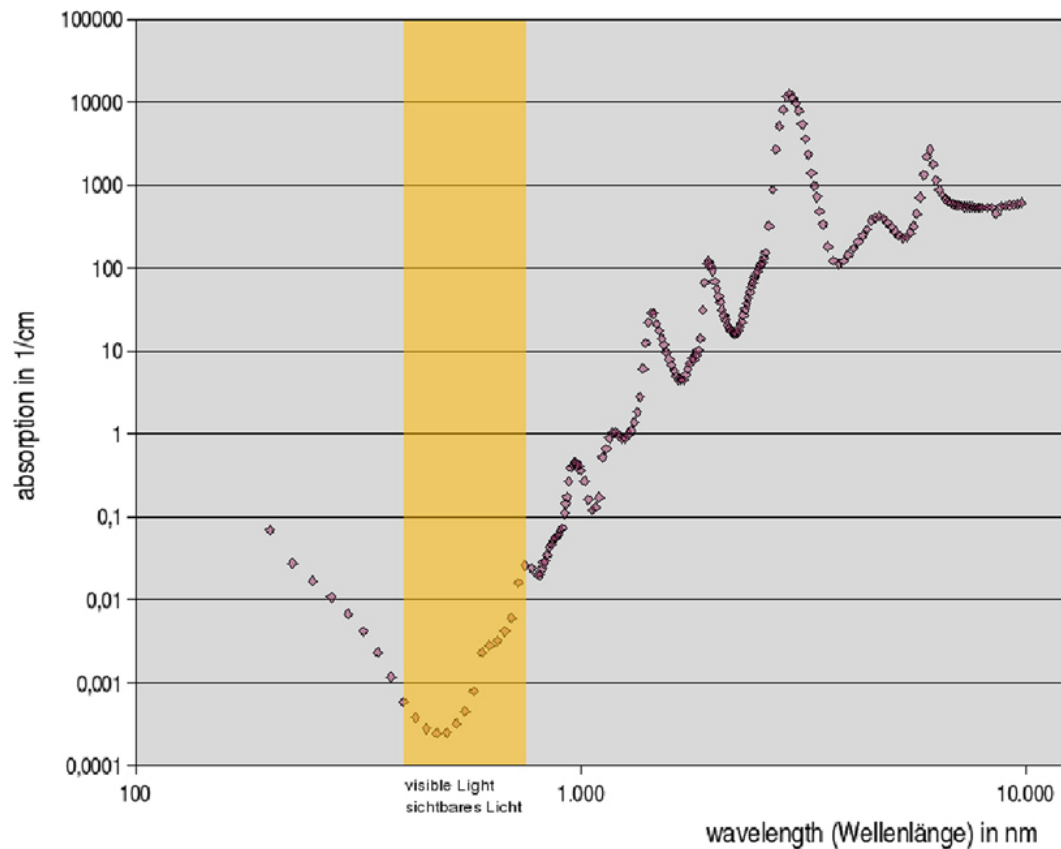


Abbildung 8: Absorption von Licht in Abhängigkeit von der Wellenlänge in (flüssigem) Wasser. Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Eigenschaften_des_Wassers

Das von der Sonne auf die Erde einfallende Licht bzw. die von der Erde wieder abgegebene Strahlung wird von den Wassermolekülen in der Luft in genau jenen Bereichen am stärksten absorbiert, wo im Diagramm Maxima zu sehen sind. Der Satellit analysiert das Spektrum des von der Erde reflektierten Lichts (bzw. die abgegebene Wärmestrahlung) (Abb. 9), von dem beim Durchgang durch die Atmosphäre Teile herausgefiltert wurden.

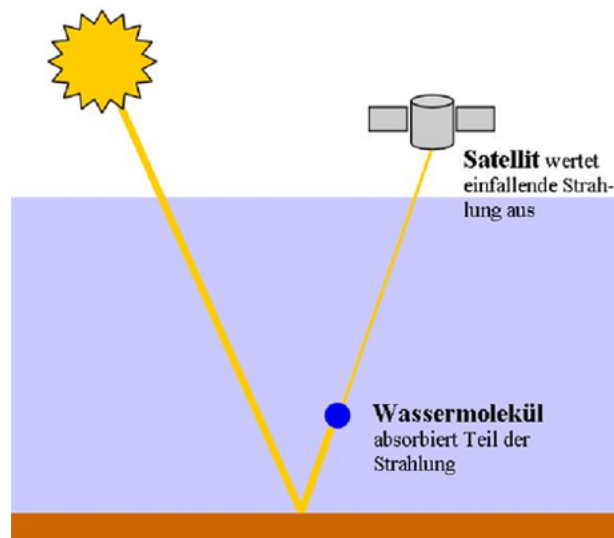


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Strahlungsverlaufs und der Absorption in der Atmosphäre

Stellt man sich das Licht als Teilchen (Photonen) mit bestimmten Energien vor, kann man sagen, dass jedes Photon mit der Energie im Absorptionsbereich von Wasser, das auf ein Wassermolekül trifft absorbiert wird. Je mehr Wassermoleküle sich in der Atmosphäre befinden, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Photon auf ein solches trifft und absorbiert wird. Je weniger Photonen der Absorptionswellenlängen von Wasser beim Satelliten ankommen, desto größer ist die Konzentration von Wassermolekülen in der Atmosphäre. Da auch andere Moleküle in der Atmosphäre Licht absorbieren, ist es notwendig, nicht nur die gesamte Intensität, sondern eben das Spektrum zu analysieren. Nur bei jenen Wellenlängen, die von den Wassermolekülen absorbiert werden, kann man Rückschlüsse auf den Wasseranteil in der Atmosphäre ziehen.

Meteorologischer Bezug MP5

Polarisation in der Wetterfernerkundung

Polarisierte elektromagnetische Wellen werden häufig in der Wetter-Fernerkundung eingesetzt. Durch die Möglichkeit, horizontale und vertikale Komponenten eines Objektes getrennt betrachten zu können, kann man genauere Aussagen über das Objekt machen. Ein gewöhnliches Niederschlagsradar sendet von einer Bodenstation elektromagnetische Wellen mit ca. 5 cm Wellenlänge aus. Wellen in diesem Bereich werden von Wassertröpfchen in Wolken, oder auch von einer Regenwand zurückreflektiert und von der Radarstation wieder empfangen. Von der Zeitdifferenz zwischen gesendetem und wieder empfangenem Signal wird auf die Entfernung der Wolke oder des Niederschlagsgebietes geschlossen. Aufgrund der Intensität der reflektierten Welle kann man auf den Wassergehalt der Wolke schließen: Je mehr reflektiert wird, desto mehr kondensiertes Wasser befindet sich in der Wolke. Mit dieser Methode kann man allerdings nicht bestimmen, um welche Art von Niederschlag (Regen, Hagel, Schnee) es sich handelt oder wie groß die Regentropfen sind. Zu diesem Zweck wird ein polarimetrisches Niederschlagsradar eingesetzt. Ein polarimetrisches Radar arbeitet - wie die Bezeichnung schon sagt - mit polarisierten elektromagnetischen Wellen. Es sendet horizontal und vertikal polarisierte Wellen aus und empfängt diese beiden Komponenten auch getrennt wieder. Da fallende Regentropfen nicht rund, sondern abgeplattet sind, werden beide Polarisationsrichtungen unterschiedlich stark reflektiert. Die Abb. 10 veranschaulicht den Zusammenhang: Die senkrecht polarisierte Welle (im Bild rot) trifft auf ein kleineres Hindernis (für sie ist ja nur der senkrechte Schnitt relevant) und wird daher schwächer reflektiert, als die horizontal polarisierte Welle (blau), die auf ein größeres Hindernis trifft (wieder nur in Bezug auf die Ebene, in der sie schwingt). Es ist bekannt, dass Regentropfen unterschiedlicher Größe auch verschieden stark abgeflacht sind. Große Regentropfen werden durch den Luftwiderstand stärker verformt, als kleine, und sind somit flacher. Das Verhältnis von Breite und Höhe (b/h) eines Regentropfens ist somit gleichzeitig auch ein Maß für sein Volumen. Je größer dieses Verhältnis, desto größer das Volumen des Regentropfens.

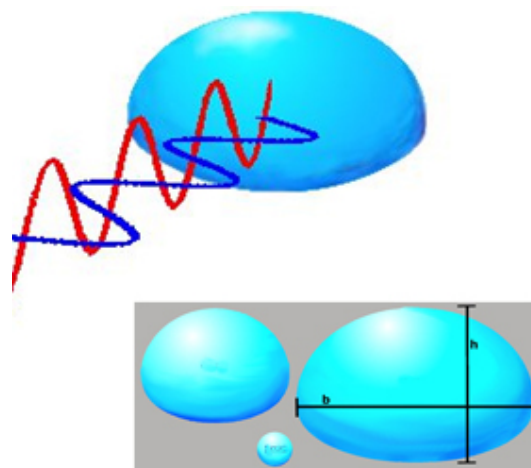


Abbildung 10: Schema polarimetrischer Wetterfernerkundung. Kl. Bild: unterschiedliche Form verschieden großer fallender Regentropfen.

Um nun verschiedene Niederschlagsarten unterscheiden zu können, macht man sich diese Unterschiede in der Geometrie zunutze. Die Differentielle Reflektivität Z_{DR} gibt Aufschluss über die Form des Objektes, das die Welle reflektiert. Sie ist das Verhältnis aus horizontaler Reflektivität Z_H zu vertikaler Reflektivität Z_V also: $Z_{DR} = Z_H/Z_V$.

Da dieses Verhältnis der reflektierten Komponenten dem Verhältnis von Breite zu Höhe entspricht, hat man damit ein Maß für die Proportionen des Regentropfens. Dadurch kann man nun einerseits die Größe der Regentropfen bestimmen, andererseits aber auch erkennen, ob es sich um Regen oder Hagel handelt. Hagelkörner fallen nämlich im Gegensatz zu Regentropfen hochkant nach unten. Das bedeutet, dass auch die vertikale Komponente der elektromagnetischen Welle stärker reflektiert wird und die differentielle Reflektivität kleiner als 1 wird.

Atmosphärische Beugungsphänomene

Atmosphärische Leuchterscheinungen haben zwar im Allgemeinen auf das Wetter oder Klima keinen Einfluss, sind aber interessante Phänomene, die sich mithilfe der Physik erklären lassen. Bei jenen Erscheinungen, die auf dem Prinzip der Beugung basieren, kann man sogar Rückschlüsse auf die Größe der Wassertröpfchen ziehen.

Wie Sie in der Einheit MP4 kennengelernt haben, bewirkt ein dispersives Element eine Aufspaltung von weißem Licht in seine Spektralfarben. Dort wurde bereits erwähnt dass auch ein feines Gitter, letztlich aber sogar ein einzelner Spalt ein solches dispersives Element ist. Der Effekt, der dazu führt wird als Beugung bezeichnet und in dieser Einheit genau behandelt (allerdings nur für monochromatisches Licht). Je dünner ein Spalt ist, desto mehr wird das Farbspektrum aufgefächert. Dieses Phänomen zeigt sich aber nicht nur an einem Spalt, sondern auch an kleinen Objekten, etwa an einem Draht in der Dicke des Spaltes. Auch hier gilt wie beim Spalt, je dünner der Draht, desto breiter erscheint das Farbspektrum.

Im Falle des Drahtes wird ein streifenförmiges Beugungsmuster erzeugt. Würde man aber eine kleine Kugel in der gleichen Größenordnung verwenden, wären am Schirm konzentrische Beugungsringe zu sehen. Der Durchmesser der Beugungsringe hängt dabei vom Verhältnis zwischen Wellenlänge λ und dem Durchmesser d des Kügelchens ab. Je größer λ/d , desto stärker wird die Lichtwelle gebeugt. In der Atmosphäre können Wolkentröpfchen, Staub oder Pollen als Beugungsobjekt wirken. Sind sie klein genug, ist auch ihre genaue Form unerheblich. Sie werden immer konzentrische Kreise bilden, auch, wenn sie selbst nicht exakt rund sind (vgl. Abb. [11](#)).



Abbildung 11: (Sonnen-)Lichtbeugung an Wolken. Quelle: <http://www.meteoros.de/bildarchiv/>; Foto:Dieter Klatt

Befindet sich die Sonne oder der Mond hinter einer Wolke mit sehr kleinen und gleichmäßig verteilten (z.B.) Wolkentröpfchen, kann man manchmal einen farbigen Kranz oder Korona um die Sonne (bzw. Mond) beobachten. Da das Licht der Sonne in den meisten Fällen das oft eher schwache Beugungsmuster überdeckt, sind Kränze um den Mond besser sichtbar (siehe Abb. 12). Um eine Korona um die Sonne sehen zu können, muss man die Sonne selbst meist abdecken (bei Sonnenfinsternis gut sichtbar!).

Jedes einzelne Tröpfchen beugt das Licht um einen wellenlängenabhängigen Winkel. Rotes Licht wird dabei stärker gebeugt, als blaues, wodurch sich die Aufspaltung in die Spektralfarben ergibt. Sind die Tröpfchen alle gleich groß, überlagern sich die Beugungsmuster der einzelnen Tröpfchen und bilden einen gemeinsamen Beugungsring. Wären die Tröpfchen unterschiedlich groß, hätten auch die einzelnen Beugungsmuster unterschiedliche Durchmesser und würden sich vermischen. Das Ergebnis wäre diffuses weißes Licht. Damit die Korona überhaupt sichtbar wird, müssen die Beugungsringe einen größeren Winkeldurchmesser haben, als Sonne oder Mond. Ansonsten würden sie von der Lichtquelle gänzlich überstrahlt. Das bedeutet, dass die Wolkentröpfchen klein genug sein müssen, um einen entsprechenden Durchmesser der Beugungsringe zu erzeugen. Nimmt man für den Winkeldurchmesser der Sonne ungefähr $1/2^\circ$ an, ergibt sich eine Tröpfchengröße von ca. 0,1mm. Tröpfchen mit kleinerem Durchmesser erzeugen Beugungsringe, die größer sind, als der Durchmesser der Sonne und sind somit sichtbar. Diesen geometrischen Zusammenhang werden Sie in diesem Kurs ebenfalls kennenlernen.

Im Vergleich dazu haben typische Regentropfen einen Durchmesser von ca. 1mm, sind also zehnmal größer. Der Regenbogen ist daher kein Beugungsphänomen, sondern entsteht durch Brechung (vgl. Prisma).



Abbildung 12: (Mond-)Lichtbeugung an Wolken. <http://www.meteoros.de/bildarchiv/>;
Foto: Claudia Hinz

Der „Durchmesser“ des in Abb. 12 abgebildeten Mondkranzes beträgt laut Angaben der Fotografin ca. 20° . Dies bezieht sich auf den letzten (3. Ordnung) noch sichtbaren roten Ring ($\lambda \approx 700nm$). Nach der Praktikumseinheit sollten Sie in der Lage sein, die Tröpfchengröße abzuschätzen.

Meteorologischer Bezug MP6

Wärmeleitung in der Meteorologie

Wärmeleitung ist in der Meteorologie ein wichtiges Phänomen, wenn es darum geht, zu verstehen, wie der Boden Wärme aufnimmt und wieder abgibt. Dies wirkt sich letztendlich darauf aus, wie stark und wie gleichmäßig die Luft direkt über dem Boden erwärmt wird.

Die oberste Schicht des Bodens wird durch die Sonneneinstrahlung erwärmt. Im Detail bedeutet das, dass die kurzwellige Sonnenstrahlung in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt wird. Ein Teil dieser Strahlung wird sofort von der obersten Bodenschicht wieder abgestrahlt. Ein weiterer Teil wird im Boden nach unten abgeleitet. Wie groß dieser zweite Teil ist, hängt von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab. Allgemein kann man sagen, dass mineralische Böden (Lehm, Stein, Sand) besser leiten als organische Böden (Moor, Torf). (Dies kann man übrigens auch leicht daran erkennen, dass sich zum Beispiel ein Holzfußboden wärmer anfühlt, als ein Steinfußboden.) Außerdem leiten auch feuchte Böden besser, als trockene und kompakte Böden besser, als lockere. Bei einem gut leitenden Boden passiert nun folgendes: Am Tag wird die oberste Schicht durch die Sonnenstrahlung erwärmt. Da der Boden gut leitet, wird ein großer Teil dieser Wärme schnell in tiefere Schichten abgeleitet. Dadurch erwärmt sich die Luftschicht über dem Boden nicht so stark. In der Nacht wird die Wärme aus den tieferen Bodenschichten wieder nach oben geleitet, wo in der Grenzschicht zwischen Luft und Boden auch wieder die Luft erwärmt wird. Bei einem schlecht leitenden Boden fällt dieser Ausgleich zwischen Tag und Nacht weg. Am Tag bleibt die ganze Wärme in der obersten Schicht und erhitzt somit die Luft stark. In den tieferen Bodenschichten kann außerdem nur schlecht Wärme gespeichert werden, weswegen die Luft in der Nacht stärker abkühlt. Die Folge dieses Phänomens ist, dass der Tagesgang (=Temperaturschwankung über 24 Stunden) über schlecht leitenden Böden mehr schwankt, als über gut leitenden. Im Boden selbst verhält es sich genau umgekehrt. In 50 cm Tiefe bleiben die Temperaturen bei einem schlecht leitenden Boden relativ konstant. Bei einem gut leitenden Boden schwanken sie. Dies hat natürlich auch Auswirkungen auf die Tiefe, in die im Winter der Frost eindringen kann.

Ein Detail am Rande: In entwässerten Mooren kann es am Tag sehr heiß werden. Der Grund dafür ist, dass der Boden sehr schlecht leitet. Er besteht ja fast ausschließlich aus organischem Material. Ist er zudem noch trocken, kann kaum Wärme in tiefere Schichten abgeführt werden. Sie staut sich in der obersten Schicht und erhitzt die angrenzende Luft. In der Nacht kühlt die Luft über entwässerten Mooren entsprechend stark ab. So werden leicht Temperaturen unter dem Taupunkt erreicht. Die Folge sind starke, für Moore typische Nebelbildungen.²

²Vgl. Häckel, Hans: Meteorologie. 5. Auflage: S. 225 ff

Konvektion in der Meteorologie

Konvektion spielt in der Meteorologie eine wichtige Rolle. Großräumig führt sie dazu, dass die warme Luft aus Äquatornähe in die Polargebiete transportiert wird, wodurch die Passatwinde entstehen. Auch lokale Windströmungen werden durch Konvektion verursacht. Außerdem bewirkt Konvektion die Bildung von Wolken: feuchte Luftpakete werden in höhere Lagen gehoben. Aufgrund des vertikalen Temperaturgefälles in der Atmosphäre kann es dort unter Umständen kalt genug sein, dass der enthaltene Wasserdampf kondensiert (vgl. Abb. 13).

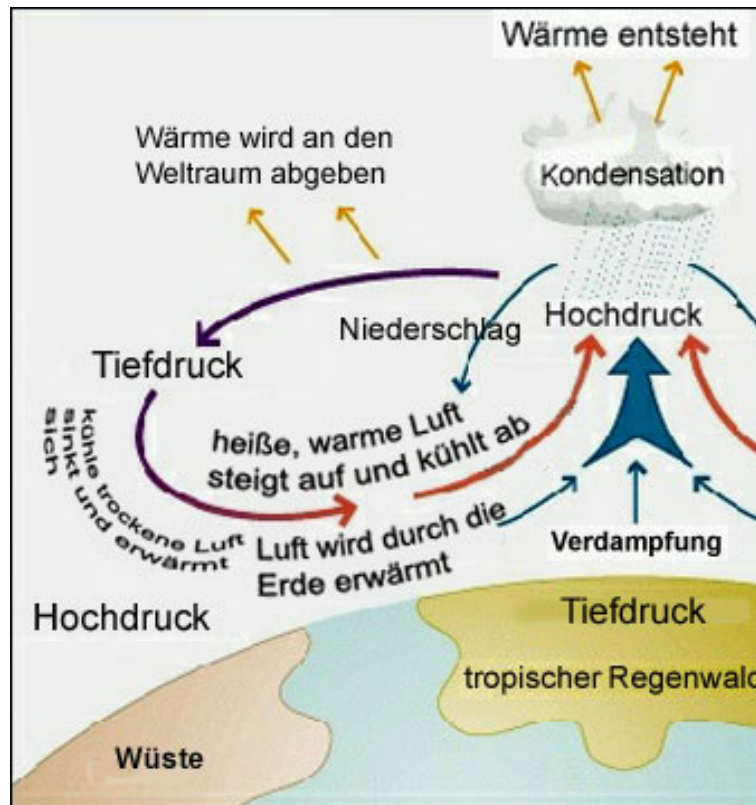


Abbildung 13: Atmosphärischer Hydrozyklus als Beispiel freier Konvektion

Dies ist auch ein Grund, warum Konvektion in der Atmosphäre nicht eins zu eins auf die oft zitierte Konvektion im Kochtopf übertragen werden kann. In der Atmosphäre hat man es mit feuchter Luft bzw. auch mit kondensiertem Wasser zu tun.

In meteorologischen Betrachtungen der Konvektion muss daher auch immer das Auskondensieren bzw. Verdampfen berücksichtigt werden, wenn von sich hebenden oder senkenden Luftpaketen die Rede ist. In einem Experiment mit Flüssigkeit, wie im Praktikum durchgeführt, muss dieser Faktor natürlich nicht berücksichtigt werden. Das ganze vorhandene Wasser bleibt flüssig, egal auf welcher Höhe es sich befindet.

Bei einer von unten erwärmten Flüssigkeit bilden sich regelmäßig angeordnete Konvektionszellen (sogenannte Benard-Zellen). In der Atmosphäre kann es unter gewissen Umständen auch zur Ausbildung von solchen Benard-Zellen kommen. Falls die Konvektion erzeugenden erwärmten Gebiete nur klein sind, wird sich die Organisation der Auf- und Abströmungen danach richten. Über dem erwärmten Gebiet steigt die Luft auf, an einer anderen Stelle, die gerade nicht erwärmt wird, kann die Luft wieder ungehindert nach unten strömen. Es gibt somit keinen Grund regelmäßige Strukturen zu bilden.

Benardzellen entstehen in der Atmosphäre dann, wenn Luftmassen über größere Flächen hinweg gleichmäßig erwärmt werden, und sich somit kein Platz für Abwinde ergibt. Wenn zusätzlich über dem erwärmten Gebiet eine Inversionslage vorherrscht, sich also eine wärmere Luftschicht über einer kälteren befindet, gibt es eine Grenze, an der die aufsteigende Luft nicht vorbei kann. Die erwärmten Luftmassen können nicht weiter aufsteigen als bis zu dieser bestimmten Grenze. Das heißt, irgendwo muss die kühlere Luft der oberen Schicht wieder nach unten transportiert werden. Da es keinen von vornherein ausgezeichneten Weg gibt (es steigt ja von überall her Luft auf) organisiert sich das Konvektionsgebiet selbst und es bilden sich sogenannte Benard-Zellen aus. Sie können die Form von Sechsecken, aber auch von langgezogenen Walzen haben. Die Beschreibung und das Zustandekommen ihrer Form fällt in den Bereich der nichtlinearen Dynamik (vgl. Chaostheorie).

Sichtbar werden solche Konvektionszellen zum Beispiel dann, wenn eine ausgedehnte Stratusschicht von unten erwärmt wird und gleichzeitig auf der oberen Seite Wärme ins Weltall abstrahlt. Die Auf- und Abströme beginnen, sich selbst zu organisieren. In den nach unten sinkenden Luftpaketen (das wären die Linien der Sechsecke) kommen die Wolkentröpfchen in eine wärmere Schicht und verdunsten. Die Wolkendecke reißt auf und bildet sechseckige Flecken, in manchen Fällen auch eine walzenähnliche Struktur.

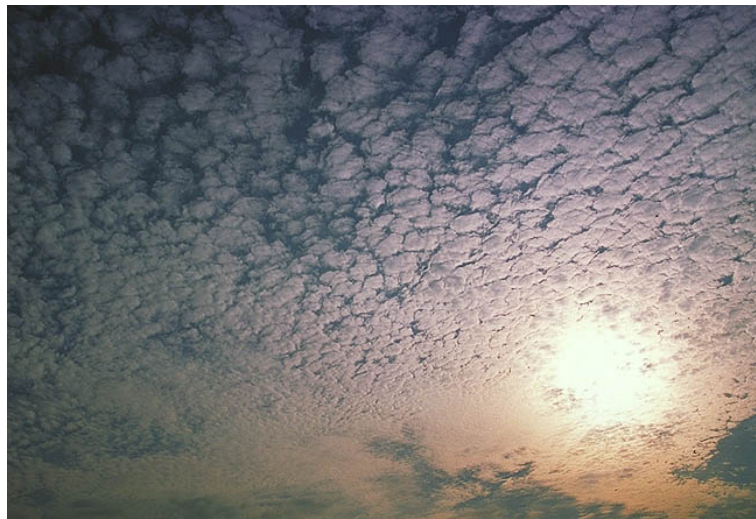


Abbildung 14: Altocumuli mit teilweise sechseckiger Struktur. Quelle: www.topwetter.de/lexikon/k/konvektionszellen.htm

Meteorologischer Bezug

Der Zusammenhang zwischen Strahlung eines Körpers und dessen Temperatur wird in meteorologischen Messungen öfters ausgenutzt. Im Folgenden sind nun zwei Messmethoden ausgewählt, die jeweils eine *Richtung* des oben genannten Effekts darstellen. Zum einen kann aus der Analyse des Strahlungsspektrums auf die Temperatur eines Körpers geschlossen werden. Dies wird zum Beispiel in der Satellitenfernerkundung ausgenutzt. Zum anderen kann aber auch über die Temperatur eines schwarzen Strahlers auf die Strahlung geschlossen werden, die auf ihn trifft. Dieser Effekt wird in Messgeräten verwendet, die zum Beispiel die Globalstrahlung messen.

Die genauen Zusammenhänge zwischen Temperatur und Strahlung eines schwarzen Strahlers werden Sie im folgenden Praktikumsbeispiel kennen lernen.

Temperaturmessung in der Satellitenfernerkundung

In der Satellitenfernerkundung wird unter anderem die Temperatur der Erdoberfläche, Wasseroberfläche oder auch von Wolken bestimmt. Die von den betreffenden Objekten oder Gebieten ausgesandte Strahlung hängt von ihrer Temperatur ab. Da die Erde eine durchschnittliche Temperatur von ca. 300K hat liegt das Maximum der Ausstrahlung im Infrarotbereich. Da sich Wettersatelliten außerhalb der Atmosphäre befinden, muss berücksichtigt werden, dass die Moleküle (Luft, Wasserdampf) in der Atmosphäre gewisse Wellenlängen so stark absorbieren bzw. reflektieren, dass keine messbare Strahlung mehr durchkommt. So ist es auch mit großen Teilen des infraroten Spektrums. Aufgrund dieser Tatsache bleiben für die Messungen vom Satelliten aus nur bestimmte Bandbreiten übrig, die atmosphärischen Fenster. Strahlung im mittleren Infrarot (7-13 μm) wird kaum absorbiert, daher finden Temperaturmessungen in der Satellitenfernerkundung in diesem Bereich statt. Genau dort liegt auch das Maximum der von der Erde ausgesandten Strahlung. Gemessen wird üblicherweise im Bereich von 8-12 μm . Die Strahlung wird von Sensoren im Satelliten detektiert und mit der Planck'schen Kurve, die Sie in dieser Praxiseinheit kennen lernen werden, verglichen. Ist die Emissionskonstante ϵ in diesem Wellenlängenbereich für die betreffenden Oberflächen bekannt, kann auf die Temperatur zurückgerechnet werden. Durch Abtasten der Erdoberfläche kann so eine horizontale Temperaturverteilung bestimmt werden. Die Temperaturverteilung an der Ozeanoberfläche gibt zum Beispiel Aufschluss über große Meeresströmungen. Da die am Satelliten detektierte Strahlung immer vom obersten Objekt ausgeht, werden so auch Wolken erkannt. Sie haben eine wesentlich niedrigere Temperatur als die Erdoberfläche in ihrer Umgebung (Cirruswolken weniger als $-35^{\circ}C$) und somit auch eine andere Strahlungskurve. Aufgrund ihrer Temperatur kann auf die Art bzw. die Höhe der jeweiligen Wolken geschlossen werden. In Kombination mit weiteren Meteorologischen Messdaten - etwa auch von Bodenstationen - werden diese Daten unter Anderem in der Synoptik verwendet um genaue Wettervorhersagen zu erstellen.

Pyrometer, Thermosäule - Messung von Strahlung

Zu den standardmäßig an meteorologischen Messstationen gemessenen Größen gehört die (Wärme-)Strahlung. Im Allgemeinen wird dazu ein Pyrometer (auch Strahlungsthermo-

meter od. Pyranometer genant) verwendet. Wird dazu eine Thermosäule als Messmethode verwendet, so wird das Stefan-Boltzmann-Gesetz ausgenutzt und die Tatsache, dass ein schwarzer Körper die ganze auf ihn einfallende Strahlung in Wärme umwandelt. Die Strahlung fällt auf eine geschwärzte Platte im Inneren des Messgeräts -eine sogenannte Thermosäule. Sie ist von einer Glaskuppel umgeben, die nicht gewünschte Wellenlängen herausfiltert, und Luftzirkulation, die die Messung beeinflussen würde zu verhindern. Die geschwärzte Platte fungiert annähernd als schwarzer Körper und wandelt die ganze Strahlung in Wärme um. Über Thermoelemente wird die Temperatur der Platte gemessen und direkt in eine der Strahlung proportionale Spannung umgewandelt. Eingesetzt wird diese Technik zum Beispiel bei der Messung der Globalen Sonneneinstrahlung. Hier wird direkte und diffuse Strahlung die aus dem gesamten oberen Halbraum auf das Messgerät eintrifft gemessen. Ergänzt durch ein zweites Pyranometer, das nach unten zeigt kann auch der von der Erdoberfläche reflektierte Strahlungsanteil gemessen werden.

Im Zuge der Experimente dieser Kurseinheit werden Sie alle hier beschriebenen Gesetze und Messmethoden genauer kennenlernen.