

Selbstgesteuertes Lernen

**Entwicklung und Evaluation eines Lehr-Lern-Systems
an der Hochschule**

Dissertation der Fakultät für Physik
der
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Jana Traupel

aus

Frankfurt am Main

München, den 19. Juli 2006

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner

2. Gutachter: Prof. Dr. Martin Faessler

Tag der mündlichen Prüfung: 14. August 2006

Selbstgesteuertes Lernen - Entwicklung und Evaluation eines Lehr-Lern-Systems an der Hochschule

Für die Heranbildung der Qualitäten, die von den angehenden Lehrkräften für Physik in ihrem Beruf verlangt werden, ist eine beträchtliche Lern- und Übungszeit notwendig. Die Effizienz der Lehrveranstaltungen an der Universität ist aufgrund der Vielfalt dieser geforderten Kompetenzen von höchster Wichtigkeit. Der in der Hochschullehre traditionell verbreitete Vorlesungsbetrieb für die Vermittlung des Basiswissens der Physik erreicht die benötigte Effizienz meist nicht, da die Lernphase meist erst während einer Nachbearbeitungszeit außerhalb der Vorlesung stattfinden muss. Oft können die Studierenden die notwendige Nachbearbeitungszeit jedoch nicht regelmäßig investieren, so dass das Lernen nicht kumulativ sondern erst vor einer Prüfung erfolgt.

Um die Lehrveranstaltung an der Universität effektiver zu gestalten, wurde ein tutoriell und multimedial gestütztes Lehr-Lern-System entwickelt. Es wird seit dem Sommersemester 2003 in der zweisemestrigen Veranstaltung „Physik der Materie“ eingesetzt. Die Konzeption der Materialien des Lehr-Lern-Systems ist auf die Zielgruppe abgestimmt: Die Teilnehmer sind Studierende der Physik für das Lehramt „Unterrichtsfach Physik“ (Realschule) und Studierende mit Physik als Nebenfach. Durch Eigenaktivität der Studierenden und durch Förderung autonomen Verhaltens soll der Lernerfolg gesteigert werden und die notwendige Nachbearbeitungszeit weitgehend entfallen. Ein Mehrwert der in diesem Lehr-Lern-System angewandten Methodik liegt im Üben der Kooperation, im Schaffen eines Gruppengefühls und einer angenehmen Lernatmosphäre.

Mit Hilfe einer Vergleichsuntersuchung konnte innerhalb des dreijährigen Forschungsprojektes die Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems im Vergleich zu Lehrveranstaltungen im Vorlesungsstil nachgewiesen werden: Die benötigte Studierzeit außerhalb der Lehrveranstaltung, in der das Lehr-Lern-System eingesetzt wurde, hat sich im Vergleich zu einer Vorlesung erheblich reduziert. Die Arbeitszeit der meisten Teilnehmer beschränkt sich auf den Veranstaltungszeitrahmen. Es ist gelungen, eine lernförderliche Atmosphäre zu schaffen und kooperative Lernformen zu üben.

Die Überprüfung des Lernerfolgs fand mit Hilfe einer Vergleichsuntersuchung statt:

- Für die Studierenden, die im Sommersemester 04 die „Physik der Materie 1“ besuchten, wurde das Themengebiet Quantenmechanik im Stil einer traditionellen Vorlesung unterrichtet.
- Daraufhin wurde das Themengebiet Teilchenphysik mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet.
- Für die Teilnehmer im SS05 wurde zunächst das Themengebiet Teilchenphysik im Stil der traditionellen Vorlesung behandelt.
- Anschließend wurde die Quantenmechanik mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet.

Im Anschluss an jeden Themenkomplex wurde das Wissen der Studierenden mit Leistungstests überprüft. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems gegenüber der Vorlesung – sowohl bei dem Vergleich innerhalb je eines Semesters als auch bei dem Vergleich je innerhalb eines Themengebietes. In der Tabelle sind die durchschnittlich erreichten Prozentzahlen der Punkte in dem jeweiligen Test angegeben:

Semester	Themenkomplex	Unterrichtsstil	Testergebnis
SS04	Quantenmechanik	Vorlesung	26%
SS04	Teilchenphysik	Lehr-Lern-System	63%
SS05	Teilchenphysik	Vorlesung	35%
SS05	Quantenmechanik	Lehr-Lern-System	61%

Die positiven Ergebnisse der Untersuchung sollten Konsequenzen für die Gestaltung der Veranstaltungen der Hochschullehre haben. Die für ein modernes Lehramtstudium aufgestellten Thesen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft spiegeln sich teilweise in der Gestaltung des Lehr-Lern-Systems der „Physik der Materie“ wider.

Inhalt

Kapitel 1: Überblick	7
Kapitel 2: Forschungsfragen	11
2.1 Zielsetzung	11
2.2 Das Konzept	12
Kapitel 3: Entwicklung	17
3.1 Die Materialien des Lehr-Lern-Systems	18
3.2 Ablauf einer Veranstaltung	22
3.3 Aufgaben des Tutors	24
3.4 Übersicht über die entwickelten und eingesetzten Materialien	26
3.5 Systematische Entwicklung des Lehr-Lern-Systems	29
3.6 Zeitlicher Verlauf	35
Kapitel 4: Evaluation und Ergebnisse	39
4.1 Methode der Evaluation	39
4.2 Ergebnisse der formativen Evaluation	45
4.2.1 Ergebnisse aus der Interviewstudie zur Beurteilung des Prototyps	45
4.2.2 Ergebnisse aus den Entwicklungs- und Evaluierungszyklen	50
4.3 Ergebnisse der Vergleichsuntersuchung	76
4.3.1 Ergebnisse der Interviewstudie	76
4.3.2 Ergebnisse der Fragebögen	110
4.3.3 Ergebnisse der Wissenstests	124
Kapitel 5: Bedeutung des Konzepts für die Hochschulen	137
Kapitel 6: Zusammenfassung	141
Literaturverzeichnis	145
Anhang	151
Anhang 1: Fragebogen zur formativen Evaluation	153
Anhang 2: Interviewschema Prototyp	157
Anhang 3: Interviewschema Vergleichsstudie	159
Anhang 4: Wissenstest „Abschlussfragen zur Quantenphysik“	161
Anhang 5: Wissenstest „Abschlussfragen zur Teilchenphysik“	167
Anhang 6: Fragebogen zur traditionellen Vorlesung	171
Anhang 7: Fragebogen zur Physik der Materie	173
Anhang 8: Erprobung des Lehr-Lern-Systems in Würzburg	177
Anhang 9: Fragebogen für einen Einblick in das Lehr-Lern-System	181
Anhang 10: Materialien des Lehr-Lern-Systems	185

Kapitel 1: Überblick

Selbstgesteuertes Lernen - Entwicklung und Evaluation eines Lehr-Lern-Systems an der Hochschule

Im Lehrerberuf sind vielfältige Kompetenzen gefordert, wie Fachwissen, Experimentierfähigkeit, Wissen über Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, Kenntnis über mögliche Diagnosen und Maßnahmen, methodisches Repertoire und vieles andere mehr. Für die Herausbildung dieser Qualitäten ist eine entsprechende Lern- und Übungszeit notwendig. Die Effizienz der Lehrveranstaltungen in der Ausbildung der angehenden Lehrkräfte ist aufgrund dieser Vielfalt von höchster Wichtigkeit. Der an der Universität traditionell verbreitete Vorlesungsbetrieb für die Vermittlung des Basiswissens der Physik erreicht die benötigte Effizienz nicht, weil die Studierenden in ihrem Studium darauf angewiesen sind, die Inhalte außerhalb der Vorlesung zu verinnerlichen. Der eigentliche Lernvorgang muss außerhalb der Vorlesung stattfinden.

Die vorliegende Arbeit beschreibt ein Projekt an der Ludwig-Maximilians-Universität München, dessen Ziel es ist, die Effektivität der Lehrveranstaltungen der Universität deutlich zu erhöhen. Hierfür wurde ein multimedial gestütztes Lehr-Lern-System entwickelt, eingesetzt und evaluiert.

Während der Veranstaltungszeit arbeiten die Studierenden innerhalb des Lehr-Lern-Systems individuell oder in kleinen Gruppen mit eigens hierfür entwickelten Materialien. Ein Mehrwert der in dieser Lernumgebung angewandten Methodik liegt im Üben der Kooperation, im Schaffen eines Gruppengefühls und einer angenehmen Lernatmosphäre.

Die zu erarbeitenden Lerninhalte werden von dem Dozenten vorgegeben, der vorwiegend die Rolle eines Tutors übernimmt. Er führt durch die zweisemestrige Lehrveranstaltung "Physik der Materie". Diese richtet sich an Studierende der Physik für das Lehramt "Unterrichtsfach Physik" (Realschule) und an Studierende mit Physik als Nebenfach. Sie erstreckt sich über zwei Semester mit den Inhalten: "Physik der Materie 1" mit Quantenphysik inklusive der Atomphysik, Teilchenphysik mit Relativitätstheorie, und "Physik der Materie 2" mit Kernphysik, Astrophysik und Festkörperphysik. Der Umfang beträgt je 6 Semesterwochenstunden - traditionell 4 Semesterwochenstunden Vorlesung und 2 Semesterwochenstunden Übung.

Die Gliederung der vorliegenden Arbeit soll im Folgenden kurz beschrieben werden:

Die Zielsetzung und das Konzept, welches der Lernumgebung zugrunde liegt, werden im „2. Kapitel: Forschungsfragen“ beschrieben.

Das aktive, tutoriell und multimedial gestützte Lehr-Lern-System für die „Physik der Materie“ kommt seit dem Sommersemester 2003 zum Einsatz.

Eine Beschreibung der Materialien, ihres Einsatzes und ihrer Entwicklung über den Forschungszeitraum von drei Jahren hinweg erfolgt in „Kapitel 3: Entwicklung“.

Die Materialien, die in dem Lehr-Lern-System eingesetzt werden, sind:

- Basistexte
- Kurze Vorlesung in Form eines Tafelvortrags des Tutors
- Selbstkontrolle
- Übungsaufgaben
- ein Web-Kurs mit multimedialen Elementen.

Die kurzen Vorlesungsabschnitte beschränken sich auf tutorielle Anweisungen sowie Zusammenfassungen und Einstiege in Diskussionen. Die umfangreichen Basistexte werden von den Studierenden in einem angemessenen Zeitrahmen während der Veranstaltung gelesen und mit Hilfe der Selbstkontrollen, die Fragen zum Text enthalten, in Kleingruppen bearbeitet. Die Übungsaufgaben werden im Gegensatz zu den Übungen einer traditionellen Vorlesung nicht in Form von Hausaufgaben bearbeitet, sondern sind in die Veranstaltung integriert und werden präsent bearbeitet und besprochen. In einen Internetkurs eingebettet sind sämtliche Materialien sowie die Übungen, die am PC bearbeitet werden.

In „Kapitel 4: Evaluation und Ergebnisse“ wird die Evaluation des Lehr-Lern-Systems im Rahmen einer Vergleichsuntersuchung (traditioneller Vorlesungsbetrieb im Vergleich mit dem Lehr-Lern-System) erläutert, und die Ergebnisse werden vorgestellt.

Für die Evaluation werden zur Überprüfung der Lernwirksamkeit des Systems folgende Kriterien [Issing & Klimsa, 2002] verwendet:

- die Erfassung des Studierverlaufs,
- die benötigte Studierzeit in und außerhalb der Veranstaltung,
- die Akzeptanz durch die Studierenden,
- der Umfang des erworbenen Wissens.

Durch Interviews, Fragebögen und Leistungstest wurden die zugehörigen Daten erfasst. Die Ergebnisse zu den ersten drei Kriterien lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Der Studierverlauf richtet sich verstärkt nach den tutoriellen Vorgaben. Die Studierenden wenden sich kooperativem Lernen zu. Der Wissenserwerb findet nach Interviewaussagen der Studierenden nahezu ausschließlich in der Veranstaltungszeit statt. Die Einführung des Lernsystems stößt auf große Akzeptanz, und die aktive Veranstaltungsform wird der traditionellen Vorlesung deutlich vorgezogen. Gelobt werden besonders „die kommunikative Atmosphäre“ und „die Möglichkeit, alle Fragen stellen zu können“.

In der für die Evaluation entwickelten Vergleichsuntersuchung SS04/SS05, das im vierten Kapitel vorgestellt wird, werden die erbrachten Leistungen in unangekündigten Wissenstests verglichen. In der Untersuchung werden Lernverhalten und Lernerfolg innerhalb zweier Themengebiete („Quantenmechanik“ und „Teilchenphysik“) miteinander verglichen. Dies geschieht zweimal, einmal mit den Teilnehmern im SS04 und im darauf folgenden Jahr ein zweites Mal mit den Teilnehmern des SS05. Jeweils ein Themengebiet wird als Vorlesung gehalten, eines wird mit Hilfe des Lehr-Lern-Systems unterrichtet, im SS04 Quantenmechanik als Vorlesung, Teilchenphysik mit dem Lehr-Lern-System. Im SS05 dagegen wurde Teilchenphysik als Vorlesung, Quantenmechanik mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Lernerfolg sowohl im SS04 als auch im SS05 von der traditionellen Vorlesung zum Arbeiten mit dem Lehr-Lern-System hin signifikant steigert. Auch der jeweilige Vergleich innerhalb eines Themenkomplexes zeigt einen größeren Lernerfolg bei der Gruppe, die mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet wurde.

Es lässt sich festhalten, dass sich der Wissenserwerb in der Veranstaltungszeit im Vergleich zur Lehre in der traditionellen Vorlesungsform erheblich gesteigert hat. In der parallel durchgeführten Evaluation bewerteten die Studierenden das Lernsystem als sehr effektiv. Die Arbeitszeit beschränke sich weitgehend auf die Präsenzveranstaltungen, während in einer herkömmlichen Vorlesung der eigentliche Wissenserwerb in der Nachbearbeitungszeit erfolgen müsse. Von den Studierenden wird die lernförderliche Atmosphäre während der Veranstaltung besonders geschätzt, die als persönlich und kommunikativ empfunden wird, da sie kooperatives Lernen und Diskussionen ermögliche und damit ein Gefühl der Zugehörigkeit fördere. Hemmungen Fragen zu stellen und eine Distanz zwischen den Studierenden untereinander und zu dem Tutor entfallen.

Ein charakteristisches Zitat aus der Interviewstudie spiegelt die Akzeptanz durch die Studierenden wider:

“Es war anders als in einer Vorlesung, in die man reingeht und wieder rausgeht. Ich fand es bei den zwei Semestern doch auch sehr gut, dass man sich auch untereinander kennen gelernt hat, dass man

zu einer Gruppe geworden ist. Das ist selten der Fall. Das finde ich, hat ein gutes Klima zum Lernen geschaffen. In dem man gern lernt.“

In „Kapitel 5: Bedeutung des Konzepts für die Hochschulen“ wird die Relevanz des Lehr-Lern-Systems universitätsübergreifend diskutiert.

Das „Kapitel 6: Zusammenfassung“ bildet den Abschluss der vorliegenden Arbeit.

Kapitel 2: Forschungsfragen

Hinter der Entwicklung des multimedial gestützten Lehr-Lern-Systems, das in der vorliegenden Arbeit beschrieben wird, standen folgende Forschungsfragen:

- Kann durch den Einsatz des Lehr-Lern-Systems die Effektivität der Präsenzveranstaltung gesteigert werden und die Nachbearbeitungszeit weitgehend entfallen?
- Können durch Eigenaktivität der Studierenden, durch Förderung autonomen und kooperativen Verhaltens der Lernerfolg und das Lernklima verbessert werden?

Im Folgenden werden die Zielsetzung und das Konzept des Einsatzes des Lehr-Lern-Systems erläutert:

- 2.1 Die Zielsetzung des Projektes mit einer Beschreibung der Ausgangssituation am Beispiel der LMU München
- 2.2 Das Konzept, das bei der Erstellung und Umsetzung des Lehr-Lern-Systems zum Tragen kommt. Dieses basiert im Wesentlichen auf
 - Kooperativem und individuellem, selbst gesteuertem Lernen
 - Lernen mit Multimediaund wird in der Präsenzveranstaltung mit organisatorischer und inhaltlicher Hilfe des Tutors verwirklicht. Es entsteht eine Lernumgebung, die zu einer Realisierung des Konzepts von „Blended Learning“ führt, der Kombination von Präsenzveranstaltungen und Lernphasen mit Multimedia.

Die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems innerhalb des Zeitrahmens von drei Jahren wird in Kapitel 3 dargestellt.

2.1 Zielsetzung

Das Lehr-Lern-System, das seit dem Sommersemester 2003 entwickelt wurde und eingesetzt wird, soll einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung der Fachqualifikation für angehende Lehrkräfte leisten. Da eine Erhöhung des Zeitbudgets nicht in Frage kommt, muss die Effektivität der Lehrveranstaltungen gesteigert werden.

Die Vorlesungen im Physikstudium sind typischerweise derart gestaltet, dass ein Dozent die physikalischen Inhalte an der Tafel oder dem Projektor frontal zu der meist sehr großen Hörerschaft Studierender entwickelt. Gerade für die Studierenden des Realschullehramts waren die Vorlesungen oft nicht explizit auf die Zielgruppe abgestimmt.

Obgleich ursprünglich das Anliegen bestand, aufgrund der Qualität der Lehre und Ausbildung im Fach Physik in Deutschland den angehenden Lehrern die gleiche fachliche Ausbildung wie den angehenden Fachphysikern zu bieten, hat die Praxis gezeigt, dass die Lehrerbildung oft als „Anhängsel“ an einen Studiengang der Fachphysik betrachtet wird. Im Rahmen eines Lehramtsstudiums reicht aber die für die Vermittlung der rein fachlichen Inhalte der Physik verfügbare Zeit zunehmend weniger aus [DPG, 2006].

Das Arbeitsverhalten der Studierenden in einer herkömmlichen Vorlesung lässt sich wie folgt charakterisieren: Sie sind während der Zeit der Vorlesung im Wesentlichen damit beschäftigt, das durch den Dozenten vorgegebene Tafelbild zu übertragen. Das Lernen muss außerhalb der Vorlesung stattfinden und beansprucht mindestens noch einmal den gleichen Zeitaufwand. Wie in dieser Arbeit

empirisch belegt wird, investieren die Studierenden zum großen Teil jedoch *nicht* diese Nachbearbeitungszeit, die regelmäßig nach der Vorlesung nötig ist, sondern schieben das Lernen auf bis hin zur Klausur oder erst bis zur anstehenden Prüfung (Staatsexamen oder Diplom). Kumulatives Lernen findet nicht statt. Erschwerend kommt hinzu, dass die Mitschriften, die aus der Vorlesung gewonnen werden, lückenhaft und fehlerhaft sein können, und zum Lernen nicht ausreichen.

An der LMU wurde bereits 1991 im Rahmen einer Zulassungsarbeit für das erste Staatsexamens eine Studie durchgeführt, in welcher der von den teilnehmenden Studierenden selbst eingeschätzte Lernerfolg untersucht wurde - zum einen in Vorlesungen und zum anderen mit dem Vorlesungsskript [Bauer, 1991]. Dabei wurde der Lernerfolg durch das Vorlesungsskript als höher bewertet als der Lernerfolg durch die Anwesenheit in der Vorlesung. In der Untersuchung wurde die Vermutung geäußert: „Dies könnte damit zu erklären sein, dass das Tempo in den Vorlesungen meist sehr hoch ist und daher das langsame Durcharbeiten des Skripts erfolgreicher ist.“

In der abgebildeten Graphik 2.1 ist die prozentuale Verteilung der Antworten bezüglich des eingeschätzten Lernerfolgs von „nahe Null“ bis „sehr hoch“ aufgetragen.

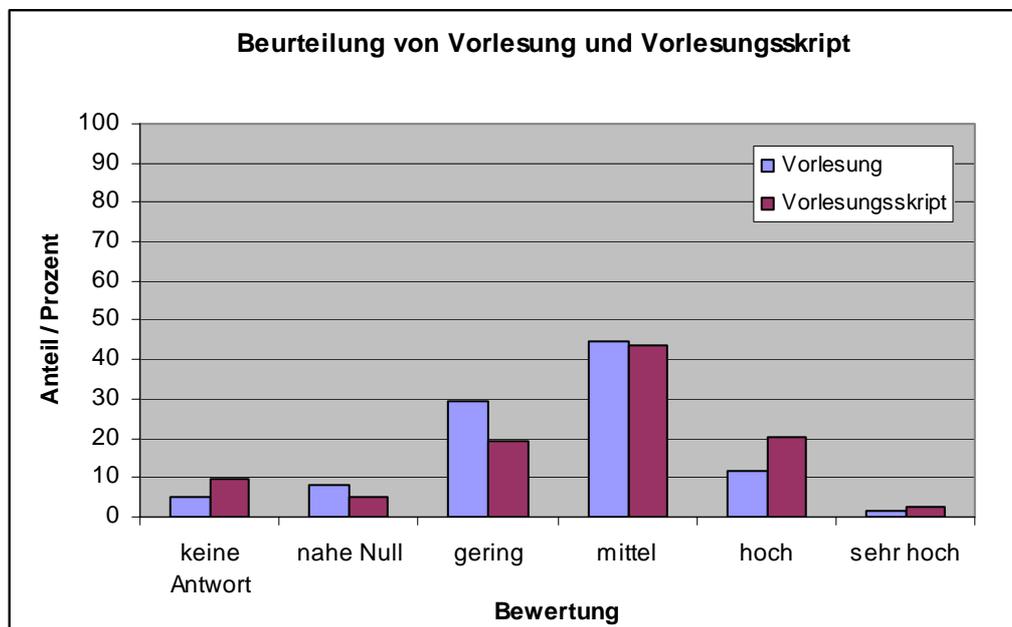


Abbildung 2.1: Eingeschätzter Lernerfolg für Vorlesung und Skript aufgrund der Daten einer Studie von [Bauer, 1991]

Die Studie deutete bereits auf die Notwendigkeit der Steigerung der Effektivität der Präsenzveranstaltungen an der Universität hin.

Die Verwirklichung soll auf dem im Folgenden beschriebenen Weg erreicht werden. Zunächst wird das Konzept vorgestellt, das dem Lehr-Lern-System zu Grunde liegt.

2.2 Das Konzept

Das Konzept hat Gemeinsamkeiten mit den in den USA eingesetzten „Tutorials“. Bei diesen wird ein „Research-based curriculum design“ [Wittmann, 2002] eingesetzt: Die Studierenden arbeiten typischerweise Materialien durch, unter anderem sind dies Arbeitsblätter, die für Kleingruppenarbeit konzipiert sind, sowie Hausaufgaben für die individuelle Vertiefung des in der Gruppe Gelernten, Aufgaben für die Umsetzung von Just-in-Time-Teaching, und abschließende Fragen.

In den Tutorials werden speziell entworfene Software-Tools und Fragen verwendet, welche die Studierenden dazu anleiten zu beobachten, Diskussionen zu führen und sich ein physikalisches Verständnis anzueignen. Wichtige Kennzeichen bei der Arbeit innerhalb eines Tutorials sind

- kooperatives Lernen,
- Lernen mit Multimedia

mit einem Dozenten als Tutor. Die Funktion des Dozenten als Tutor in der Veranstaltung „Physik der Materie“ wird im Folgenden erläutert.

Funktion des Dozenten

Die zu erarbeitenden Lerninhalte werden von dem Dozenten vorgegeben, während der Veranstaltungszeit erarbeiten sich die Studierenden individuell oder in Kleingruppen diese Inhalte selbst. Das Wissen wird von dem Lernenden durch aktives Verhalten erworben wie sinnentnehmendes Lesen des Basistextes, Diskussion und Beantwortung von Fragen im Rahmen der Selbstkontrolle, Lösung von Aufgaben und Interaktionen innerhalb eines multimedialen Internet-Kurses, der am Computer bearbeitet wird. Das Konzept des Lehr-Lern-Systems beruht auf den Prinzipien der konstruktivistischen Lernauffassung [Mandl et al., 2000]. Auf diese Weise sollen die Studierenden dazu angeregt werden, Tiefenverarbeitungsstrategien bereits während der Veranstaltungszeit anzuwenden.

Die Vorgaben des Tutorials sind zum einen schriftliche Anweisungen, die als Hand-Out-Materialien vergeben werden bzw. als html-Text in den Internet-Kurs eingebettet sind, und erfolgen zum anderen durch den Tutor, der zum „Lernberater“ wird.

Die Aufgaben und Leistungen des Tutors in der Veranstaltung sind [Baumgartner, 2004] folgende:

- Transfer: Der Tutor lehrt und erklärt.
- Tutoring: Beobachtung durch den Tutor und Hilfestellung.
- Coaching: Betreuung und Kooperation.

Zusätzlich obliegt dem Tutor die Motivation der Studierenden, sich mit Hilfe geeigneter Anweisungen kooperativem Lernen zuzuwenden.

Kooperatives Lernen

In der traditionellen Lernform unterrichtet ein Lehrer, mehrere Lernende sollen die Inhalte durch Zuhören aufnehmen. Sie sind vergleichsweise passiv, unterliegen jedoch dem Anspruch, neues Wissen aktiv zu konstruieren [Renkl, 2001].

Kooperatives Lernen ist der Sammelbegriff für die Vielfalt teambasierter Methoden (peer-based-instruction) [Damon & Phelps, 1989] bzw. die Form der Organisation, bei der die Lernenden in kleinen Gruppen arbeiten, um sich beim Lernen des Stoffs gegenseitig zu unterstützen [Slavin, 1989]. Als Vorzüge kooperativen Lernens für den Einsatz des Lehr-Lern-Systems sind zu nennen [Neber, 2001]:

- Kooperatives Lernen steht für die Förderung sozialer Akzeptanz, sozialer Unterstützung, sozialer Fertigkeiten, psychischer Stabilität, Interesse, positiver Einstellung zur Lehre [Johnson & Johnson, 1995].
- Die Selbstverantwortung für das eigene Lernen wird gesteigert [Damon et al, 1989].
- Kooperatives Lernen leistet einen Beitrag zum „situiereten Lernen“, bei dem der Bezug zu realistischen Situationen hergestellt wird, aufgrund der Einbettung des physikalischen Wissens in soziale Kontexte, in denen Wissen aktiv erzeugt und genutzt wird [Resnick, 1991, Levine et al, 1993].
- Durch die Kooperation zwischen den Lernenden soll die Motivation durch Zugehörigkeit zu einer aktiven Gruppe [Burge & Rogerts, 1993] und die aktive Verarbeitung [Dansereau, 1988] gefördert werden.
- Beim kooperativen Lernen kann Unverstandenes geklärt, Wissen vertieft und gegenseitige Kontrolle des Lernerfolges gewährleistet werden.

Die Verwirklichung des effektiven kooperativen Lernens zeichnet sich aus durch [Renkl, 2001]:

- Ein hohes Ausmaß interaktiven Verhaltens der Gruppenmitglieder (z. B. Diskutieren und gegenseitiges Erklären beim Bearbeiten der Selbstkontrollen),
- individuelles Gefühl der Verantwortlichkeit in der Gruppe,

- angemessene soziale Fertigkeiten der Gruppenmitglieder,
- „group processing“ (Diskussionen über lernrelevante Prozesse in der eigenen Gruppe, z.B. das Angehen arbeitsintensiver interaktiver Bildschirmexperimente im Hinblick auf die sich anschließende Bearbeitung und Diskussion).

Die Förderung dieses kooperativen Verhaltens in der Veranstaltung obliegt dem Tutor. Eine sinnvolle mögliche Umsetzung in der Veranstaltung ist ein vierstufiger Instruktionszyklus (entwickeltes Verfahren für kooperatives Lernen an der John-Hopkins-Universität im Rahmen des student team learning program [Slavin, 1990]), der in der Veranstaltung angewendet wird:

- Vortrag des Tutors an der Tafel, als Zusammenfassung des gelesenen Textes,
- Aufarbeitung des behandelten Stoffs in kooperativen Teams, vorgeschrieben durch Selbstkontrollen, Arbeitsblätter, Aufgaben, gegenseitiges Überprüfen,
- Individuelle Überprüfung der Lernleistung durch Austausch, Vergleich in der Gruppe, Vergleich der schriftlich ausgegebenen Lösungen,
- Teambezogenes Lob von Seiten des Tutors.

Bei der Aufarbeitung des behandelten Stoffs aus den Basistexten wird mit Hilfe der Selbstkontrollen - den Fragen zum Text - „scripted cooperation“ [O’Donnel & Dansereau, 1992] verwirklicht: Während das sinnentnehmende Lesen der Basistexte nur als Einzelarbeit erfolgen kann, wird die darauf folgende Bearbeitung der Texte durch Skript-Kooperation gefördert - eine Methode zum kooperativen Lernen aus Texten. Zunächst soll ein gegenseitiges Erklären des gelesenen Textes erfolgen und dabei durch Hinterfragen eventuelle Fehler aufgedeckt werden. Daraufhin wird zum besseren Einprägen des Stoffs weiterhin zusammengearbeitet. Ein Rollentausch zum Beispiel beim abschnittsweisen Durcharbeiten ist möglich, angeleitet wird diese Kooperationsform durch die Arbeitsaufträge von Seiten des Tutors.

Das „Lernen durch Lehren“, wie es in dieser Kooperationsform beim Durcharbeiten der Texte mit Hilfe der Selbstkontrollen verwirklicht werden konnte, erfolgt in drei wichtigen Phasen [Bargh, Schul, 1980]:

- Die Vorbereitungsphase,
- die Erklärphase,
- die Phase der Rückfragen, mit neuerlichen Erklärungen.

Die Vorbereitungsphase ist durch die Erwartung charakterisiert, selbst gleich erklären zu müssen und soll zu einem erhöhten Verständnis und besserer Lernleistung führen. In der Phase des Erklärens muss Wissen organisiert und teilweise reorganisiert werden, um weitergegeben werden zu können. Beim Erklären fallen eigene Wissenslücken auf. Elaborierende und metakognitive Prozesse sollen ausgelöst werden. In der Phase der Rückfragen werden Sachverhalte noch einmal gründlich überdacht, wenn der Erklärende auf Rückfragen reagieren muss.

Während der Besprechung der Texte und Lösung des sich auf sie beziehenden Fragenkatalogs in Partner- und Kleingruppenarbeit kann ein Rollentausch sinnvoll sein, so dass der Lernende in die Rolle des Lehrenden schlüpft [Graef & Preller, 1994]. Diese These, dass Lernen durch Lehren ein effektiver Weg des Lernens ist, wird in der Forschungstradition des kooperativen Lernens vertreten.

Eine weitere wichtige Forderung [DPG, 2006] soll mit dem Lehr-Lern-System erfüllt werden: Durch selbst erlebte lernfördernde Methoden soll die Kompetenz der angehenden Lehrkräfte entwickelt werden, diese Methoden auch später in ihrem Unterricht anzuwenden.

Auf die einzelnen Elemente – wie Basistexte und Selbstkontrollen – wird in „Kapitel 3: Entwicklung“ noch näher eingegangen, ebenso auf die verwendeten multimedialen Elemente.

Lernen mit Multimedia in der Präsenzveranstaltung

Der Einsatz von Multimedia ist förderlich, wenn Informationsvermittlung und Lernen nach dem Konzept des aktiven, konstruktivistischen Wissenserwerbs erfolgen. Multimedia und Internet bieten als kognitive Werkzeuge sehr gute Voraussetzungen für eine didaktisch adäquate Präsentation von Lerninhalten [Issing & Klimsa, 2002]. Die erwünschte Bildung mentaler Modelle kann durch

interaktiv steuerbare Veranschaulichungen gefördert werden [Mandl & Spada, 1988] (Interaktive Bildschirmexperimente (IBE) und Simulationen).

Die für den Einsatz innerhalb des Lehr-Lern-Systems Ausschlag gebenden Vorzüge von Multimedia sind [Reinmann, 2005]:

- Distribution: Neue digitale Medien ermöglichen einen einfachen und raschen Zugang zu den Lerninhalten.
- Repräsentation: Die Lerninhalte lassen sich vielfältiger in Text, Bild und Abläufen darstellen, so dass dabei verschiedene Sinne der Studierenden angesprochen werden.
- Exploration: Multimedia ermöglicht dem Studierenden, die Lerninhalte aktiv zu bearbeiten, zu verändern und zu erkunden.
- Kommunikation: Soziale Interaktion mit anderen wird ermöglicht.
- Kooperation: Probleme können gemeinsam bearbeitet werden.

Sowohl für die Kommunikation als auch für die Kooperation wird deutlich, dass beim Lernen mit einem Multimedia-System der Austausch zwischen den Lernenden und dem Tutor gegeben sein muss [Tröndle et al., 1999]: In einer Präsenzveranstaltung wie der „Physik der Materie“ wird der Vorteil genutzt, dass der Kontakt zwischen den Teilnehmern nicht über das Internet läuft. Es soll direkte Kommunikation zwischen den Studierenden erfolgen und die ständige Greifbarkeit des Tutors als individuellem Betreuer gewährleistet sein. Die Face-to-Face-Diskussion wird durch die Veranstaltung als Präsenzveranstaltung begünstigt, welche nach der Theorie der Medienwahl für E-Learning [Döring, 2002] [Daft & Lengel, 1986] als reichhaltigste Kommunikationsform bezüglich der Geschwindigkeit der Rückmeldung („Feedback“), der Reichhaltigkeit der Sprache, des Grades an sozialer Präsenz angesehen wird.

Während beim reinen E-Learning die Studierenden lediglich virtuellen didaktisch aufbereiteten Objekten begegnen, befinden sie sich in einer Präsenzveranstaltung in einem sozialen Umfeld. Das bedeutet eine Konfrontation mit dem Tutor, der sie aktiviert. Dagegen wäre die Lernaktivität bei reinem E-Learning erst durch die individuelle Interaktivität mit den Lernobjekten und die soziale Interaktion erst beispielsweise durch Chat-Räume herzustellen und daher erschwert. Interaktivität und auch die soziale Interaktion haben sich für Lernerfolg und Akzeptanz und Lernzufriedenheit als sehr wichtig herausgestellt [Metzger & Schulmeister, 2004], besonders auch das Feedback.

Der Diskussion der Lernenden mit einem Tutor wird ein hoher Stellenwert beim kooperativen Lernen mit den neuen Medien zugesprochen [Oshima et al., 1996]: Die Kommunikation mit Tutor und anderen Lernenden stellt nicht nur eine Hilfe, sondern auch eine Herausforderung dar. Durch die Artikulation erfolgt eine Reflexion der eigenen Handlung und des Gelernten. Sozialer Austausch wirkt modellierend auf kognitive Prozesse der Lernenden. Für das Gelingen von Lernprozessen ist das Funktionieren einer Gruppe, das Knüpfen von persönlichen Beziehungen zwischen den Lernenden und gegenseitige Rückmeldungen wichtig [Hesse et al., 1997].

Die didaktisch methodische Einbindung des kooperativen multimedial gestützten Lernens in die Veranstaltung obliegt dem Tutor. Für einen Erfolg sind vor allem zu fördern [Deci & Ryan, 1985]:

- Autonomie und Kompetenzerleben,
- die soziale Einbindung.

Der Tutor ist anleitend, damit die Studierenden Autonomie und Kompetenz erleben können, indem der Eindruck gestärkt wird, dass sie über Handlungsspielräume verfügen und die gestellten Aufgaben sachverständig und erfolgreich weitgehend nach eigenem Vorgehen bearbeiten können. Das Erleben der eigenen Kompetenz muss für jeden einzelnen Studenten gewährleistet sein.

Soziale Einbindung geschieht dadurch, dass die Ergebnisse in der gesamten Gruppe diskutiert werden und ein Zusammenhalt gefördert wird. Die geeigneten Rahmenbedingungen sind die eingehende Betreuung durch den Tutor, aber auch ein genügender Zeitrahmen für intensive, auch soziale Kommunikation zwischen den Lernenden. Diese wird gefördert durch geeignete Aufgabenstellungen, welche die Diskussion über die zum Teil in Partnerarbeit durchzuführenden Bildschirmexperimente anregen.

Für eine hohe Motivation in den Rechner-gestützten Veranstaltungsabschnitten gelten die folgenden Mechanismen für eine erfolgreiche Kooperation [Johnson & Johnson, 1999]:

- Positive Abhängigkeit,
- direkte fördernde Interaktion,
- soziale Fähigkeiten,
- Verbindlichkeit,
- Evaluation.

Die positive Abhängigkeit als Kern kooperativen Arbeitens bedeutet für die Studierenden einen individuellen Mehrwert: Jeder Studierende hat zwei Aufgaben. Es gilt, die Übungsaufgabe oder Frage selbst zu bewältigen und darauf zu achten, dass der bzw. die Partner ebenso die Aufgabe lösen können. Durch die Bestärkung und gegenseitige Förderung der Studierenden, den Austausch, gegenseitiges Feedback und Diskussion der einzelnen Lösungen können sie ein besseres Lernergebnis erzielen.

Nicht nur das Lernen von physikalischen Fakten und Zusammenhängen, sondern auch die soziale Kompetenz wird gefördert.

Verbindlichkeit bedeutet neben der individuellen Verantwortung auch Verantwortlichkeit der Kooperationsgemeinschaft, besonders bei der Besprechung der Aufgaben, wenn durch die gesamte Gruppe und den Tutor Feedback gegeben wird.

Die Studierenden evaluieren schließlich die Effizienz der Gruppenarbeit, sie reflektieren ihre eigene Arbeit und die Zusammenarbeit in der Gruppe, schätzen den Lernerfolg ein, die Mitarbeit und Unterstützung durch den bzw. die Partner, und das Produkt der Kooperation. Ebenso erfragt wird der Prozess der Kooperation, also wie in welchen Abschnitten der Veranstaltungselemente die Zusammenarbeit erfolgen konnte. (Die Ergebnisse der Evaluation bezüglich der computergestützten Arbeitsphasen werden in „Kapitel 4: Evaluation und Ergebnisse“ dargestellt.)

Ein wesentlicher Punkt für die Motivation der Studierenden speziell zur Kooperation, wie es sich auch in den Ergebnissen der Evaluation dieser Arbeit widerspiegelt, liegt im Wachsen des Zusammenhaltes der Studierenden, der durch das Lehr-Lern-System gefördert wird, der durchschnittlichen „Attraktivität der Gruppe für ihre Mitglieder“ [Slavin, 1993], so dass die Zusammengehörigkeit und Solidarität die Studierenden dazu führen, dem Partner zu helfen und einen gemeinsamen Lernerfolg zu erzielen. Eine hohe Attraktivität der Gruppe wird von den Teilnehmern als positiver, individuell motivierender Wert wahrgenommen [Hinze, 2004].

Die Arbeitsphasen der Studierenden mit den multimedialen Elementen nehmen, wie später beschrieben wird, nur einen gewissen Anteil der gesamten Veranstaltungszeit in Anspruch.

Das Ausmaß der Integration von multimedialen Lernphasen mit einem bestimmten Grad der kooperativen Unterstützung [Wessner, 2001] in die reale Lernumgebung wird durch „Blended Learning“ beschrieben. Blended Learning ist eine Bezeichnung dafür, dass man traditionelle Methoden und Medien mit den Möglichkeiten des E-Learning kombiniert. Im Vordergrund steht die Präsenzlehre, in der ebenso die Interaktivität und die soziale Interaktion von besonderer Bedeutung sind [Reinmann, 2005]. Ausführlicher wird Blended Learning in Kapitel 3.1 erläutert.

Kapitel 3: Entwicklung

Das Lehr-Lern-System und sein Einsatz in der Veranstaltung bilden eine Lernumgebung, das heißt, ein Arrangement von Lehrmethoden, Lernmaterialien und Medien [Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001]. Eine Lernumgebung ist aber auch durch die besondere Qualität der aktuellen Lernsituation in zeitlicher, räumlicher und sozialer Hinsicht charakterisiert [Reinmann, 2005]:

Die Lehrmethoden, Lernmaterialien und Medien werden im Falle des Lehr-Lern-Systems, das in der „Physik der Materie“ eingesetzt wird, von dem Lehrenden und dem Entwickler in einer Person gestaltet, gesteuert und kontrolliert. Auch die Vorgaben bei den Inhalten und Zielen des Lehrens und Lernens sowie die Gestalterrolle des Bildungsplaners liegen daher in einer Hand. Deshalb ist eine besonders effiziente Entwicklung und Weiterentwicklung möglich.

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Hintergründe für die Einführung des Lehr-Lern-Systems angeführt. Für die Realisierung des kooperativen Lernens der Studierenden mit der Unterstützung eines Tutors war die Entwicklung der eingesetzten Materialien notwendig. Die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems bildet neben der Evaluation einen Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit. In die Entwicklung gingen auch das Zusammenspiel dieser Materialien und die Form ihres Einsatzes in der Präsenzveranstaltung unter Anleitung des Tutors ein.

Für das Lehr-Lern-System wurden innerhalb von drei Jahren die einzelnen Elemente und ihr Einsatz entwickelt und verbessert. Die Erläuterung dieser Entwicklung erfolgt in den Abschnitten:

- 3.1 **Die Materialien des Lehr-Lern-Systems** und ihr Einsatz, insbesondere mit Schwerpunkt auf den multimedialen Elementen unter Berücksichtigung ihrer Auswahl, Einbindung und Motivation durch den Tutor
- 3.2 Ein typischer **Ablauf der Veranstaltung** mit Visualisierung durch ein Flussdiagramm
- 3.3 Die **Aufgaben des Tutors** in Form von einer anleitenden Übersicht – auch im Hinblick auf den Einsatz des Lehr-Lern-Systems in der Zukunft
- 3.4 **Übersicht über die entwickelten und eingesetzten Materialien**
- 3.5 **Systematische Entwicklung des Lehr-Lern-Systems** innerhalb von drei Jahren
- 3.6 **Zeitlicher Verlauf** der Entwicklung.

Einen Schwerpunkt dieses Kapitels bildet der Abschnitt 3.5 **Systematische Entwicklung** innerhalb der drei Jahre, der den hohen Entwicklungsaufwand widerspiegelt. Diese Beschreibung enthält folgende Struktur:

- Das Web-System unter dem Gesichtspunkt der systematischen Herstellung
- Qualitätskriterien
- Vorgehensmodelle für die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems mit Beschreibung von
 - Entwicklungsphasen im ersten Jahr für einzelne Elemente
 - Prototyporientiertes Entwicklungsmodell
 - Design-Based-Research-Ansatz
 - Evolutionäres Vorgehensmodell.

3.1 Die Materialien des Lehr-Lern-Systems

Die Materialien des Lehr-Lern-Systems [Traupel et al., 2005] sind die folgenden (Abbildung 3.1):

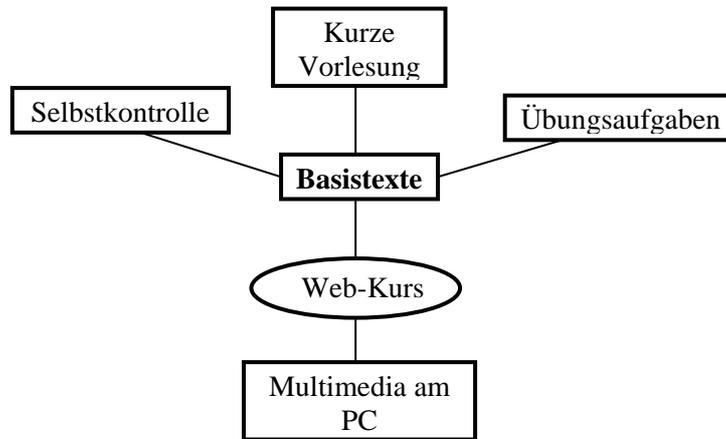


Abbildung 3.1: Die Materialien des Lehr-Lern-Systems. Das wichtigste Element bilden die Basistexte, deren Inhalte durch die Selbstkontrolle, die kurze Vorlesung, die Übungsaufgaben und den Web-Kurs gefestigt werden. In den Web-Kurs eingebettet sind multimediale Elemente, die am PC bearbeitet werden.

Nun sollen die Materialien und ihr Einsatz beschrieben werden.

Basistexte

Die ausführlichen Basistexte werden als Printmedium ausgeteilt und beinhalten eine möglichst ansprechende und verständliche Darstellung des Lernstoffs für die Zielgruppe. Sie sind somit das wichtigste Element. Sie werden kapitelweise ausgegeben und von den Studierenden in einem angemessenen Zeitrahmen gelesen und bearbeitet. In den Basistexten wird nicht nur die Phänomenologie behandelt, es werden zudem Experimente und vorstellbare Alltagsanalogien der behandelten modernen Physik beschrieben. Angeknüpft wird an die Arbeiten zum Thema "Quantenmechanik" [Müller et al., 2002] unter Berücksichtigung der Ansätze von Conceptual Change [Schnotz et al., 1999]. Auf anschauliche Abbildungen wird besonders Wert gelegt [Girwidz, 2001][Weidenmann, 1994].

Kurze Vorlesung

Abschnittsweise werden die wichtigsten physikalischen Erkenntnisse nach dem Lesen in einer kurzen Vorlesung durch den Tutor zusammengefasst. Besonderer Wert wird in dieser Phase auf Fragen von Seiten der Studierenden und Diskussionen gelegt. (Die Aufgabe des Tutors ist hier der „Transfer“ [Baumgartner, 2004]).

Selbstkontrolle

Um die Physik nach dem ersten Durcharbeiten des Basistextes zu verinnerlichen, wird die Selbstkontrolle bearbeitet. Hierbei handelt es sich um Fragen, die sich stark auf den Text beziehen, und die oft nach einem ersten Lesen nicht beantwortet werden können, so dass der Text nun intensiver und gezielter durchgearbeitet werden muss. Die Beantwortung der Fragen geschieht selbstorganisiert in Einzelarbeit oder auch in Kleingruppen („scripted cooperation“ [O’Donnell & Dansereau, 1992]). Die Lösungen werden im Anschluss in der gesamten Gruppe besprochen.

Übungsaufgaben

Die Übungen werden im Gegensatz zu einer herkömmlichen Vorlesung nicht zu gesonderten Terminen durchgeführt, auch dienen sie nicht als Hausaufgabe, sondern werden präsent in der Veranstaltungszeit zur geeigneten Zeit von den Studierenden bearbeitet und gemeinsam besprochen.

Zwei Arten von Übungsaufgaben liegen vor: Die erste Art bezieht sich auf die aktuellen Lerninhalte. Die Studierenden lösen sie oft in Kleingruppen. Die zweite Art entspricht in Anspruch und Quantität den Aufgaben, die in der Examensprüfung gestellt werden. Bei deren Bearbeitung arbeitet jeder Student für sich und hat eine begrenzte Zeit zur Verfügung. Diese Übung soll als Prüfungstraining dienen.

Web-Kurs

Der Web-Kurs ist im Internet veröffentlicht, läuft parallel zum Basistext und ist kapitelbegleitend aufgebaut. Gerade dieser Web-Kurs bietet die Möglichkeit zum selbstgesteuerten Lernen, zum Ausprobieren und nichtlinearen Arbeiten. In mehreren Veranstaltungen wurden diese Web-Seiten zum entsprechenden Kapitel durchgearbeitet. Sie beinhalten einen Leittext, der die wichtigsten Probleme noch einmal betont und zum Weiterdenken und Hinterfragen anregen soll. Mit Hilfe von interaktiven Frage-Antwort-Seiten können die Studierenden ihr erworbenes Wissen und Verständnis selbst kontrollieren.

Multimedia

Die Multimedia-Elemente sind von den Studierenden am Rechner zu bearbeiten und in den Web-Kurs eingebettet. Die Relativitätstheorie wurde größtenteils am Computer bearbeitet. Hierbei erhielten die Studierenden eine CD, die ein Lernprogramm über die Relativitätstheorie enthält, in dem unter anderem die relativistischen Vorgänge mit Hilfe von steuerbaren Filmelementen dargestellt wurden. Dadurch ist es für die Studierenden möglich geworden, die im Alltag kaum vorstellbaren Abläufe relativistischer Begebenheiten im bewegten Bild zu verfolgen wie in der folgenden Abbildung 3.2, in dem das Innere eines fahrenden Zuges dargestellt ist. Zu sehen sind zwei Türen, die sich mit Hilfe von zwei Sensoren öffnen lassen, wenn auf die Sensoren ein Lichtsignal trifft. Dieses Signal wird von der Mitte des Zuges gleichzeitig in Richtung der vorderen und in Richtung der hinteren Tür emittiert. Der Beobachter im Zug sieht, dass sich beide Türen gleichzeitig öffnen. Diese Filmsequenz leitet eine Argumentation bezüglich der Relativität der Gleichzeitigkeit ein.

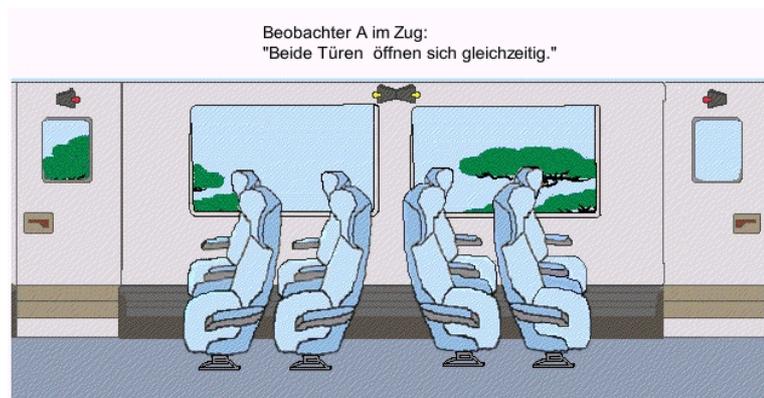


Abbildung 3.2: Screenshot einer Filmsequenz aus dem Lernprogramm über Relativitätstheorie

Die Multimedia-Elemente sind in den Leittext eingebettet. Diese sind nicht nur Filmsequenzen wie am Beispiel des Zuges erläutert, sondern in erster Linie interaktive Bildschirmexperimente und interaktive Simulationen. Dabei sind die Bildschirmexperimente wie ein Realexperiment dargestellt und analog zu bedienen. Als Beispiel ist in der folgenden Abbildung 3.3 ein Frame des Bildschirmexperiments zur Bragg-Reflexion abgebildet. Im der unteren Hälfte des Bildes ist der Versuchsaufbau zu sehen, in der oberen sind die Anzeigen der Messgeräte abgebildet.

Mit der Maus kann der Benutzer das Experiment bedienen. Ein eng begrenztes Bündel der Röntgenstrahlung fällt auf einen Natrium-Chlorid-Einkristall.

Der Benutzer kann die Kristallprobe im Strahlengang drehen, und gleichzeitig dreht er auch das Zählrohr mit. Auf der Winkelskala sind die jeweils eingestellten zwei Winkel abzulesen, zum einen den Winkel zwischen der Achse des Zählrohres und der Horizontalen, und jenen Winkel, den der einfallende Röntgenstrahl mit der Kristalloberfläche einschließt.

Während der Kristall nun gedreht wird und sich somit die beiden Winkel vergrößern, beobachtet der Benutzer dabei die Zählrate des Zählrohres und findet drei Maxima der Ausschläge des Zählrohres. Er kann nun aus den bei den Maxima eingestellten Winkeln mit Hilfe der Bragg-Bedingung und dem gegebenen Netzebenenabstand die Wellenlänge des verwendeten Röntgenstrahls berechnen.



Abbildung 3.3: Der Versuchsaufbau in einem interaktiven Bildschirmexperiment zur Bragg-Reflexion

Mit Hilfe interaktiver Bildschirmexperimente ist den Studierenden in bestimmten Bereichen - zum Beispiel im Themenbereich der Hochenergiephysik - ein experimentiernahes Arbeiten ermöglicht, das im Rahmen eines Praktikums kaum zu realisieren wäre.

Bei Simulationen ist der Versuchsaufbau oft schematisch dargestellt. Es handelt sich bei der technischen Realisierung der Simulationen meist um Java-Applets. Der Benutzer kann verschiedene Parameter selbst einstellen und damit den Versuch durchführen. Mit Hilfe einer Simulation kann unter anderem Unsichtbares dargestellt werden, beispielsweise wird die Bahn der in der Realität nicht sichtbaren Teilchen eingezeichnet, und die Position seines Auftreffens auf dem Schirm bleibt markiert (Abbildung 3.4 b).

Die Komplexität dieser interaktiven Bildschirmexperimente und Simulationen variiert stark (siehe Abbildung 3.4 a für ein einfaches Beispiel). Bei ihrer Durchführung wird kooperatives Lernen verwirklicht, und die beobachteten Ergebnisse werden diskutiert.

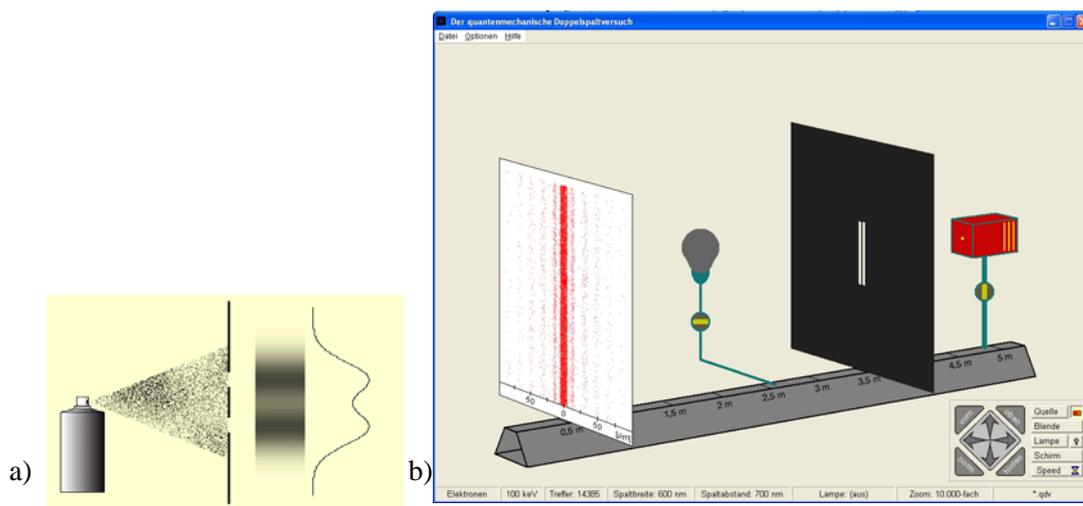


Abbildung 3.4: Aus dem Themenkomplex Quantenmechanik:

- a) Eine einfache interaktive Simulation; bei Bedienung der Spraydose entwickelt sich das Muster der auftreffenden Teilchen und die Kurve der Intensität hinter der Blende
- b) Interaktive Simulation zum Doppelspaltversuch

Die Animationen bzw. Experimente sind in einer Art "Handlung" eingebettet (Beispiel Relativitätstheorie: Beobachtung aus unterschiedlichen Perspektiven von Raumfahrern).

Die Materialien, insbesondere der multimedialen Elemente, welche die Studierenden am Computer bearbeiten, werden in Form von Blended Learning eingesetzt.

Die drei Leitgedanken des Blended Learning sind die folgenden [Reinmann, 2005]:

1) Begründete Auswahl der multimedialen Elemente:

Beim Blended Learning bilden der Lernende und die Lernprozesse den Ausgangspunkt der Gestaltung der Lernumgebung („Learner-Centered“ [Bransford et al., 1999] bzw. „Learning-Centered“ [Anderson, 2004]). Die Vorbereitungen zur Gestaltung betreffen in erster Linie die physikalischen Inhalte, die konkreten Themen, den Grad des Tiefgangs, die Abstimmung auf die Zielgruppe, die erwarteten physikalischen Kenntnisse und Fertigkeiten, die Abstimmung der multimedialen Elemente auf die in der Veranstaltung vermittelten Inhalte unter Berücksichtigung, welche physikalischen Vorgänge interaktiv illustriert werden müssen.

2) Gestaltung der Präsenzveranstaltung durch den Tutor:

Wenn die Zielgruppe, die Lerninhalte, die Lernziele und die bevorzugten Lernformen für die verschiedenen Phasen feststehen, muss der Entwickler des Lehr-Lern-Systems bzw. Tutor (hier der Autor) festlegen, wie die angestrebten Lerninhalte vermittelt und die Lernprozesse gefördert werden können. Die Aktivitäten des Tutors beziehen sich zum einen auf die Gestaltung der Strukturen der Lernumgebung (zum Beispiel wann welche Phase beginnt) und zum anderen auf die Gestaltung der ablaufenden Prozesse (zum Beispiel wie die Selbstkontrollen bearbeitet werden sollen).

3) Einbindung der multimedialen Elemente in die Veranstaltung:

Schließlich geht es um die Einbindung der multimedialen Elemente in die Veranstaltung an geeigneter (inhaltlicher und zeitlicher) Stelle. Die geeignete Vor- und Nachbereitung, insbesondere wenn für die Bearbeitung der Seminarraum verlassen werden muss, sind zu berücksichtigen.

Bei der Einbindung der multimedialen Elemente in die Veranstaltung spielen die Ausrichtung der Aufmerksamkeit der Studierenden, die den Web-Text ergänzenden Hilfestellungen durch den Tutor sowie das Zusammenspiel von Arbeitsaufträgen, Fragen im Web-Text und Selbstkontrollen eine wichtige Rolle [Girwidz, 2001], wie im Folgenden erläutert wird:

Beim Einsatz der multimedialen Elemente muss darauf geachtet werden, dass Leitlinien angeboten werden und die Aufmerksamkeit ausgerichtet wird. Die notwendigen Maßnahmen sind die folgenden:

- Eine Vorbereitung und inhaltliche Sensibilisierung der Lernenden durch geeignete Formulierungen im Skript, im Web-Text oder auch an der Tafel, um ein zielgerichtetes Vorgehen beim Umgang mit dem multimedialen Element zu sichern,
- Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf lernrelevante Details,
- Leitfaden im Web-Text für das selbständige Arbeiten. Dieser Leittext dient als eine Art Kontrollstruktur, die den Lernenden helfen soll, den Überblick zu behalten, und ihnen das notwendige Grundwissen bereitstellt [Rotluff, 1992]

Bei der Erstellung der Web-Texte und der Einbindung von multimedialen Elementen wurde auf die im Folgenden beschriebenen Probleme Rücksicht genommen. Diese müssen jedoch dem Tutor bekannt sein und er muss geeignete Hilfestellungen und Anleitungen geben:

- Meist wird ein Bild oberflächlich betrachtet, wobei wichtige Elemente und Details nicht das Bewusstsein erreichen.
- Der Betrachter versteht bestimmte Bildelemente nicht oder nur mangelhaft (z. B. die Symbolik). Die Bildaussage wird deshalb nicht richtig erfasst.
- Der Lernende betrachtet das Bild im Hinblick auf das Lernziel nicht zielgerecht. Es interessieren Nebensächlichkeiten und der Unterhaltungswert, das Lernziel wird in den Hintergrund gedrängt.

Um hier gegenzusteuern und die Verarbeitungstiefe zu sichern, wurden folgende Maßnahmen durch Arbeitsaufträge, Fragen im Web-Text und den Selbstkontrollen getroffen:

- Ein Memorieren und Verbalisieren der Inhalte

- Zusammenhänge zum Basistext sollen herausgearbeitet werden
- Zusammenhänge zum Vorwissen werden hergestellt
- Skizzen werden angefertigt
- Bei Sequenzen sind bei entscheidenden Phasen Vorhersagen und Diskussionen mit dem Partner verlangt.

3.2 Ablauf einer Veranstaltung

Die Arbeitsphasen gliedern sich in Textarbeit, Selbstkontrolle, eventuell Computerübung, gegebenenfalls Übung. In dem Flussdiagramm sind die Arbeitsphasen dargestellt. Das Bearbeiten eines Kapitels soll in einzelne Abschnitte unterteilt sein, die durch Zusammenfassung an der Tafel und Klärung erster Fragen gegliedert werden. Bereits während des Bearbeitens des Textes ist der Tutor für Fragen einzelner Studierender ansprechbar.

Im Flussdiagramm in der folgenden Abbildung 3.5 ist berücksichtigt, dass während des Themenkomplexes „Relativitätstheorie“ vorwiegend mit einer CD „Multimediale Einführung in die Relativitätstheorie“ am PC gearbeitet wurde und die ausführlichen Phasen der Textarbeit reduziert sind. Die Übung am Computer kann zum einen mit eigenen Notebooks durchgeführt werden, zum anderen kann sie im Computerraum („Cip-Pool“ genannt) stattfinden. In letzterem Fall wird durch das Verlassen des Seminarraums und das Aufsuchen des Computerraums die Arbeit mit dem Computer von der Arbeit mit den übrigen Materialien separiert.

Dargestellt ist auch die jeweilige Sozialform der Arbeitsphasen (siehe Legende). Eine anschauliche Erläuterung folgt im nächsten Abschnitt.

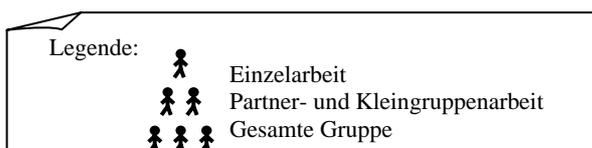
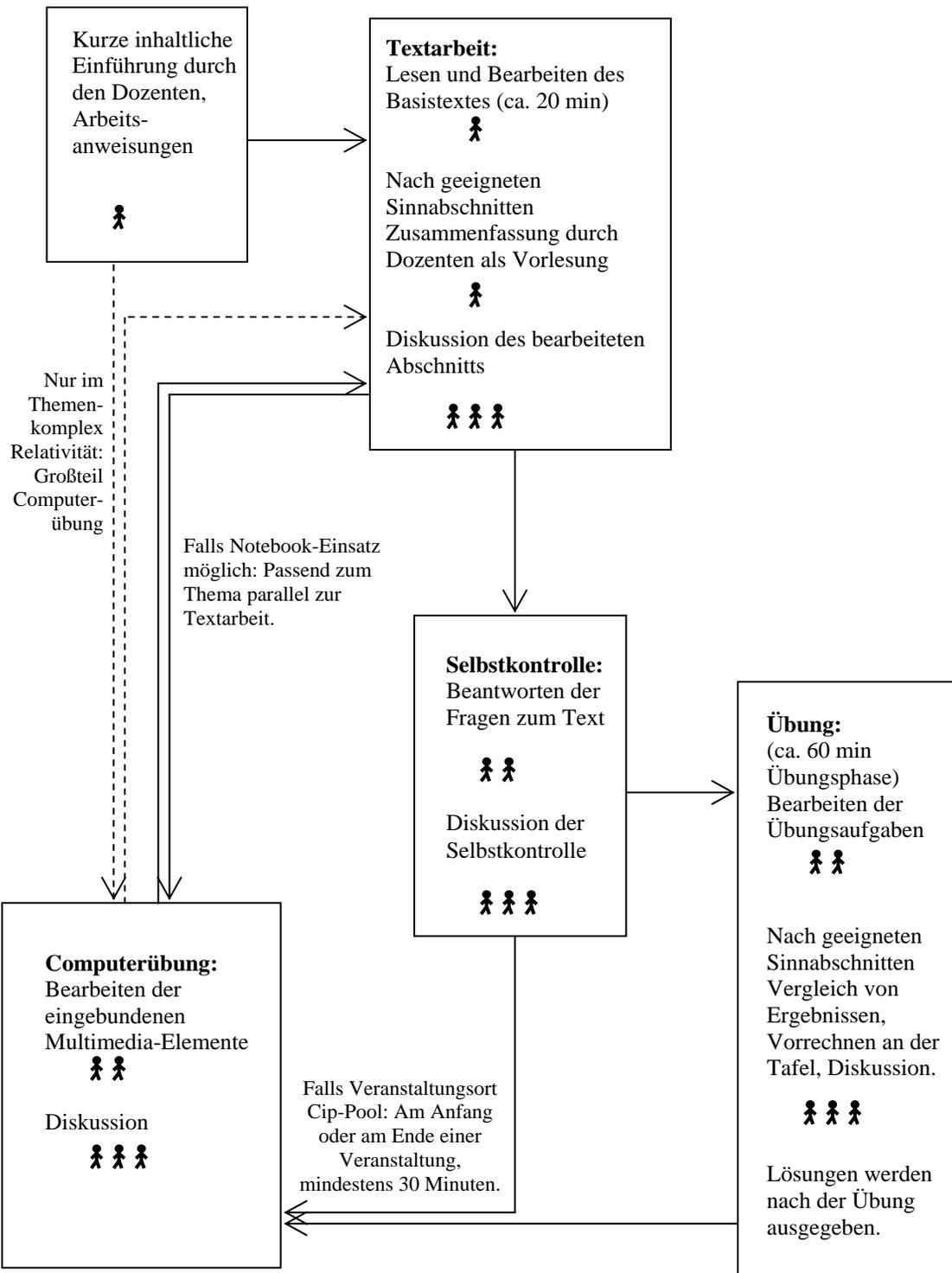


Abbildung 3.5: Darstellung des Ablaufs der Veranstaltung in Form eines Flussdiagramms.

3.3 Aufgaben des Tutors

Dem Dozenten kommt die verantwortungsvolle Rolle des Tutors zu. Er ist für die Kontrolle der Arbeit mit dem Lehr-Lern-System verantwortlich. Für den Einsatz der einzelnen Elemente des Lehr-Lernsystems ist generell die Gestaltung einer motivierenden Lernsituation relevant. Hierfür berücksichtigt der Tutor vier Aspekte der Motivationssteigerung [Keller, 1994]:

- Attention: Aufmerksamkeit ausrichten, z.B. auf die multimedialen Elemente oder einzelnen Inhalte, welche das nun zu lesende Kapitel offeriert mit Hilfe vorbereitender interessanter Fragen
- Relevance: Relevanz verdeutlichen, z.B. Hinweise auf bereits gelernte Zusammenhänge aus dem vorigen Kapitel oder Zusammenhänge mit bereits bekannten Experimenten
- Confidence: Erfolgsszuversicht vermitteln, z.B. den Lernprozess bezüglich eines physikalischen Phänomens verdeutlichen, indem man zunächst auf die bereits durch Studieren des Textes kennen gelernte Interpretation hinweist und daraufhin das interaktive Bildschirmexperiment durchführen lässt und auf den entsprechenden Erkenntnisgewinn und die lernrelevanten Details hinweist
- Satisfaction: Zufriedenheit bei den Lernenden erreichen, indem z.B. der individuelle Nutzen der entsprechenden physikalischen Erkenntnis im Zusammenhang herausgestellt wird oder bereits bekannte Experimente mit dem neuen Wissen in einem anderen Licht gesehen werden können.

Diese vier Aspekte müssen vom Tutor in jeder Phase seines Einsatzes, besonders während der kurzen Vorlesung und der Besprechung der Selbstkontrollen und Übungsaufgaben praktisch umgesetzt werden.

An dieser Stelle sei auf der Basis der Erkenntnisse aus der durchgeführten Interviewstudie erwähnt, dass das erfolgreiche Wirken des Tutors in der Veranstaltung die Motivation, das Lernklima und den Lernerfolg zu einem großen Teil beeinflusst und aufgrund der Erfahrung des Tutors mit dem Lehr-Lern-System der Erfolg wachsen sollte.

In der folgenden Darstellung der Arbeitsphasen sind die Erfahrungen mit der „aktiven Form“ der „Physik der Materie“, der Umsetzung des Lehr-Lern-Systems, aus Sicht des Entwicklers und Tutors in Form von Anleitungen formuliert, um einen lebendigen Eindruck des Ablaufs eines Veranstaltungstermins zu vermitteln. Diese Beschreibung dient auch zur Erläuterung des Flussdiagramms.

Beschreibung der Arbeitsphasen und Erfahrungen mit der aktiven Form der „Physik der Materie“

Termine: Montag von 12 bis 14 Uhr und Donnerstag von 12 bis 14:30 Uhr.

Tutorin: Jana Traupel

Betreuer: Prof. Dr. Martin Faessler

Einstieg

- Kurzer inhaltlicher Einstieg durch den Dozenten
- Arbeitsanweisungen

Eine Veranstaltung beginnt mit einer Einführung des Tutors in Form einer kurzen Wiederholung der Erkenntnisse des vorangegangenen Kapitels und Ausblick auf das Thema der aktuellen Veranstaltung. Es findet eine Einführung in das aktuelle Kapitel statt, und es wird gegebenenfalls auf problematische Passagen hingewiesen.

Der Ablauf der aktuellen Stunde wird in Form von Arbeitsanweisungen vorgestellt.

Die Leseanweisungen werden schriftlich an der Tafel vorgegeben, zum Beispiel

„Lesen von Seite 30 bis Seite 33, -> Zusammenfassung

Lesen von Seite 34 bis Seite 38, -> Zusammenfassung

Lesen von Seite 39 bis Seite 41, -> Zusammenfassung“.

Textarbeit

- Lesen und Bearbeiten des Basistextes
- Nach geeigneten Sinnabschnitten Zusammenfassung durch den Dozenten als kurze Vorlesung
- Diskussion des gelesenen Abschnitts

Jeder Student arbeitet in der Lesephase den Basistext durch, der in die angegebenen Abschnitte unterteilt wurde. Hierbei sollen die Studierenden die Möglichkeit haben, durch Zeichen den Tutor an den Platz zu holen, um spontane Fragen zum Text - individuell - zu klären.

Schnell arbeitende Studenten nehmen erfahrungsgemäß die Möglichkeit wahr, bereits mit dem nachfolgenden Abschnitt fort zu fahren.

Wenn alle Studierenden den angegebenen Abschnitt gelesen haben, erfolgt eine Zusammenstellung der wichtigsten Erkenntnisse an der Tafel, und die Studierenden übertragen die Zusammenfassung in ihre Unterlagen. Die zuvor eventuell aufgetretenen Fragen werden für die gesamte Gruppe diskutiert (Hinweis: Dieses Prozedere muss angekündigt werden, da erfahrungsgemäß die Studierenden beim Lesen durch die Zwischenfragen in der Lesephase – wenn auch leise gestellt – abgelenkt werden, da sie die Antwort erfahren möchten). Alle Unklarheiten des Abschnitts werden diskutiert, angesprochene Versuche sowie Herleitungen nachvollzogen.

Besonders schnell arbeitende Studenten beginnen meist nach Beendigung des letzten vorgegebenen Abschnitts mit der Bearbeitung der Selbstkontrolle.

Computereinsatz

- Internet-Kurs
- Bearbeiten der eingebundenen Multimedia-Elemente
- Diskussion der Beobachtungen

Der Internet-Kurs ist nach den Kapiteln des Basistextes gegliedert. Zu dem jeweils aktuellen Kapitel wird das entsprechende Kapitel des Internet-Kurses am PC bearbeitet. In der Veranstaltung der „Physik der Materie“ wurden verschiedene Versionen des Computereinsatzes realisiert. Die gängige Methode ist: Der Seminarraum wird gemeinsam verlassen und die Veranstaltung in den Computerraum verlegt. Die Studierenden können auch zu zweit einen Rechner benutzen, auf diese Option muss hingewiesen werden. Die Arbeitsanweisungen werden an die Tafel geschrieben, z.B.:

„Kapitel 3 der Kernphysik öffnen,

Text lesen, den Links folgen und die angegebenen Experimente durchführen“.

Der Tutor soll die Studenten bei der Durchführung der Experimente unterstützen.

Abweichend war das Vorgehen im SS05 in der Quantenmechanik. Nach Absprache mit den Studenten wurden eigene Notebooks mitgebracht und Lehrstuhl-Notebooks eingesetzt, so dass ein Notebook pro Zweiergruppe zur Verfügung stand. Die Vorteile waren: Kein Wechsel des Raums, bessere Eingliederung der Computerphase in die Bearbeitung der Texte und Selbstkontrollen.

Es müssen Fragestellungen bezüglich der Einstellungen der Parameter der Applets oder interaktive Bildschirmexperimente, Beobachtungen und Ergebnisse des Experiments gegeben werden (solche sind meist im Internet-Text eingebettet, sie sollten jedoch zusätzlich noch durch die Tafel vorgegeben werden).

Die Studierenden äußerten den Wunsch nach gemeinsamen Phasen mit Beamer, zum Beispiel bei Abschlussdiskussion.

Es müssen genaue Arbeitsanweisungen gegeben werden.

Schließlich sollte eine Abschlussbesprechung der Computerphase stattfinden.

Selbstkontrolle

- Beantworten der Fragen zum Text
- Diskussion der Selbstkontrolle

Dringend nötig ist die Motivation zur Partnerarbeit bei der Beantwortung der Selbstkontrollfragen. Erfahrungsgemäß versuchen die Studierenden zunächst, die Selbstkontrolle ohne Hinzunahme des Textes zu lösen. Der Tutor soll ausdrücklich erlauben, den Text zu Hilfe zu nehmen, wenn auch der Partner die Frage nicht lösen kann.

Hinweis: Falls Hemmungen bestehen, hier in Kooperation zu arbeiten (eventuell lediglich aufgrund der Stille im Seminarraum) kann der Tutor mit Anweisungen die Partnerarbeit motivieren, z.B. abwechselndes gegenseitiges Erklären der Selbstkontrollantworten, oder Vergleich innerhalb der

„Reihe“ der Sitzordnung mit einer anderen Partnergruppe. Der Tutor soll durch die Reihen gehen und sich Antworten ansehen und geben lassen. Hierbei ergeben sich erfahrungsgemäß weitere Fragen von Seiten der Studierenden. Diese sollen sogleich - laut - für die gesamte Gruppe geklärt werden. Nach Abschluss der Bearbeitung der Selbstkontrolle wird Frage für Frage besprochen, indem jeweils ein Student seine Antwort vorliest, eventuell wird die Antwort noch ergänzt.

Übung

- Bearbeitung der Übungsaufgaben
 - Nach geeigneten Sinnabschnitten Diskussion der Ergebnisse
- Die Übung wird als Präsenzübung gehalten. Dabei wird Partner- und Kleingruppenarbeit vorgeschrieben, Hinweise und Tipps werden schriftlich an der Tafel vorgegeben, schwierige Ansätze werden entwickelt, der Fortschritt verfolgt und die Zwischenergebnisse an der Tafel besprochen usw. Die Lösungen werden schriftlich ausgegeben, so dass die Überprüfung der Lösungen möglich war. Die Übung findet maximal jede zweite Veranstaltung statt.

3.4 Übersicht über die entwickelten und eingesetzten Materialien

Hier werden die Materialien des Lehr-Lernsystems in Form einer Übersicht aufgezählt. Sie bilden den Webkurs zur Physik der Materie mit insgesamt 285 Html-Seiten und über 200 Graphiken unter:

<http://www.cip.physik.uni-muenchen.de/~traupel> (Anhang 10).

Quantenphysik:

{Basierend auf dem Web-Kurs „milq – Münchner Internet-Projekt zur Lehrerfortbildung in Quantenmechanik“ [Müller, R. et al. (2002)]. Skript und Übungsblätter wurden geringfügig modifiziert übernommen.}

- Vorlesungsskript Quantenphysik für herkömmliche Vorlesungsform (notwendig für die herkömmliche Vorlesungsform im Sinne des Vergleichsdesigns)
- 90 Html-Seiten mit 14 neuen Graphiken, Einbindung der Multimedia-Elemente sowie neue Recherche:
 - Photoeffekt
 - Bragg-Reflexion
 - Compton-Effekt
 - Polfilter
 - Horizontaler Wurf
 - Wurfmaschine
 - Interferenz
 - Doppelspaltexperiment
 - Spraydose
 - Linsenspektren
 - Frank-Hertz-Versuch
 - Wahrscheinlichkeitsdichten im Wasserstoffatom
 - Räumliche Darstellung der Wahrscheinlichkeitsdichten
- 9 Selbstkontrollen
- Zusatz: Interaktive Rechenaufgabe
- Zusatz: 1 Konstruktionsplan

Teilchenphysik:

- Basistext mit 48 Seiten und 33 Graphiken.
Kapitel:
 - Teilchen
 - Wechselwirkungen
 - Die Systematik der Teilchen

- 3 Selbstkontrollen
- 3 Übungsblätter mit Lösungen
- 61 Html-Seiten mit 56 Graphiken
- Recherche, Einbindung und Entwicklung von Anleitungen zu den interaktiven Multimedia-Elementen und Links:
 - Ausspruch des Herrn Fermi
 - Reise durch die Größenordnungen im Universum
 - Meilensteine der Teilchenphysik
 - Geschichte der Teilchenphysik ab 1900
 - Geschichte der Teilchenphysik von 1964 bis heute
 - Experiment zum Teilchenzerfall
 - Teilchen- Antiteilchen-Paar
 - Lebensdauer der Myonen
 - Austausch eines Bosons
 - Kurs zu Feynman-Diagrammen
 - Quiz zu den Wechselwirkungen
 - Erhaltung von Teilchengrößen
 - Kurze Geschichte des Universums
 - Zuordnungsspiel zum Teilchenzoo
 - Higgs-Boson
 - Higgs-Mechanismus
 - Reaktionen von Hadronen
 - Tanzende Quarks
 - Bauplan für Mesonen und Baryonen
 - Quiz über die Quarks, die Mesonen und Baryonen und die Farbladungen
 - Die Sendung mit dem Quark
 - Abschlussquiz
- Ein zusätzlicher Kurs bezüglich der Farbladungen: „Kleine Farbenlehre“
- Ein Lernprogramm zum Thema „Erhaltungsgrößen in Teilchenreaktionen“ im Rahmen einer Zulassungsarbeit für das erste Staatsexamen [Rehm, 2006]
- Vorlesungsskript Teilchenphysik & Relativitätstheorie (notwendig für die herkömmliche Vorlesungsform im Sinne des Vergleichsdesigns)

Relativitätstheorie:

{Basierend auf der CD „Multimediale Einführung in die Spezielle Relativitätstheorie“ [Neumann & Hoene, 1999]}

- Entwicklung eines begleitenden Lehrtextes mit Übungen im Umfang von 64 Seiten basierend auf der CD mit übernommenen Graphiken.
- 25 Html-Seiten mit 59 Graphiken
- 4 Selbstkontrollen

Kernphysik:

- Basistext mit 65 Seiten und 52 Graphiken.
Kapitel:
 - Der Atomkern
 - Eigenschaften der Kerne
 - Kernmodelle
 - Radioaktivität
 - Erzeugung von Kernen
 - Strahlung und Materie
 - Beschleuniger und Detektoren
- 8 Selbstkontrollen
- 7 Übungsblätter mit Lösungen
- 80 Html-Seiten mit 32 Graphiken

- Recherche, Einbindung und Entwicklung von Anleitungen zu den interaktiven Multimedia-Elementen und Links:
 - Streuung von Alpha-Teilchen an einem Kern
 - Rutherford-Experiment
 - Nuklidkarte
 - Massenspektrograph von Aston
 - Thomsonscher Massenspektrograph
 - Experiment zum Teilchenzerfall
 - Anteile der Zerfallsprodukte
 - Zerfallsreihen
 - Quantitative Anteile der Zerfallsprodukte
 - Vorgänge im Kernkraftwerk
 - Unfälle im Kernkraftwerk
 - Modell eines Linearbeschleunigers
 - Modell eines Zyklotrons

Festkörperphysik:

- Basistext mit 78 Seiten und 79 Graphiken {Graphiken dieses Kapitels zum großen Teil nicht selbst produziert sondern übernommen}.
Kapitel:
 - Die Struktur von Festkörpern
 - Mechanische und thermische Eigenschaften
 - Elektrische Eigenschaften
 - Magnetismus
- 27 Html-Seiten mit 9 Graphiken
- Recherche, Einbindung und Entwicklung von Anleitungen zu den interaktiven Multimedia-Elementen und Links:
 - Netzebenen
 - Gitterstruktur
 - Laue-Diagramm
 - Debye-Scherrer-Diagramm
 - Bragg-Bedingung
 - Hall-Effekt
 - Aus Energieniveaus werden Bänder
 - Aufbau eines Kristalls und seines Energie-Niveau-Schemas
 - Potentialtöpfe - Kronig-Penney-Modell
 - Bändermodell
 - Fermi-Funktion in Abhängigkeit der Temperatur
 - Auswirkung von Donatoren und Akzeptoren auf die Fermi-Energie
 - Zahl der freien Ladungsträger
 - pn-Übergang
 - Funktionen beim pn-Übergang
 - Raumladungszone beim pn-Übergang
 - Diode
 - Kennlinie einer Diode
 - Ladungsdichte beim Durchlaufen der Kennlinie einer Diode
 - Schwebender Supraleiter
- 12 Selbstkontrollen
- 4 Übungsblätter mit Lösungen
- Zusatz: 1 Diskussionsanleitung
- Zusatz: 1 Herleitung
- Zusatz: 1 Wiederholung

Weitere Materialien:

- Abschlussklausur SS 03
- Abschlussklausur WS 03/04
- Abschlussklausur SS 04
- Abschlussklausur WS 04/05
- In sich abgeschlossener kurzer Html-Kurs für die Erprobung in Würzburg (siehe Anhang 8), bezieht sich auf 1 Kapitel der Quantenphysik,
 - mit 10 Html-Seiten
 - 1 Selbstkontrolle

3.5 Systematische Entwicklung des Lehr-Lern-Systems

Das Lehr-Lern-System lässt sich in Form eines Modells mit drei Ebenen darstellen [Baumgartner & Bergner, 2003] [Reinmann, 2005]:

- Strukturebene,
- Prozessebene,
- Technische Ebene.

Die Strukturebene bildet die obere Ebene der didaktischen Vorgaben und besteht aus den Inhalten und Aufgaben. Die mittlere Ebene, die Prozessebene, ist die Ebene der didaktischen Interaktionsmuster. Hier geht es um die konkreten Lern- und Austauschprozesse, also die Interaktionen der Lernenden mit den Inhalten, die Beziehungen der Lernenden untereinander und die Beziehung zwischen den Lernenden und dem Tutor. Die untere Ebene ist die technische Ebene mit den technischen Hilfsmitteln, wie der Software.

In die Gestaltungslogik [Reinmann, 2005] geht ein, dass im Idealfall die Technik nicht am Anfang der Gestaltung des Lehr-Lern-Systems stehen darf. Zunächst erfolgt die Gestaltung der Struktur, die Entwicklung der Aufgaben und Inhalte bezogen auf Ziele und Zielgruppe. Die Festlegung der geeigneten Sequenzen des Einsatzes der Materialien, und die beste Art der Aktivierung und Unterstützung der Studierenden muss gefunden werden. Welche Prozesse stattfinden sollen, obliegt dem Tutor, zum Beispiel in welcher Weise die Studierenden kooperieren sollen, wie sie Feedback erhalten und wie groß der Austausch untereinander und mit dem Tutor sein soll. Diese struktur- und prozessbezogenen Überlegungen beeinflussen die technische Umsetzung, vor allem die Hilfestellungen, die schriftlich im Web-Text oder im Basistext eingebettet sind.

Es liegt auf der Hand, dass mehrere Zyklen der Entwicklung und Verbesserung notwendig sind.

Das Lehr-Lern-System für die „Physik der Materie“, in dem sich diese drei Ebenen wieder finden, besteht zum einen aus dem Web-System, jene die Veranstaltung begleitende Web-Site, in die sämtliche Materialien eingebettet sind, und zum anderen aus der Präsenzveranstaltung: Die Teilnahme an der Veranstaltung ist die entscheidende Voraussetzung für den Erfolg des Lehr-Lern-Systems. In der Präsenzveranstaltung bringt der Tutor die Materialien einzeln oder bei der Arbeit am Computer im Rahmen der Benutzung des Web-Systems für die Studierenden zum Einsatz. In der Entwicklung dieser beiden Bereiche sind die oben genannten drei Ebenen miteinander verknüpft:

In das Web-System sind die Materialien, die Inhalte und Aufgaben (Strukturebene), eingebettet. Die Prozessebene bezieht sich auf den Tutor, der das Web-System mit den Materialien in der Präsenzveranstaltung einsetzt und die Studierenden aktiviert. Die technische Ebene beinhaltet die softwaretechnischen Realisierungen des Web-Systems.

Zur Verdeutlichung wird für die folgende Beschreibung der Entwicklung des Lehr-Lern-Systems das Modell der drei Ebenen wie im folgenden Klassendiagramm (Abbildung 3.6)* dargestellt.

* Die kleine Raute bedeutet in der Darstellung eines Klassendiagramms die Beziehung „enthält“.

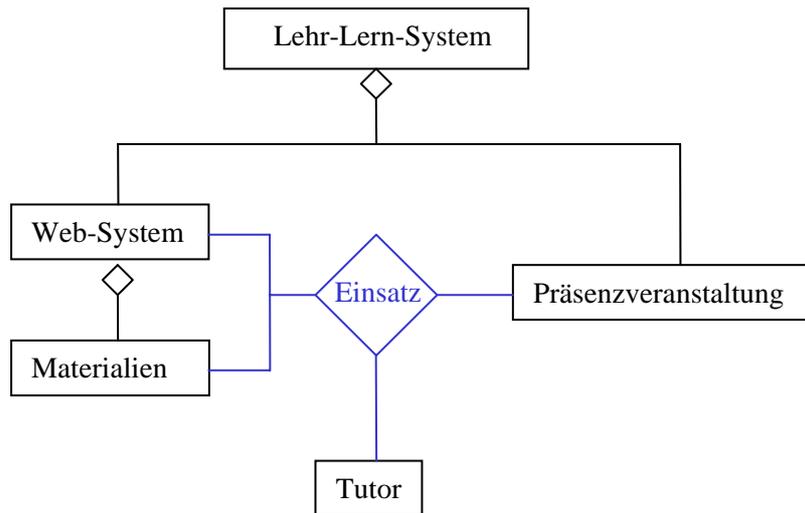


Abbildung 3.6: Klassendiagramm für das Lehr-Lern-System

Das Klassendiagramm zeigt folgende Beziehungen:

- Das Lehr-Lern-System setzt sich zusammen aus dem Web-System und der Präsenzveranstaltung.
- Das Web-System beinhaltet die Materialien. (Web-System und Materialien sind auf der Strukturebene anzusiedeln. Die technische Realisierung des Web-Systems betrifft die technische Ebene.)
- Der Tutor setzt das Web-System mit seinen Materialien in der Präsenzveranstaltung ein (Prozessebene).

Die Entwicklung des Gesamtsystems beinhaltet die Entwicklung des Web-Systems im Sinne einer Software-Entwicklung. Aus Sicht der Software-Entwicklung trifft hier die Beschreibung als Einsatz-, Test- und Evaluationsinstanz zu. Außerdem verbesserte sich gleichzeitig der Einsatz des Systems in der Präsenzveranstaltung innerhalb von drei Jahren.

Zunächst wird über die systematische Herstellung und Wartung des Web-Systems sowie über die Qualitätskriterien berichtet, anschließend werden die verwendeten Vorgehensmodelle für die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems sowie die Orientierung an dem Zeitplan des Projektes über drei Jahre vorgestellt.

Das Web-System unter dem Gesichtspunkt der systematischen Herstellung und Wartung

Sowohl die technischen Aspekte als auch die anwenderspezifische Gestaltung des Web-Systems im Sinne einer Lern- und Anwendersoftware legen die Anlehnung an das Software-Engineering nahe [Fairly 1985]. Software-Engineering ist die technische und organisatorische Disziplin sowohl zur systematischen Herstellung als auch zur Wartung des Systems. Dabei kommt es auch auf zeitliche Vorgaben und Kosten, das heißt im Falle dieses Projektes den personellen Arbeitsaufwand, an. Die Ziele des Software-Engineering sind die Fertigstellung des Web-Systems in hoher Qualität, die Eingrenzung der Entwicklungszeit und die Minimierung des personellen Arbeitsaufwands. Die Bereiche des Software-Engineering, die sich in diesem Projekt wieder finden, sind:

- Die Entwicklung,
- die Qualitätssicherung,
- das Projektmanagement.

Entwicklung:

Innerhalb des Bereichs der Entwicklung wurden die Anforderungen formuliert. Wie bereits beschrieben sind die Anforderungen Learner-Centered [Bransford et al., 1999] bzw. Learning-Centered [Anderson, 2004] ausgerichtet und betreffen die physikalischen Inhalte, die konkreten Themen, das fachliche Niveau, die Abstimmung auf die Zielgruppe, die erwarteten physikalischen

Kenntnisse und Fertigkeiten, sowie die Abstimmung der multimedialen Elemente auf die in der Veranstaltung zu vermittelnden Inhalte.

Die Lösungen wurden entworfen und implementiert. Für eine Übertragbarkeit des Web-Systems musste der Aufbau der Web-Page dokumentiert werden und vor allem die Struktur so einfach wie möglich gehalten werden, um eine einfache logische Nachvollziehbarkeit zu garantieren. Auf die Wartung muss durch die regelmäßige Kontrolle und eventuelle Aktualisierung gesetzter Links zu externen Web-Seiten, auf deren multimediale Elemente zugegriffen wird, besonderer Wert gelegt werden.

Qualitätssicherung:

Für die Qualitätssicherung dient in diesem Projekt in erster Linie der Test durch den sofortigen Einsatz in der Veranstaltung „Physik der Materie“. Dies vereinfacht die Validierung („Konstruiere ich ein geeignetes System?“) und die Verifizierung („Funktioniert das System?“). In den Bereich der Qualitätssicherung fällt auch die Wiederverwendung einzelner Komponenten. Eine beispielhafte Komponente sind die Texte, die als Pdf-Dokumente von den entsprechenden Seiten heruntergeladen werden können. Diese Texte wurden mit der Sprache Latex für die Textverarbeitung erstellt. Um die Texte in ihrer Gesamtheit, Auszüge davon oder eine Modifikation verwenden zu können, muss der ursprüngliche Quellcode als Latex-Datei vorliegen und weitergegeben werden. Weiterhin muss für die Sicherung der hohen Qualität eine methodische Richtlinie eingehalten werden, die sich in der logischen Systematik der Web-Page wieder findet, die für jedes Kapitel die gleiche Baumstruktur verwendet, nur das Design unterscheidet sich aufgrund der Cascading-Style-Sheet-Technik in der HTML-Programmierung.

Projektmanagement:

Aufgrund der strikten Projektplanung, die sich an den vorgesehenen Terminen der jeweiligen zu behandelnden Themengebiete in der „Physik der Materie“ orientieren musste, war es möglich, das System innerhalb von drei Jahren zu entwickeln. Der personelle Arbeitsaufwand bezüglich der Entwicklung hielt sich mit einer hauptverantwortlichen Person dabei in optimalen Grenzen. In den Bereich des Projektmanagements fällt ebenso die Projektkontrolle, die sich mindestens durch Berichterstattung und Bewertung durch die Vorstellung der aktuellen Ergebnisse auf den halbjährlich besuchten Tagungen (DPG und GDPC) ergab, sowie durch die regelmäßige Auswertung der Evaluierungsbögen nach jedem einzelnen Themenabschnitt als direkte Rückmeldung durch die Studierenden.

Qualitätskriterien

Die Qualitätskriterien, die das System erfüllen muss, sind [DIN ISO 9126]:

- Die Funktionalität
- die Zuverlässigkeit
- die Benutzerfreundlichkeit
- die Änderbarkeit
- die Übertragbarkeit.

Die Funktionalität bezieht sich vor allem auf die Verwendung des Web-Kurses unter Zugriff durch den Benutzer auf die verschiedensten Funktionen (Aufrufe von IBE's, Herunterladen von Dateien, etc.). Zuverlässig ist das System, wenn Fehler selten auftreten und nur geringe Auswirkungen haben (z.B. wenn eine Anpassung des verwendeten Browsers durch den Benutzer selbst oder mit Unterstützung des Tutors notwendig wird). Benutzerfreundlichkeit hat hohe Priorität: Die Funktionen auf den Web-Seiten müssen leicht zu bedienen sein und außerdem adäquat, das heißt nur Funktionen, die auch benötigt werden, sind für den Anwender sichtbar (bei externen Links auf Animationen u.ä. muss eine genaue Anleitung auf den Web-Sites gegeben sein, da manchmal in den Animationen Funktionen vorhanden sein können, die für die Studierenden nicht relevant sind).

Die Änderbarkeit bzw. Wartungsfreundlichkeit betrifft den Entwickler. Falls Fehler auftreten sollten, müssen ihre Ursachen leicht zu lokalisieren und zu beheben sein. Dies wird durch die einfache Struktur der Web-Page sowie die Programmierung in Plain-HTML gewährleistet. Dies ermöglicht leicht Änderungen und Erweiterungen und ist auch prägnant für die Portabilität des Systems, also Übertragbarkeit auf andere Rechner. Insbesondere wurde das System im Rahmen der Entwicklung und

des Einsatzes auf den Betriebssystemen Linux und Windows getestet. Die Fehler bei Nichtfunktionieren einzelner Komponenten wurden hierbei erkannt und behoben, gleiches gilt für die Verwendung unterschiedlicher Browser wie Windows Explorer, Netscape, Mozilla, Firefox, Opera. Gerade diesbezüglich wurde die Erforderlichkeit einer Hilfeseite direkt innerhalb der Web-Page erkannt und verwirklicht. Diese Hilfeseite stellt die Dokumentation für den Entwickler im Bereich der Wartung und für den Anwender im Bereich der Benutzung für den Fall auftretender Fehler bereit. Beispiele für solche Probleme sind unterschiedliche Einstellungen für Java in den verschiedenen Browsern oder Voreinstellungen des virtuellen Speichers einer neueren Windows-Version, die mit Hilfe einer ausführlichen Schritt-für-Schritt-Anleitung für die optimale Verwendung von interaktiven Bildschirmexperimenten, die auf einer älteren Windows-Version erstellt wurden, verändert werden kann.

Als ein weiteres Kriterium kann die Effizienz genannt werden, die hinter den anderen Qualitätskriterien zurücksteht. Sie betrifft das Laufzeitverhalten und den Speicherplatzbedarf und wird in diesem Projekt beim Einsatz der CD zur multimedialen Einführung in die Relativitätstheorie relevant (die für dieses Projekt lediglich übernommen wurde). Hierbei wird auch in Zukunft eine Vorabprüfung in dem zur Verfügung stehenden Cip-Pool notwendig sein.

Vorgehensmodelle für die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems

Die Entwicklung und Modifikation des Gesamtsystems unterscheiden sich von der schrittweisen Entwicklung eines einzelnen Elements (z. B. ein Themenabschnitt des Lehrtextes), wie sie vorrangig im ersten Projektjahr erfolgt ist, und muss daher aus der Perspektive unterschiedlicher Vorgehensmodelle betrachtet werden.

Zunächst soll die Entwicklung im ersten Jahr beschrieben werden und dann übergreifend das Modell für die gesamten drei Jahre, in denen das Zusammenspiel der einzelnen entwickelten Elemente untersucht und optimiert wurde.

Entwicklungsphasen im ersten Jahr für einzelne Elemente

Ein einzelnes Element für den Einsatz im ersten Jahr wurde klassisch nach dem „Wasserfallmodell“ entwickelt, bei dem einzelne Phasen [Benington, 1956] einander folgen (ähnlich einem Wasserfall, dargestellt in der folgenden Abbildung 3.7 [Boehm, 1984]):

- Anforderungsanalyse
- Entwurf
- Implementierung
- Test
- Einsatz und Wartung.

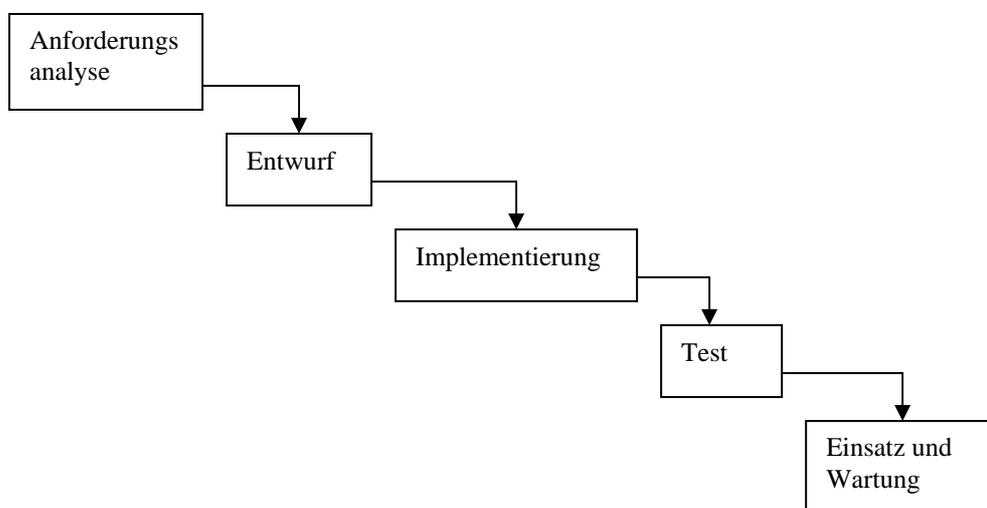


Abbildung 3.7: Phasen des Wasserfallmodells

In der Phase der Anforderungsanalyse wurden inhaltlich die physikalischen Inhalte und der Grad der Vertiefung in Abstimmung auf die Zielgruppe festgelegt, ebenso der Einsatz der Elemente beziehungsweise der Ablauf der Veranstaltung. Organisatorische Richtlinien wurden verfolgt: Termine wurden festgelegt, an denen die Materialien für ein bestimmtes Themengebiet in der Veranstaltung eingesetzt werden müssen. Es wurde nach bereits vorhandenen Multimedia-Elementen, auf die verlinkt werden kann, recherchiert (unter der Beachtung der „begründeten Auswahl der multimedialen Elemente“ als einem der Leitgedanken des Blended Learning, wie bereits beschrieben wurde).

Als Ergebnis dieses ersten Schritts lag der Entwurf eines zeitlichen und inhaltlichen Ablaufs der Veranstaltung vor, und in der als „Implementierung“ bezeichneten Phase wurden die Materialien hergestellt, so die Skripte in der Textverarbeitungssprache Latex und die Web-Seiten in HTML programmiert. Bereits bestehende Multimedia-Elemente im Internet und zur Verfügung stehende IBEs wurden eingebunden.

Der Test fand gleichzeitig mit dem Einsatz in der Veranstaltung statt.

Die letzte Phase beschreibt den Einsatz und die Wartung des Systems mit Änderungen und Erweiterungen.

Die Entwicklung nach dem streng sequentiell vorgehenden Modell blieb auf einzelne Elemente und das erste Jahr beschränkt. Die Verwendung dieses Modells ist aus der Sicht des Projektmanagements sehr günstig, da genaue Ziele für die Entwicklung vorgegeben und eingehalten werden müssen: So werden eventuelle Versäumnisse aus den früheren Phasen erst beim Einsatz und der Wartung erkannt. Für die Optimierung des Lehr-Lern-Systems ist für das Gesamtprojekt jedoch ein Modell gefordert, in das die Rückmeldung durch die Studierenden mit eingeht. Hierfür ist das im Folgenden beschriebene prototyporientierte Modell sinnvoll umgesetzt worden.

Prototyporientiertes Entwicklungsmodell

Durch die streng sequentiellen Vorgaben war es möglich, bereits nach dem ersten Jahr ein sehr weit entwickeltes „Pilotsystem“ [Kieback et al., 1992] [Budde et al., 1992] des Lehr-Lern-Systems vorliegen zu haben, dessen Einsatz bereits durch die Studierenden evaluiert und in zwei weiteren Zyklen weiterentwickelt werden konnte. Es fehlten noch Komponenten (wie zum Beispiel der gesamte Web-Kurs zur Festkörperphysik), die im weiteren Entwicklungszeitraum produziert und hinzugefügt werden mussten.

Über die Spezifikation des Systems wurde wie beschrieben ein Prototyp erstellt. Dieser kam zum Einsatz, und seine Akzeptanz wurde untersucht, wie in der folgenden Abbildung 3.8 dargestellt.

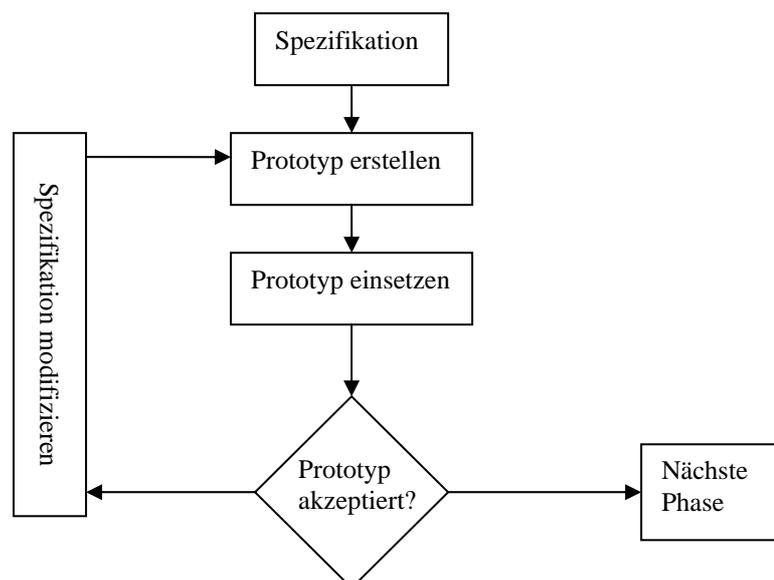


Abbildung 3.8: Prototyporientiertes Entwicklungsmodell

Auf diese Weise war bereits zu frühem Zeitpunkt erkennbar, dass das Gesamtsystem erfolgreich sein würde. Gleich in der Ersterprobung wurde das System durch die Studierenden evaluiert und grundsätzliche Fehlentwicklungen konnten erkannt und korrigiert werden, die Weiterentwicklungsstufen orientierten sich an den Benutzerprioritäten.

Nach dem ersten Entwicklungsjahr war mit der Akzeptanz des vorliegenden Lehr-Lern-Systems auch ein Abweichen vom prototyporientierten System möglich.

Design-Based-Research-Ansatz

Durch die gegebene Rückmeldung bei dem Einsatz des Systems in der Veranstaltung konnten die Ziele des Design-Based-Research-Ansatzes [Reinmann, 2005, Unterrichtswissenschaft] verfolgt werden: Systematische Gestaltung, Durchführung, Überprüfung und Re-Design, wobei das durch die Evaluation erlangte Wissen zum weiteren Design-Prozess beitrug. Das Design erfolgte in Abstimmung mit der Einsetzbarkeit des Web-Systems in der Präsenzveranstaltung als konkretem Kontext-Faktor, so dass der Aspekt der Implementation des Lehr-Lern-Systems über die Gestaltung nach den ersten Auswertungen der Evaluation in den Entwicklungs- und Forschungsprozess eingebettet war. Diese Art der Gestaltung wurde durch die Zusammenarbeit mit den Teilnehmern ermöglicht. Die Vorgehensweise war iterativ: Entwicklung und Forschung, Konstruktion von Messinstrumenten in Form von Fragebögen und Interviewschemata, Datenerhebung und -auswertung fanden in kontinuierlichen Zyklen von Gestaltung, Durchführung, Analyse und Re-Design statt, das heißt, Invention, Analyse, Revision wechselten einander ab. Interventionen bestehen in diesem Projekt aus Interaktionen zwischen Methoden des Einsatzes des Lehr-Lern-Systems, den verwendeten Medien und Materialien, den Lehrenden und Lernenden. Der Design-Based-Research-Ansatz stellt Erklärungskraft und interne Konsistenz und enge Verbindung mit praktischer Erfahrung in den Vordergrund und war daher durch den Einsatz in der Veranstaltung „Physik der Materie“ ausgezeichnet zu verwirklichen und für die weitere Entwicklung im zweiten und dritten Jahr maßgeblich in Form eines evolutionären Vorgehensmodells.

Evolutionäres Vorgehensmodell

Im Sinne des Projektmanagements und des Design-Based-Research-Ansatzes richtet sich die Gesamtentwicklung und Evaluation des Systems nach evolutionären Vorgehensmodellen [Boehm, 1988].

Nach der ersten Phase unter Einsatz des Prototyps wurde das System anschließend erweitert und verbessert. Das System wurde durch die Studierenden und den Dozenten als Benutzer erprobt. Dabei stellten sich die Fragen: Ist das System benutzbar? Wird es vom Benutzer angenommen? In den folgenden Evolutionsstufen wurden in weiteren Durchläufen neben Neuentwicklungen die Erkenntnisse der vorhergehenden Stufe eingebaut. Bei diesem Modell geht es darum, mögliche Probleme und Fehlentwicklungen frühzeitig zu erkennen und ihnen gegensteuern zu können.

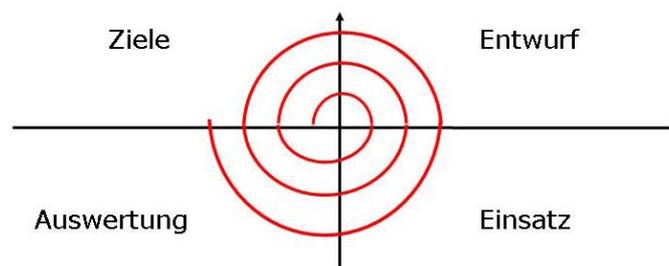


Abbildung 3.9: Spiralmodell mit 3 Entwicklungsstufen

Die Entwicklung des Systems kann man durch eine Spirale visualisieren (Abbildung 3.9), die ausgehend vom Ursprung eines rechtwinkligen Koordinatensystems im Uhrzeigersinn eine immer größer werdende Fläche umschließt. Jede Umrundung steht für eine neue Evolutionsstufe, je weiter das System vom Ursprung entfernt ist, desto fortgeschrittener ist es. In der Entwicklung des Lehr-Lern-Systems folgen nacheinander drei Evolutionsstufen in insgesamt drei Jahren.

Den vier Quadranten des Koordinatensystems werden in dem Projekt folgende Phasen zugeordnet:

- Ziele: Formulierung der Ziele und Anforderungen bezüglich des Lernerfolgs in der Veranstaltung anhand geeigneter Materialien und Veranstaltungsstruktur,
- Entwurf: Entwurf und Erstellung eines Prototypen der Basistexte, des Websystems, Übungsaufgaben, Selbstkontrolle, Multimedia-Elemente, Planung des Unterrichtsverlaufs,
- Einsatz: Einsatz und Erprobung der Veranstaltung mit den erstellten bzw. verbesserten Materialien in Form der Veranstaltung innerhalb des Semesters,
- Auswertung: Auswertung der Iteration und Planung der nächsten Iteration: Auswertung der Entwicklungs-Evaluation, Auswertung der Wissenstests, Interviews, persönliche Gespräche.

Im ersten Jahr (Sommersemester 03 und Wintersemester 03/04) wurden zum großen Teil die umfangreichen Texte, das Web-System und die übrigen Elemente entwickelt und zusammengestellt sowie in der Veranstaltung eingesetzt. In den folgenden Entwicklungszyklen wurden die Elemente und ihr Einsatz weiterentwickelt, verbessert und ergänzt.

Die Entwicklung richtete sich nach dem im Folgenden dargestellten zeitlichen Ablauf.

3.6 Zeitlicher Ablauf

Erster Zyklus, Entwicklung und Einsatz des Prototyps:

Sommersemester 2003

Physik der Materie 1:

- Durchführung der „Physik der Materie 1: Quantenphysik“ mit dem Lehr-Lern-System
- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden, Zwischenevaluation
- Zweiter Abschnitt „Physik der Materie 1: Kernphysik“ mit dem Lehr-Lern-System
- Abschlussevaluation

parallel dazu:

- Entwicklung der Untersuchungswerkzeuge bezüglich des Lernverhaltens der Studierenden
- Entwicklung von Basistexten, Websystem und übriger Elemente

vorlesungsfreie Zeit

- Auswertung der Untersuchungen in der „Physik der Materie 1“
- Entwicklung der Texte für „Physik der Materie 2“
- Weiterentwicklung der Untersuchungswerkzeuge

Wintersemester 2003/2004

Physik der Materie 2:

- Durchführung der „Materie 2: Teilchenphysik“ mit dem Lehr-Lern-System (mit CD „Multimediale Einführung in die Spezielle Relativitätstheorie“ ohne begleitenden Text)
- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden, Zwischenevaluation
- Zwischentests bezüglich des Wissenserwerbs der Studierenden
- Zweiter Abschnitt „Materie 2: Festkörperphysik“ mit dem Lehr-Lern-System (mit Astronomie-Vorlesung)
- Abschlussevaluation
- Abschlusstest

parallel dazu:

- Entwicklung von Basistexten, Selbstkontrollen (Web-System fehlte)

Vorlesungsfreie Zeit

- Interviewstudie zur Bewertung des Prototyps

- Auswertung der Fragebögen und Interviews
- Entwicklung eines Eingangstests für das kommende Semester
- Beginn der Entwicklung der Untersuchungswerkzeuge bezüglich des Lernverhaltens der Studierenden (Vergleichsdesign)

Zweiter Zyklus, Erster Teil des Vergleichsdesigns:

Sommersemester 2004

Physik der Materie 1:

- Durchführung des Eingangstests
- Durchführung des ersten Teils, Quantenphysik, als Vorlesung
- Zwischentests bezüglich des Wissenserwerbs der Studierenden
- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden in der Vorlesung, Zwischenevaluation
- Durchführung des zweiten Teils, Teilchenphysik, mit dem Lehr-Lern-System
- Zwischentests bezüglich des Wissenserwerbs der Studierenden
- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden mit dem Lehr-Lern-System, Abschlussevaluation
- Abschlusstest

parallel dazu:

- weitere Entwicklung der Untersuchungswerkzeuge bezüglich des Lernverhaltens der Studierenden
- Überarbeitung von Basistexten, Websystem und übriger Elemente

vorlesungsfreie Zeit

- Auswertung der Untersuchungen in der „Physik der Materie 1“
- Entwicklung des Websystems für „Physik der Materie 2“
- Beginn der Weiterentwicklung der Untersuchungswerkzeuge bezüglich des Lernverhaltens der Studierenden

Wintersemester 2004/2005

Physik der Materie 2:

- Durchführung der „Physik der Materie 2: Kernphysik“ mit dem Lehr-Lern-System
- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden, Zwischenevaluation
- Zwischentests bezüglich des Wissenserwerbs der Studierenden
- Durchführung der „Physik der Materie 2: Festkörperphysik“ mit dem Lehr-Lern-System
- Abschlussevaluation
- Abschlusstest

vorlesungsfreie Zeit

- Auswertung der Untersuchungen in der „Physik der Materie 2“
- Durchführung von Interviews über „Physik der Materie 1“ und „Physik der Materie 2“

Dritter Zyklus, Erster Teil des Vergleichsdesigns:

Sommersemester 2005

Physik der Materie 1: im Gegensatz zum Vorjahr sind die beiden zu behandelnden Themenkomplexe vertauscht.

- Durchführung des Eingangstests
- Durchführung des ersten Teils, Teilchenphysik, als Vorlesung
- Zwischentests bezüglich des Wissenserwerbs der Studierenden
- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden in der Vorlesung, Zwischenevaluation
- Durchführung des zweiten Teils, Quantenphysik, mit dem Lehr-Lern-System
- Zwischentests bezüglich des Wissenserwerbs der Studierenden

- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden mit dem Lehr-Lern-System, Abschlussevaluation

parallel dazu:

- Überarbeitung von Basistexten, Websystem und übriger Elemente

vorlesungsfreie Zeit

- Auswertung des Vergleichs der Studierendengruppe im SS 04 und der Studierendengruppe im SS 05.

Wintersemester 2005/2006

Physik der Materie 2:

- Durchführung der „Physik der Materie 2: Kernphysik“ mit dem Lehr-Lern-System
- Untersuchung des Lernverhaltens der Studierenden, Zwischenevaluation
- Zwischentests bezüglich des Wissenserwerbs der Studierenden
- Durchführung der „Physik der Materie 2: Festkörperphysik“ mit dem Lehr-Lern-System
- Abschlussevaluation
- Abschlusstest

vorlesungsfreie Zeit

- Auswertung des Vergleichs der Studierendengruppe im SS 04 und der Studierendengruppe im SS 05.

In diesem Zeitplan ist bereits das „Vergleichsdesign“ genannt, das Veranstaltungsabschnitte mit dem Lehr-Lern-System mit Veranstaltungsabschnitten im Stil einer traditionellen Vorlesung vergleicht. Das Design wird im „Kapitel 4: Evaluation und Ergebnisse“ ausführlich erläutert.

Kapitel 4:

Evaluation und Ergebnisse

In diesem Kapitel wird zunächst das Untersuchungsdesign vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse präsentiert. Die Ergebnisse lassen sich in zwei inhaltliche Abschnitte einteilen: Erstens die Evaluation im Sinne der dreijährigen Entwicklung sowie zweitens das Untersuchungsdesign SS04/05 mit dem Nachweis des höheren Lernerfolges unter Einsatz des Lehr-Lern-Systems.

Somit ergibt sich für dieses Kapitel die folgende Gliederung:

4.1 Methode der Evaluation

4.2 Ergebnisse der formativen Evaluation:

- 4.2.1 Ergebnisse aus der Interviewstudie zur Beurteilung des Prototyps des ersten Jahres,
- 4.2.2 Ergebnisse aus den Evaluationszyklen über drei Jahre.

4.3 Ergebnisse der Vergleichsuntersuchung

- 4.3.1 Ergebnisse der Interviewstudie
- 4.3.2 Ergebnisse aus den Fragebögen
- 4.3.3 Ergebnisse der Wissenstests:
 - Bewertung des Quantenphysik-Tests,
 - Bewertung des Teilchenphysik-Tests.

4.1 Methode der Evaluation

In dem vorangegangenen Kapitel wurde die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems beschrieben. Auf die Bedeutung der drei Entwicklungszyklen für die Qualitätssteigerung des Systems sowie auf die Bewertung durch Qualitätskriterien auf technischer Ebene wurde bereits eingegangen. Im folgenden Kapitel wird die Evaluation unter Einbeziehung der Teilnehmer an der Veranstaltung beschrieben, und die Ergebnisse dieser Evaluation werden vorgestellt. Zunächst wird das Untersuchungsdesign „SS04/SS05“ erläutert, und die verwendeten Untersuchungswerkzeuge werden aufgelistet.

Die ständig begleitende Evaluation des Lehr-Lernsystems diente der Kontrolle und der Aufdeckung von Verbesserungsmöglichkeiten des Projektes, sowohl der Materialien als auch deren Einsatz, der Durchführung und tutoriellen Betreuung der Veranstaltung.

Hierfür mussten Phasen der Evaluation eingeplant werden, um Probleme und mögliche Fehlentwicklungen während der Laufzeit feststellen und korrigieren zu können.

Neben dem Lernerfolg sind die Zufriedenheit der Mitglieder und das Gruppenklima wesentliche Faktoren, die in der Evaluation durch folgende Teilbereiche erfasst wurden [Hinze, 2004]:

- Evaluation des Lernprozesses
- Reflexion der Gruppenbeziehung
- Reflexion der Mitgliederzufriedenheit
- Evaluation des Lernerfolgs.

Bei der Evaluation des Lernprozesses sollen die Studierenden begleitend und abschließend die Möglichkeit haben, über positive und negative Erfahrungen mit dem Lehr-Lernsystem zu reflektieren (zum Beispiel die Lernzufriedenheit im Umgang mit den Multimedia-Elementen, wie im Interview

erfragt) und sich zu äußern. Hierfür wird der Einsatz eines Evaluierungsbogens für die Evaluation nach dem jeweils ersten Themenkomplex und die Evaluation nach dem jeweils zweiten Themenkomplex notwendig, sowie eine Abschlussevaluation in Form eines Interviews und eines Fragebogens, der sich auf die gesamte besuchte Veranstaltung bezieht.

In diese Evaluation geht die Reflexion der Gruppenbeziehung mit ein. Es wird erfragt, ob Beziehungen in der Gruppe und ein Zusammenhang zwischen den Mitgliedern entstanden sind. Diese sind von entscheidender Bedeutung für den Lernerfolg (z.B. Beurteilung des kooperativen Lernens, wie im Interview erfragt).

Die mit dem Gruppenklima eng zusammenhängende individuelle Zufriedenheit wird in der Evaluation ebenso erfragt und inwieweit die einzelnen Teilnehmer mit dem Ablauf und einzelnen Komponenten, der Unterstützung des Lernprozesses und dem Resultat zufrieden sind.

Der Lernerfolg wird von den Studierenden selbst eingeschätzt und mit Leistungstests kontrolliert.

Untersuchungsdesign SS04/SS05: Vergleichsdesign

Um das Lernverhalten und den Lernerfolg der Studierenden zu untersuchen, bietet sich der Vergleich einer Gruppe Studierender, die in der aktiven, tutoriell gestützten Form unterrichtet wurde, mit einer Gruppe Studierender, die eine Vorlesung besuchte, an. Da die Zahl der Studierenden für eine klassische Vergleichsuntersuchung nicht ausreichend groß ist und die Lehrkapazität für zwei 6-stündige Veranstaltungen nicht zur Verfügung stand, wurde für die Untersuchung das im Folgenden beschriebene Untersuchungsdesign 2004/2005 gewählt (Abbildung 4.1). Dieses Design mit „gekreuzten“ Probandengruppen hat zudem den Vorteil, dass jeder Proband bezüglich der beiden Veranstaltungsformen geprüft wird. Weiterhin erlaubt es, die Wirkung der beiden Lernformen bezüglich eines Inhaltsbereichs (Quantenphysik bzw. Teilchenphysik) zu untersuchen.

Das Design sieht wie folgt aus: Die ersten beiden Themenkomplexe in der „Physik der Materie“ ab 2004 waren die Einführung in die Quantenmechanik und Teilchenphysik. Die Quantenmechanik wurde im Stil einer herkömmlichen Vorlesung mit Tafelvortrag durch den Dozenten gehalten. In dieser Vorlesung wurde besonders Wert gelegt, die Kommunikation zu fördern, indem die Studierenden zu Fragen motiviert wurden. Außerdem wurden die Übungen, ebenso wie in dem Lehr-Lern-System vorgesehen, als Präsenzübungen gestaltet.

Die folgenden Themenkomplexe, die Teilchenphysik, die Kernphysik und die Festkörperphysik, fanden in der beschriebenen aktiven Form mit dem Lehr-Lern-System statt. Somit wird ein Vergleich zwischen dem Vorlesungsteil und dem aktiven Teil bezüglich Lernverhalten und Lernerfolg innerhalb der gleichen Gruppe Studierender möglich.

Um einen Vergleich von Lernverhalten und Lernerfolg von den Themengebieten unabhängig zu gestalten, werden im folgenden Kurs mit der nächsten Gruppe analoge Untersuchungen durchgeführt. Allerdings wird die zuvor in der herkömmlichen Vorlesungsform angebotene Quantenmechanik nun in der aktiven Form stattfinden. Stattdessen wird die „Physik der Materie“ mit einem herkömmlichen Vorlesungsteil Teilchenphysik beginnen, der zuvor in der aktiven Form angeboten worden war.

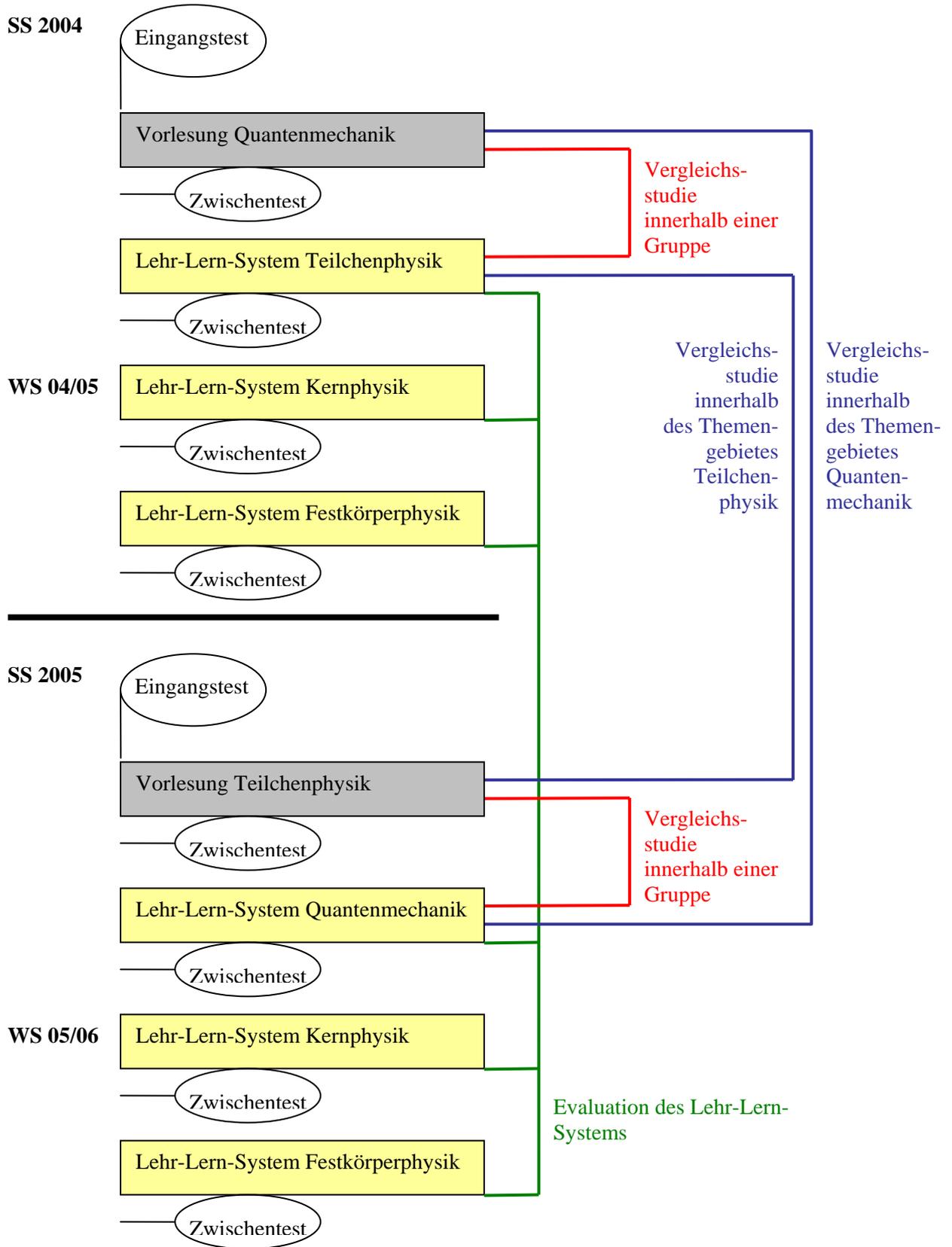


Abbildung 4.1: Untersuchungsdesign SS04/SS05 mit der Vergleichsstudie innerhalb einer Gruppe und der Vergleichsstudie innerhalb eines Themengebieten sowie der formativen Evaluation des Lehr-Lern-Systems

Mit Hilfe eines Vergleichs zweier Eingangstests können die Vorkenntnisse der beiden Gruppen verglichen werden. Nach Abschluss eines Themengebietes wird zur Kontrolle des Lernerfolgs je ein Zwischentest durchgeführt.

Bei Erfolg der neuen Veranstaltungsform sollten die Studenten in den aktiven Veranstaltungsabschnitten deutlich bessere Leistungen in den Wissenstests erbringen als in den Wissenstests, die sich auf die herkömmliche Vorlesungsform beziehen. Die Arbeitszeit der aktiven Gruppe sollte sich weitgehend auf die Veranstaltungszeit beschränken, und es sollte eine positive Entwicklung der Gruppe (Kooperationsfähigkeit, Einstellungen) im Verlauf der aktiven Form der „Physik der Materie“ erfolgen. Diese wird durch die Zwischentests und die Evaluation durch Fragebögen und Interviews überprüft.

Evaluationskriterien

Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit des multimedialen Lehr-Lernsystems verwenden wir folgende Evaluationskriterien [Issing & Klimsa, 2002]:

- Die Akzeptanz durch die Studierenden,
- der Umfang des erworbenen Wissens,
- die benötigte Studierzeit in und außerhalb der „Physik der Materie“,
- die genaue Erfassung des Studierverlaufs über das entsprechende Semester hinweg.

Diese Kriterien wurden durch nichtkognitive Merkmale ergänzt. In das Kriterium „Akzeptanz“ fließen die oben genannten Faktoren mit ein. Beim ersten Durchlauf des Lehr-Lernsystems fanden nach Vorbild des Entwicklungsmodells die ersten Evaluationen statt. Die Akzeptanz dieser Veranstaltungsform wurde mit Hilfe von je zwei Fragebögen pro Semester und abschließenden persönlichen Gesprächen in Form von teilstrukturierten Interviews untersucht. Der Umfang des erworbenen Wissens wurde mit Wissenstests überprüft. Die Studierzeit beschränkte sich weitgehend auf die Anwesenheit in der Präsenzveranstaltung, wie in Interviews deutlich wurde. Der Studierverlauf richtete sich nach den tutoriellen Vorgaben.

Im Hinblick auf das evolutionäre Entwicklungsmodell und die folgenden Entwicklungsstufen wurden unter anderem erfragt:

- Die Arbeit mit den Materialien,
- Arbeit mit dem Web-Kurs,
- Arbeitsumgebung,
- Arbeitshaltung und
- Atmosphäre.

Untersuchungsinstrumente

Im Folgenden sind die Untersuchungsinstrumente, die während der drei Jahre entwickelt und eingesetzt wurden, aufgelistet. Ein Evaluierungsbogen ist im Anhang 1 gezeigt.

1. Entwicklungsstufe, 1. Jahr (SS03 und WS03/04):

Evaluierungsbögen „Materie“ (siehe Evaluierungskriterien) zur Bewertung der Materialien, Lernumgebung, Lernverhalten. Dieser Bogen wird zweimal pro Semester in Form einer Zwischenevaluation und einer Abschlussevaluation ausgegeben. Er enthält außer den sich wiederholenden Items einen variablen Abschnitt Fragen, die sich spezifisch auf die jeweils gerade zu untersuchende Phase beziehen.

- Zwischenevaluation „Materie“ nach Quantenmechanik SS 03
- Abschlussevaluation „Materie“ nach Kernphysik SS 03

- Zwischenevaluation „Materie“ nach Teilchenphysik WS 03/04
- Abschlussevaluation „Materie“ nach Festkörperphysik WS 03/04
- Interviewschema zur Untersuchung des „Prototyps“ des 1. Jahres (9 Interviews).

2. Entwicklungsstufe, 2. Jahr (SS04 und WS04/05):

- Eingangstest für SS 04 und SS 05
- Wissenstest Quantenmechanik (Anhang 4)
- Zwischenevaluation „Materie“ nach Quantenmechanik SS 04
- Wissenstest Teilchenphysik (Anhang 5)
- Abschlussevaluation „Materie“ nach Teilchenphysik & Relativitätstheorie SS 04
- Wissenstest Kernphysik
- Zwischenevaluation „Materie“ nach Kernphysik WS 04/05
- Wissenstest Festkörperphysik
- Abschlussevaluation „Materie“ nach Festkörperphysik WS 04/05
- Interviewschema zum Vergleichsdesign 2. Jahr
- „Evaluation der Physik der Materie“ und „Bewertung einer herkömmlichen Vorlesung“, entwickelt aus den gewonnenen Kategorien der Interviews zu dem Prototyp und der Interviews zu dem Vergleichsdesign
- Interviewschema für Studierende, die eine Phase der Präsenzveranstaltungen nicht besucht haben, über ihre Eigenarbeit

3. Entwicklungsstufe, 3. Jahr (SS05 und WS05/06):

- Eingangstest für SS 04 und SS 05
- Wissenstest Teilchenphysik (Anhang 5)
- Zwischenevaluation „Materie“ nach Teilchenphysik & Relativitätstheorie SS 05
- Wissenstest Quantenmechanik (Anhang 4)
- Abschlussevaluation „Materie“ nach Quantenmechanik SS 05
- Wissenstest Kernphysik
- Zwischenevaluation „Materie“ nach Kernphysik WS 05/06
- Wissenstest Festkörperphysik
- Abschlussevaluation „Materie“ nach Festkörperphysik WS 05/06
- Interviewschema zum Vergleichsdesign 3. Jahr
- Fragebogen zur traditionellen Vorlesung (Anhang 6)
- Fragebogen zur Physik der Materie (Anhang 7)

Für die Dissemination an andere Hochschulen (Anhang 8)

- Evaluierungsbogen „*Einblick in die Physik der Materie*“ für die Erprobung in Würzburg
- Videoprotokoll der Erprobung in Würzburg
- Evaluierungsbogen für die Erprobung der aktiven Form in Braunschweig

4.2 Ergebnisse der formativen Evaluation

Die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems mit seinen Materialien und deren Einsatz in der Präsenzveranstaltung durch den Tutor wurde bereits eingehend beschrieben. Zu deren Bewertung wurde eine formative Evaluation - eine die Entwicklung begleitende Evaluation - durchgeführt, die sich über den Zeitraum von drei Jahren, das heißt drei Entwicklungszyklen, erstreckt.

Zunächst werden die Interviewergebnisse, die nach der Erprobung der ersten Version gewonnen wurden, dargestellt. Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei den Interviews um die Bewertung des Prototyps.

Anschließend werden die Ergebnisse aus den begleitenden Evaluierungsbögen dargestellt, die nach jedem Themenabschnitt vergeben wurden und welche die Entwicklung des Lehr-Lern-Systems betreffen. Da auch nach den im Vorlesungsstil unterrichteten Themenabschnitten evaluiert wurde, sind bereits Auswirkungen der Vergleichsuntersuchung abzulesen.

4.2.1 Ergebnisse aus der Interviewstudie zur Beurteilung des Prototyps

Das teilstrukturierte Interviewschema zur Bewertung der ersten Version im SS03 und WS03/04 (Anhang 2) beinhaltete Fragen zu dem Umgang mit den einzelnen Materialien, die eingesetzt wurden:

- Texte,
- Selbstkontrollen,
- Übungen,
- Multimedia-Elemente bezüglich
 - Vorstellungsvermögen,
 - Lernerfolg,
 - Lernzufriedenheit,
- den Text der Webseiten sowie
- die freie Arbeit mit der CD der Relativitätstheorie und
- die Bearbeitungsgeschwindigkeit der Materialien.

Zur Beurteilung des Prototyps wurden acht Interviews durchgeführt. Im Folgenden ist die jeweilige Anzahl der Aussagen in Klammern angeführt.

Bewertung der Texte

Die Texte wurden positiv bewertet (8), als Gründe werden die Möglichkeit zum Nachschlagen (2) und der große Lernerfolg durch das aktive Lesen (2) genannt, ebenso die Qualität der Texte (4). Gefordert wird: „*In Texte mehr veranschaulichende Bilder*“.

Typische Beispielantwort

positive Bewertung der Texte:

- Die Texte fand ich sehr gut aufbereitet, es war kein großes Vorwissen nötig.

⇒ Ergebnis: Die Texte werden positiv bewertet.

Bewertung der Tafel

Bei der Bewertung der Zusammenfassungen an der Tafel wird deutlich, dass sich ihre Rolle im Gegensatz zur traditionellen Vorlesung gewandelt hat. Sie ist nicht mehr das Medium, das die vorrangige Rolle für die Anfertigung der Mitschrift spielt, sondern die Phase, in der der Tutor die Tafel nutzt, wird als Betonung der wichtigsten Inhalte angesehen (5), als erste Wiederholung (4) und wichtig für gemeinsame Diskussionen (1). Sogar die Aufmerksamkeit hat höhere Priorität als die Abschrift des Tafelbildes (3).

Typische Beispielantworten

Tafeleinsatz für Betonung des Wichtigen:

- Die Tafel war immer eine gute Zusammenfassung. Hat noch mal zum Lernerfolg beigetragen, weil man sehen konnte, was wichtig war. Ob es sich mit der eigenen Einschätzung gedeckt hat.

Tafeleinsatz für erste Wiederholung:

- Dann die Tafel an sich, ist die erste Wiederholung, es wird das Wichtigste reflektiert, wenn man dann zum Beispiel nicht kapiert hat, worum es im Text geht, an der Tafel steht noch mal das Essenzielle. Das ist auf jeden Fall ein wichtiger Lernerfolg, weil s mal so das erste Erinnern ist.

⇒ Ergebnis: Für Zusammenfassungen und einen Einstieg in Diskussionen ist der kurze Tafelvortrag des Dozenten geeignet.

Bewertung der Selbstkontrolle

Die Selbstkontrollen fanden bereits im ersten Durchgang enormen Zuspruch (8). Allgemein wurden als positive Aspekte der Arbeit mit den Selbstkontrollen angeführt: Das leichte spätere Lernen in Eigenarbeit (1), als Kontrollinstanz, damit keine wichtigen Inhalte des Textes übersehen werden (3), die Motivation durch den selbst erlebten Kompetenzzuwachs beim Lösen der Selbstkontrollen (2).

Typische Beispielantworten

Motivation durch Erleben des eigenen Kompetenzzuwachses:

- es war halt der Ansporn da und irgendwie hat's einen dann motiviert, auch besonders mit den Selbstkontrollen, da hat man dann gemerkt man versteht was irgendwie und man hat irgendwie was davon dass man's lernt

Weiterhin diene die Selbstkontrolle in Verbindung mit der Textarbeit dem Durchdenken des gelesenen Textes (4), der Betonung des Wichtigsten (2), der Steigerung der eigenen Aktivität (1). Die Selbstkontrollen werden sogar zum Teil als das Material bewertet, welches den größten Lernerfolg erziele (2). Aufgrund ihrer Lösbarkeit stellen sie keine Barriere der Bearbeitung dar (1).

Typische Beispielantworten

Selbstkontrollen für Betonung des Wichtigsten:

- Und bei der Selbstkontrolle – wo ja wirklich noch mal das Wichtigste 'rausgehoben wurde – da konnte man sich darauf konzentrieren und noch mal wieder den Text nehmen, noch mal wieder die wichtigsten Sachen 'rauslesen. Und das bringt mir dann viel viel mehr als nur so ne Vorlesung.

Selbstkontrollen bewirkten größten Lernerfolg:

- Die Selbstkontrollen fand ich mit das beste eigentlich an der ganzen Sache und da habe ich auch den größten Lernerfolg gehabt.

Selbstkontrollen als Kontrolle:

- hab ich positiv erlebt, da es einem die Möglichkeit gab, wirklich zu sehen, was hat man behalten von den Texten. Und nicht nur das Gefühl hat, ja, im Großen und Ganzen kann ich's schon.

Es wird gefordert:

„Selbstkontrollen muss man in der gesamten Gruppe besprechen“,

„Zur Selbstkontrolle sollen schriftliche Lösungen ausgegeben werden“.

⇒ Ergebnis: Nach dem Einsatz des Lehr-Lern-Systems im ersten Entwicklungsjahr stellte sich heraus, dass die Einführung der Selbstkontrollen mit großem Zuspruch fand. Die Kooperation bei der Lösung der Selbstkontrollen wurde in den weiteren Entwicklungszyklen verstärkt.

Bewertung der Übungen

Grundsätzlich werden die Übungen positiv bewertet (8) und als wichtig für die erneute Wissenssicherung gesehen (2).

Im ersten Zyklus bei dem Einsatz des Prototyps wurde deutlich, dass Übungsaufgaben, die nicht in der Veranstaltung bearbeitet wurden, auch zu Hause nicht mehr bearbeitet wurden (3), so dass diese Erkenntnis als Konsequenz mit sich zog, dass im Folgenden sämtliche Aufgaben in der Präsenzveranstaltung bearbeitet wurden. Als Gründe für die Nichtbearbeitung wurde die Einschätzung genannt, dass die Übungen nicht prüfungsrelevant wären (1), sowie dass kein Schein benötigt wurde (1). Außerdem wurde geäußert, dass nicht alle Lösungen studiert wurden (1). Im Folgenden wurde die eigene Durchsicht der Lösungen und Besprechung mit den Nachbarn in die Präsenzveranstaltung mit aufgenommen.

Folgende Forderungen wurden geäußert:

„Mehr Zeit für Übungen“,

„Staatsexamens-Übungen sollten in Ruhe gelöst werden, ohne Diskussion mit den Nachbarn“.

⇒ Ergebnis: Da wenig Zeit für die Übungsaufgaben außerhalb der Veranstaltung aufgewendet wird, wurden in den folgenden Entwicklungszyklen die Aufgaben vollständig in der Veranstaltung gelöst und besprochen.

Bewertung der Multimedia-Elemente

In der „Physik der Materie 1“ im Sommer 03 kamen Multimedia-Elemente zum Einsatz, in der „Physik der Materie 2“ im Winter 03/04 dagegen nicht. Hier erhielten die Studierenden nur die Lehrtexte. Dieser Unterschied ermöglichte eine Einschätzung der multimedialen Elemente durch den Vergleich zwischen den Veranstaltungsteilen mit und ohne Multimedia bezüglich des Vorstellungsvermögens, des Lernerfolges und der Lernzufriedenheit.

„Multimedia“ umfasste zu dem Zeitpunkt der Befragung die Web-Seiten, die sich am Aufbau der Kapitel des Skripts orientieren und in deren Führungstext Animationen und Simulationen eingebettet sind, sowie die CD der Relativitätstheorie.

Der Einsatz von Multimedia wurde von der Mehrheit positiv bewertet (6), von einem Teilnehmer der Interviewstudie als negativ. Kritikpunkt war die als unruhig empfundene Atmosphäre im Cip-Pool (2). Es wurde angestrebt, eine Alternative zu finden, wie z.B. die Mitnahme von eigenen Notebooks (realisiert im SS05).

Typische Beispiellantwort

Kritik: Zu unruhige Lernumgebung im Computerraum:

- Das war ja nicht, weil das da lauter war oder so, es war einfach so schon von der Lernumgebung her, konnte ich mich irgendwie nicht so wirklich konzentrieren.

⇒ Ergebnis: Der Einsatz der Multimedia-Elemente wird als positiv bewertet, problematisch erscheint dagegen die Atmosphäre in dem öffentlich zugänglichen Computerraum. Eine Alternative zu diesem Raum wurde in den weiteren Entwicklungszyklen erprobt: Die Nutzung der studenteneigenen Laptops.

Im Folgenden wird die Bewertung der Multimedia-Elemente bezüglich des erworbenen Vorstellungsvermögens, des Lernerfolges und der Lernzufriedenheit beschrieben.

a) Bewertung der Multimedia-Elemente bezüglich des Vorstellungsvermögens

Das Vorstellungsvermögen habe sich durch den Einsatz der multimedialen Versuche verbessert (7). Der Einsatz von Multimedia wird als Pluspunkt bewertet, aber im Vergleich sei das Wintersemester ohne Multimedia-Phasen nicht minderwertiger gewesen (2). Formeln seien gut illustriert (1).

Die physikalischen Vorgänge seien durch die multimedialen Elemente sehr gut visualisiert (3), zum einen, da in Realexperimenten Unsichtbares sichtbar gemacht werde (1), und zum anderen die Visualisierung wichtig für späteres Lernen sei (1).

Typische Beispielantworten

Sehr gute Visualisierung:

- Die Visualisierung, die man z.B. bei der Relativitätstheorie gehabt hat, das fand ich ganz hervorragend.

⇒ Ergebnis: Das Vorstellungsvermögen wird durch die Multimedia-Elemente verbessert.

b) Bewertung der Multimedia-Elemente bezüglich des Lernerfolgs

Drei Studierende ziehen den Vergleich zwischen dem Sommersemester mit Multimedia-Einsatz und dem Wintersemester ohne Multimedia-Einsatz und bewerten ihren Lernerfolg im Wintersemester als nicht geringer. Dagegen bemerkten sechs Teilnehmer eine Steigerung des Lernerfolgs, vorrangig durch die Anschaulichkeit (5), auch aufgrund der eigenen Aktivität bei der Bedienung der multimedialen Experimente (1).

⇒ Ergebnis: Durch ihre Anschaulichkeit wirken sich die Multimedia-Elemente positiv auf den Lernerfolg aus.

c) Bewertung der Multimedia-Elemente bezüglich der Lernzufriedenheit

Zur Lernzufriedenheit trugen die Multimedia-Experimente (MM-Experimente) insofern bei, als ein Ausprobieren möglich sei (1) und die Bedienung spielerisch sei (1), sie eine willkommene Abwechslung darstellen (1), in der Gruppe sich Spaß (2) und ein gutes Lernklima (1) einstellen. Durch das neuartige Element werde man motiviert (2). Einerseits wird die Arbeit mit den MM-Experimenten als Spaß beschrieben (3), andere Stimmen geben keine Auswirkungen auf die Motivation an (3). Greifbare Skripte werden bevorzugt (1). Als wiederum positiv wird bewertet, dass die MM-Experimente online jederzeit zur Verfügung stehen und auch von zu Hause aus bedienbar sind (1).

Typische Beispielantworten

In MM-Experimenten Ausprobieren möglich:

- Da die Möglichkeit bestand, dass man einfach Sachen ausprobiert: Geht es, geht es überhaupt nicht?

Gutes Lernklima:

- Es war anders als in einer Vorlesung, dass man reingeht und wieder rausgeht. Und auch Leute dabei kennen lernt. Ich fand's bei den 2 Semestern doch auch sehr gut, dass man sich auch untereinander kennen gelernt hat, dass man zu einer Gruppe geworden ist. Das ist selten der Fall. Das finde ich, hat ein gutes Klima zum Lernen geschaffen. Wo man gern drin lernt.

Motivation durch neuartiges Element:

- Also das hat mich schon motiviert, dass da wieder was Neues ist, und das ist einfach schön.

Spaß an Arbeit mit MM-Experimenten:

- Der Spaßfaktor mit MM war sehr hoch. Ne, war sehr witzig gemacht. War nett, nicht so trocken. War toll.

MM ohne Auswirkung auf Spaß und Motivation:

- War insgesamt echt hoch, die Motivation, glaub ich.

Greifbare Skripte bevorzugt:

- Ich mag das nicht so gerne mit dem Computer dass man dann davor sitzt und da lesen... Ich habe lieber was in der Hand.

⇒ Ergebnis: Der Einsatz der Multimedia-Elemente wirkt sich positiv auf die Lernzufriedenheit aus.

Bewertung der Texte der Web-Seiten

Die multimedialen Versuche sind in die Web-Seiten eingebunden, die auch Texte beinhalten. Die Beobachtungen im SS 03 zeigten, dass die Texte des Internetkurses „milq“ (eingesetzt im SS03 im Abschnitt Quantenphysik) von zu großem Umfang waren, die Texte der Internet-Seiten der Kernphysik beschränkten sich bereits auf Zusammenfassungen und Anleitungen zu den Versuchen. Aufgrund der Beobachtungen und der Interviewergebnisse wurden die weiterentwickelten Web-Seiten zu allen Themengebieten auf ein Umfangminimum beschränkt. (Die entsprechenden Web-Seiten zum Thema Quantenphysik wurden im dritten Entwicklungszyklus zum Einsatz im SS05 erstellt.)

Die Web-Texte werden als sinnvoll erachtet (4) für eine eventuelle Nacharbeit zu Hause (3), als eine Wiederholung der Inhalte, die bereits im Skript bearbeitet wurden (3), auch für eine Lernkontrolle (1). Die Web-Texte werden jedoch auch kritisiert und als nicht förderlich bewertet (2). Es wird vorgeschlagen, mehr weiterführende Denkanstöße in den Text einzubetten (1).

⇒ Ergebnis: Die Texte der Web-Seiten sollten sich auf kurze Zusammenfassungen und Anleitungen der multimedialen Experimente beschränken.

Bewertung der freien Arbeit mit der CD

Eine Besonderheit stellte die Arbeit mit der Relativitäts-CD dar, da hier im ersten Durchlauf auf die ausgeteilten Texte verzichtet und ausschließlich am Computer gearbeitet wurde.

Die Studierenden beurteilten diese freie Arbeit mit der CD. Aufgrund der Interviewergebnisse wurde ein Skript im nächsten Entwicklungszyklus produziert.

Positiv wird die Wiederholbarkeit (im Gegensatz zu einem Film) der einzelnen Sequenzen bewertet (1). Teils werden zusätzlich Texte als nicht nötig erachtet (3), teils werden sie gewünscht (3). Deutlich wird in diesem Zusammenhang, dass das Verstehen von Formeln bei der Arbeit mit der CD erschwert ist (5), ebenso ist - im Gegensatz zu einem Skript auf Papier – der Begleittext nicht statisch, sondern er baut sich ähnlich der Filmsequenzen nach und nach auf: Ein Überlesen wird als möglich angesehen (2).

Positiv beurteilt wird, dass keinerlei Vorkenntnisse notwendig seien (1) und dass durch die Partnerarbeit eine Sicherung der Inhalte stattfindet (1). Allerdings werden auch gemeinsame Phasen der gesamten Gruppe gewünscht (1). Die technischen Schwierigkeiten werden erwähnt und die benötigte Hilfe (1). Die Hilfestellung durch den Tutor sei ausreichend gewesen (3) und als positiv wird verzeichnet, dass der Tutor jederzeit ansprechbar war (4).

Typische Beispielantworten

Formeln in Relativitäts-CD nicht verständlich:

- Die Herleitungen waren teilweise sehr lang und auch zu schnell ein bisschen, es wurde ja immer nacheinander eingeblendet. Aber es war dann doch ein bisschen zu flott, als dass man's wirklich hätte mitrechnen können.

Positiv: Tutor jederzeit ansprechbar:

- Wenn irgendwelche Fragen waren, war ja auch jemand da, der sie beantwortet hat.
- Jemand dabei zu haben, der das erklärt oder mit dem man das rekapitulieren kann, ist super. Also da vielleicht auch zusammen die Relativität durchsprechen, Student zu Student, und dann jemand zu haben, der hinter einem steht und sagt naja, das ist jetzt nicht so ganz so richtig, wie ihr das da jetzt zusammenbaut, das ist immer gut. Finde ich auf jeden Fall sinnvoll.

⇒ Die Arbeit mit der CD zum Thema Relativitätstheorie wird positiv bewertet. Die Produktion eines Begleittextes wurde gefordert.

Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit

Für das Lesen der Texte und das Bearbeiten der Aufgaben auf dem Papier und am Computer benötigten manche Studenten viel Zeit, manche wenig. Im ersten Durchgang erschien dies problematisch und wurde in den Interviews hinterfragt, es zeigte sich jedoch, dass sich Wartezeiten für die Studierenden im Allgemeinen nicht negativ auswirkten. Drei Studierende schätzten ihre eigene

Geschwindigkeit als langsam ein, drei als mittelmäßig, zwei als hoch. Als Beschäftigungen innerhalb der Wartezeit nach Beendigung der Lese-Phase werden genannt: Pause (3), Diskussion der Inhalte mit dem Nachbarn (2) und nochmalige genauere Durcharbeitung des Textes (2). Vorschläge, wie der Veranstalter mit den unterschiedlichen Geschwindigkeiten umgehen sollte, waren: Exkurse anbieten (1) bzw. keine weitere Beschäftigung anbieten (4).

⇒ Ergebnis: Durch die Erprobung des Lehr-Lern-Systems im ersten Jahr seines Einsatzes wird deutlich, dass die unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten in der Gruppe nicht problematisch sind.

Zusammenfassung

Im Sinne des prototyporientierten Entwicklungsmodells konnte nach dem ersten Jahr ein sehr weit entwickeltes Pilotsystem des Lehr-Lern-Systems durch die Studierenden evaluiert werden. Fehlende Komponenten wurden in den weiteren Entwicklungszyklen produziert und hinzugefügt. Die Forderungen und Verbesserungsvorschläge wurden in die Weiterentwicklung aufgenommen.

Die aus diesen Interviews gewonnenen Erkenntnisse wurden in der Entwicklung der beiden Evaluierungsbögen zur Beurteilung einer traditionellen Vorlesung (Anhang 6) und des Lehr-Lern-Systems (Anhang 7) aufgenommen.

4.2.2 Ergebnisse aus den Entwicklungs- und Evaluierungszyklen

Dieses Kapitel ist den Ergebnissen der Evaluation der dreijährigen Entwicklung gewidmet.

Nach jedem Themenabschnitt wurde die Veranstaltung mit Hilfe von je einem Fragebogen evaluiert. Die einzelnen Themenabschnitte und ihre jeweilige Bezeichnung in den folgenden Graphiken sind (mit der Angabe der jeweiligen Anzahl eingereicherter Fragebögen nach dem entsprechenden Themenabschnitt):

- „1Quanten“: Quantenphysik im ersten Jahr (23)
- „V2Quanten“: Quantenphysik *als Vorlesung* im zweiten Jahr (15)
- „3Quanten“: Quantenphysik im dritten Jahr (12)
- „1TeilRel“: Teilchenphysik im ersten Jahr (Relativitätstheorie in diesem Jahr nur als CD ohne Texte) (22)
- „2Teilchen“: Teilchenphysik im zweiten Jahr (11)
- „3Teilchen“: Teilchenphysik *als Vorlesung* im dritten Jahr (17)
- „1Kern“: Kernphysik im ersten Jahr (16)
- „2Kern“: Kernphysik im zweiten Jahr (14)
- „3 Kern“: Kernphysik im dritten Jahr (14)
- „1Festkörper“: Festkörperphysik im ersten Jahr (5)
- „2Festkörper“: Festkörperphysik im zweiten Jahr (12)
- „3Festkörper“: Festkörperphysik im dritten Jahr (5).

In den Themenabschnitten „1Festkörper“ und „3Festkörper“ wurden sehr wenige Fragebögen eingereicht*. Daher sind die Ergebnisse für diese beiden Abschnitte im Vergleich mit den übrigen Themenabschnitten weniger aussagekräftig. In den folgenden Graphiken wurden die Abschnitte der

* Die geringe Anzahl eingereicherter Fragebögen nach den Themenabschnitten „1Festkörper“ und „3Festkörper“ spiegelt die geringe Teilnehmerzahl wider. Dies ist zurückzuführen auf eine Prüfung für die Studierenden des Lehramtes, welche in der zweiten Hälfte des Wintersemesters stattfindet, wenn in der „Physik der Materie 2“ Festkörperphysik unterrichtet wird. Nach Angabe der Studierenden wurde das Lernen für die bevorstehende Prüfung dem Besuch von Veranstaltungen, in denen kein „Schein“ benötigt wird, vorgezogen.

Festkörperphysik aufgrund der Vollständigkeit der Darstellung der drei Entwicklungszyklen zwar aufgenommen, jedoch farblich leicht abgeschwächt.

In den Diagrammen sind die Themenabschnitte auf der x-Achse aufgetragen, auf der y-Achse die durchschnittliche Bewertung auf einer Skala von 1=„sehr geringe Zustimmung“ bis 5=„sehr hohe Zustimmung“.

In die Evaluation ging im Sinne der Entwicklungsmodelle die Bewertung des Lehr-Lern-Systems mit dem Web-System und seinen Materialien ein, jedoch ebenso ihr Einsatz in der Präsenzveranstaltung durch den Tutor (für die Evaluation durch die Studierenden traditionell als „Dozent“ bezeichnet) und die Präsenzveranstaltung selbst (im Sinne aller drei Ebenen: Strukturebene, Prozessebene, technische Ebene).

Die Ergebnisse aus den Fragebögen betreffen folgende Aspekte:

- Beurteilung der Texte
- Arbeiten mit dem Basistext
- Beurteilung der Web-Seiten
- Beurteilung des Web-Kurses
- Beurteilung der Multimedia-Elemente
- Beurteilung der CD zur Relativitätstheorie
- Beurteilung des Quantenphysik-Praktikums
- Beurteilung der zweiwöchigen Astronomie-Vorlesung im WS0304
- Übungen, Diskussion und Demonstrationsexperimente
- Kooperation und Übungsaufgaben
- Einzelne Komponenten und Zusammenspiel
- Umgang mit den Unterlagen
- Beurteilung der Veranstaltung
- Möglichkeiten der Veranstaltung
- Veranstaltung und Lernverhalten
- Veranstaltungsform und Präsentation des Dozenten
- Atmosphäre und Lernverhalten der Studierenden
- Persönliche Einstellung und Lernverhalten

Teilergebnisse der Vergleichsuntersuchung SS04/SS05 werden an geeigneter Stelle angemerkt und mit Hilfe eines Balkendiagramms visualisiert.

Der Vergleich mit der traditionellen Vorlesung* wird untersucht, sowie die Beurteilung der Übungen als Präsenzübungen und die Vorlesung in den entsprechenden Vorlesungsphasen:

- Vergleich mit traditioneller Vorlesung - Lernerfolg
- Vergleich mit traditioneller Vorlesung – Atmosphäre
- Beurteilung der Übung
- Einschätzung der Prüfungsvorbereitung
- Beurteilung der Vorlesungsphase in der Physik der Materie

* eine andere Vorlesung – nicht der Abschnitt der „Physik der Materie“, der im Vorlesungsstil unterrichtet wurde

Beurteilung der Texte

Die Texte werden deutlich als „verständlich“ sowie „strukturiert und klar gegliedert“ eingestuft, außerdem als „angenehm zu lesen“ und nicht als „zu umfangreich“. Diese positive Bewertung der Texte durch die Teilnehmer der dreijährigen Evaluation zeigt die hohe Qualität und rechtfertigt den hohen Entwicklungsaufwand. Der Trend zur Verbesserung der Materialien im Laufe der Entwicklungszyklen ist zu ersehen. Weiterhin werden mit Fortschreiten der Entwicklungszyklen die Texte weniger als „zu mathematisch“ bewertet und ebenso die Orientierung der Texte „in hohem Maß an Experimenten und Phänomenen“ hervorgehoben (Abbildung 4.2).

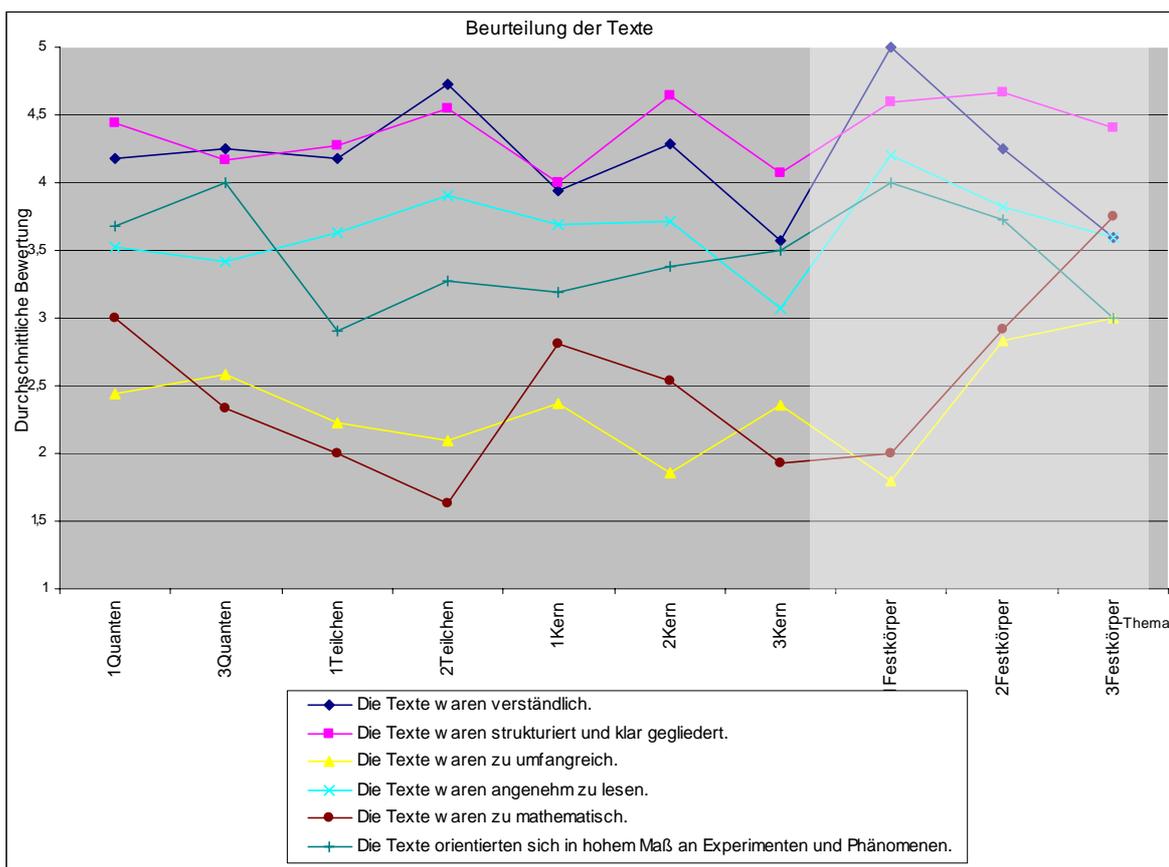


Abbildung 4.2: Formative Evaluation - Beurteilung der Texte

⇒ Ergebnis: Die Qualität der Texte wird über die drei Jahre der Entwicklung hinweg für alle Themengebiete als positiv bewertet.

Arbeiten mit dem Basistext

Wenn die Studierenden „während des Lesens eines Textes nicht alles verstanden“, versuchten sie - im Vergleich über die Themengebiete hinweg nahezu gleich bleibend, die Lücken festzuhalten und den Text daraufhin noch einmal durchzugehen (Abbildung 4.3).

„Kurze Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte als Gedankenstütze“ wurden – vor allem in den Themengebieten Quantenphysik und Kernphysik – tendenziell weniger angefertigt.

Die Teilnehmer des dritten Jahres bewerteten die „Markierung der wichtigsten Inhalte im Text“ ablehnend, dagegen die Teilnehmer des ersten und besonders zweiten Jahres mit mittlerer bis hoher Zustimmung.

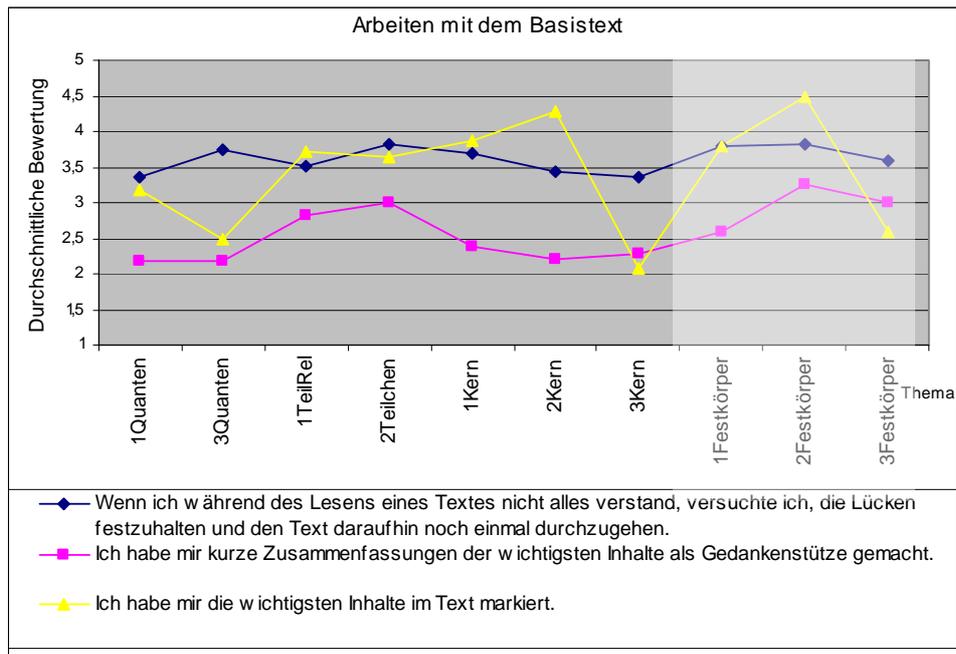


Abbildung 4.3: Formative Evaluation – Arbeiten mit dem Basistext

⇒ Ergebnis: Die Studierenden nehmen die Möglichkeit der Wiederholung bei der Arbeit mit den Texten wahr.

Beurteilung der Web-Seiten

Es zeigt sich, dass die „Navigation durch die HTML-Seiten“ gut zu bewältigen ist, die „Inhalte verständlich“ sind, die „Gestaltung der HTML-Seiten“ ansprechend und „der Umfang der HTML-Seiten angemessen“ ist. Das „Durcharbeiten der Inhalte“ wird nicht als mühsam empfunden. Diese Ergebnisse belegen die gute Benutzerfreundlichkeit der Web-Seiten (Abbildung 4.4).

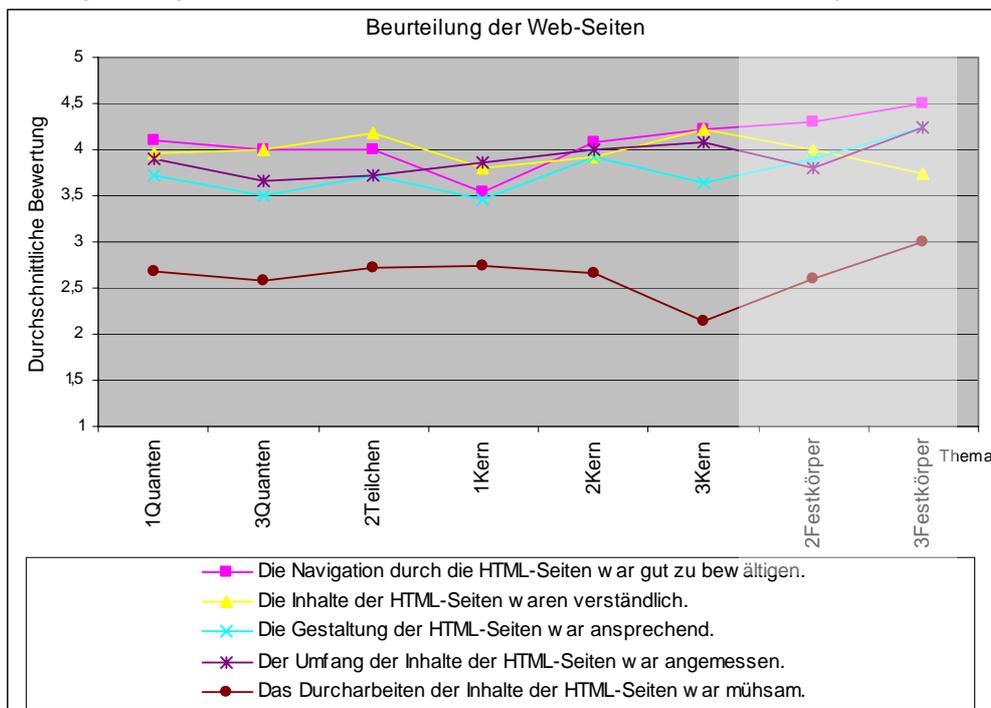


Abbildung 4.4: Formative Evaluation – Beurteilung der Web-Seiten

⇒ Ergebnis: Die Beurteilung der Web-Seiten fällt unabhängig vom Themengebiet positiv aus, die Benutzerfreundlichkeit wird deutlich.

Beurteilung des Web-Kurses*

Eine Tendenz zu einer Verbesserung der Einbindung des „Medieneinsatzes in die Veranstaltung“ im Vergleich zum ersten Entwicklungszyklus („1Quanten“ und „1Kern“) ist zu erkennen und zeigt die Steigerung der Qualität des Zusammenspiels des Web-Kurses mit der Präsenzveranstaltung (Abbildung 4.5). Der „Unterstützung des persönlichen Lernfortschritts“ wird in den meisten Themengebieten mehr zugestimmt als der Bereitschaft „zur regelmäßigen Nutzung“ der HTML-Seiten. Diese Ergebnisse belegen die gute Abstimmung der Inhalte des Web-Kurses auf die Inhalte der Präsenzveranstaltung.

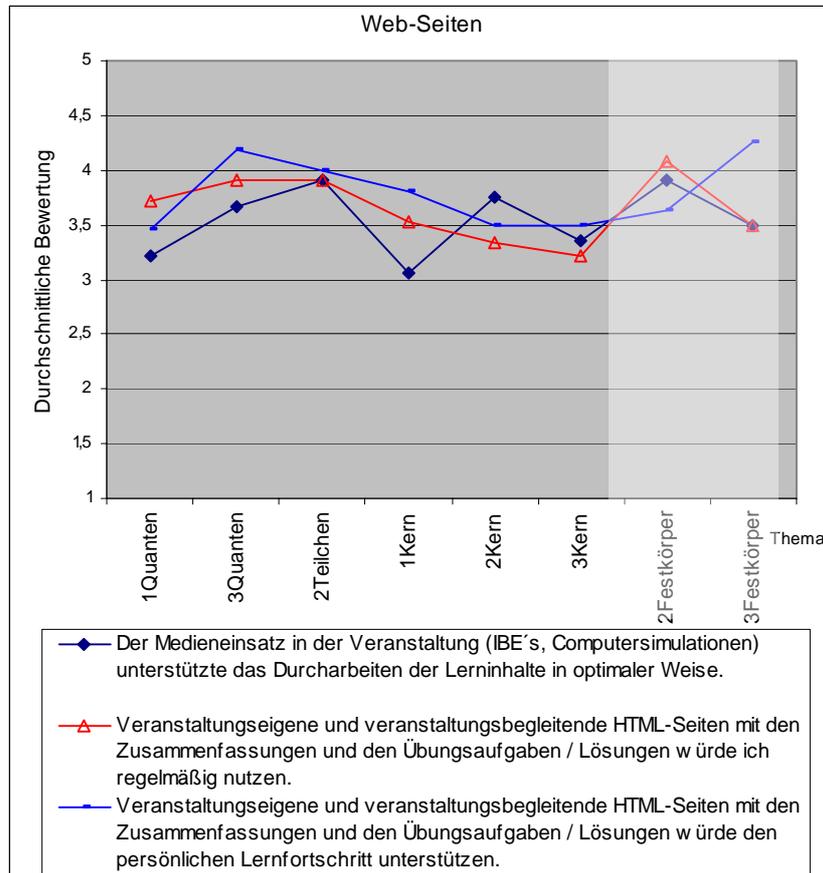


Abbildung 4.5: Formative Evaluation – Web-Seiten

⇒ Ergebnis: Die Abstimmung des Medieneinsatzes auf die Präsenzveranstaltung konnte verbessert werden. Die Studierenden zeigen ihre Bereitschaft, die Web-Seiten zu nutzen.

Beurteilung der Multimedia-Elemente

Im Vorlesungsteil „V2Quanten“ wurden IBE's mit dem Beamer vorgeführt. Stets erhält die Qualität der „Visualisierung der Inhalte“ eine höhere Bewertung als die „Steigerung des Lernerfolgs“ und die „Motivation“ durch die Multimedia-Experimente (Abbildung 4.6). Die Teilnehmer an „3Festkörper“ bewerten das „Erinnerungsvermögen an Multimediaexperimente tendenziell höher als an schriftliche Inhalte“ mit hoher Zustimmung, in den übrigen Themengebieten erfolgt eine Bewertung mit mittlerer Zustimmung, jedoch in der Vorlesung „V2Quanten“ erfolgt eine höhere Bewertung als in „2Teilchen“ und „3Quanten“. Die gute Visualisierung der Inhalte durch die Multimedia-Experimente lässt auf eine gute Auswahl der Experimente und die gute Abstimmung auf den Kontext schließen.

* Im Jahr 1 war noch kein Web-Kurs für Teilchen und Festkörperphysik vorhanden, daher entfallen in den folgenden Diagrammen „1TeilRel“ und „1Festkörper“.

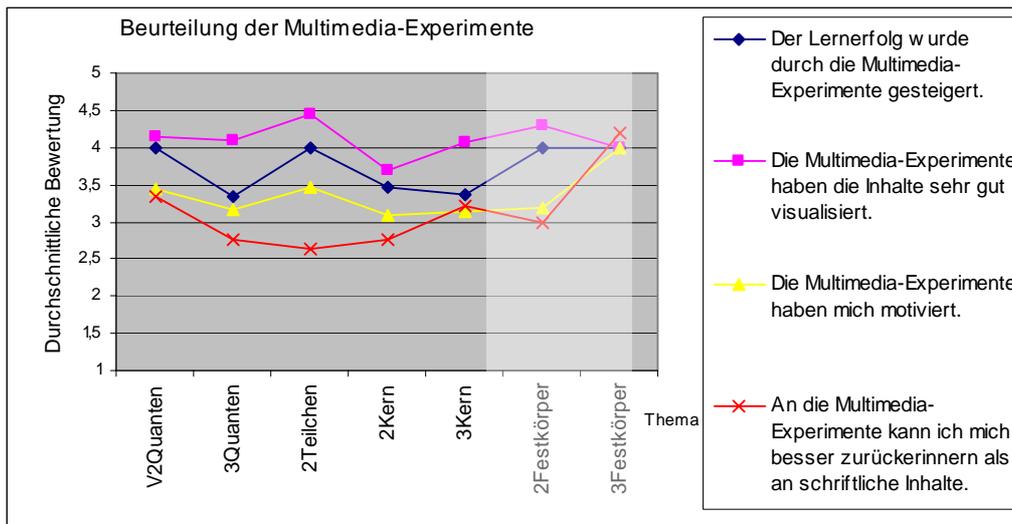


Abbildung 4.6: Formative Evaluation – Beurteilung der Multimedia-Experimente

⇒ Ergebnis: Die Studierenden bewerten den Einsatz von Multimedia-Experimenten vorrangig als positiv für die Visualisierung der physikalischen Inhalte.

Beurteilung der CD zum Thema Relativitätstheorie

Die CD wurde im Rahmen der aktiven Veranstaltung „Teilchenphysik“ im ersten und zweiten Jahr eingesetzt (im dritten Jahr wurde die Teilchenphysik mit der Relativitätstheorie als Vorlesung unterrichtet): Im ersten Jahr existierten noch keine schriftlichen Basistexte zum Thema Relativitätstheorie, und die Studierenden bearbeiteten die CD mit Hilfe von schriftlichen Leseanweisungen. Im zweiten Jahr bewerteten die Studierenden folglich das Zusammenspiel von Basistexten und CD, davon „die Unterstützung der Lerninhalte durch den Medieneinsatz“ mit Zustimmung (Abbildung 4.7).

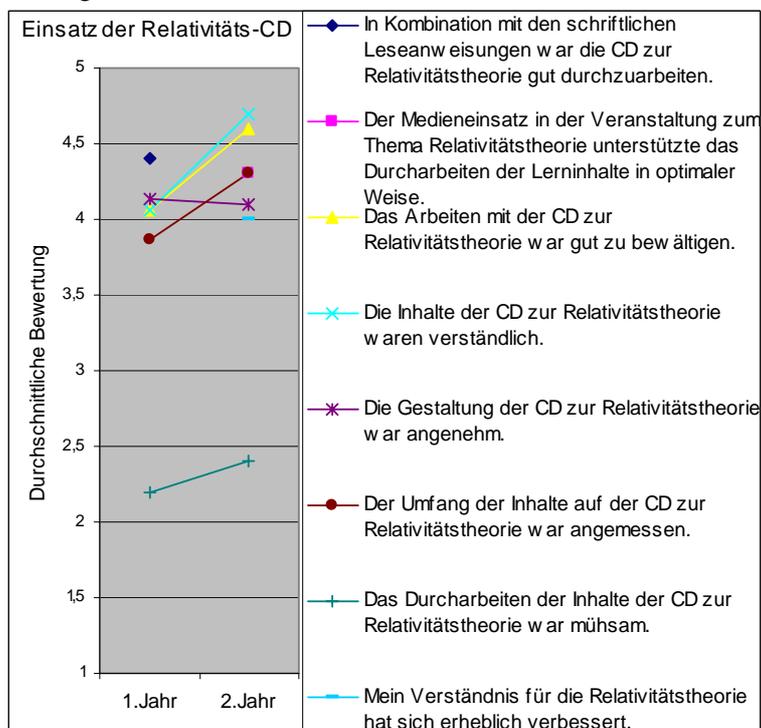


Abbildung 4.7: Formative Evaluation – Einsatz der Relativitäts-CD

In Abbildung 4.7 ist eine Verbesserung der „Bewältigung des Arbeitens mit der CD“ und der „Verständlichkeit der Inhalte“ zu verzeichnen, die „Gestaltung der CD“ wurde nicht verändert und daher gleichermaßen in beiden Jahren mit Zustimmung als angenehm bewertet, während „der Umfang der Inhalte auf der CD“ zwar ebenso nicht verändert wurde, jedoch im zweiten Jahr mit größerer Zustimmung als angemessen bewertet wurde. Das „Durcharbeiten der Inhalte“ wurde als nicht mühsam beurteilt, im zweiten Jahr bestätigten die Studierenden abschließend eine „Verbesserung des Verständnisses für die Relativitätstheorie“.

Aufgrund der positiven Bewertung der CD empfiehlt sich ihre Integration in das Lehr-Lern-System.

⇒ Ergebnis: Aufgrund der positiven Bewertung der CD zur Einführung in die Relativitätstheorie sollte diese CD auch in Zukunft in der „Physik der Materie“ eingesetzt werden.

Beurteilung des Quantenphysik-Praktikums (2. und 3. Entwicklungsstufe)

Im 2. Jahr wurde das Thema Quantenphysik in Vorlesungsform unterrichtet, im 3. Jahr in der aktiven Form. Beide Male wurde ein eintägiges Quantenphysik-Praktikum durchgeführt. Dem „verbesserten Vorstellungsvermögen der in der Veranstaltung angesprochenen Experimente“ sowie der „willkommenen Abwechslung“ und der „Erhöhung des Interesses am Thema“ – mit leichter Steigerung - wird in beiden Jahren zugestimmt (Abbildung 4.8). Im zweiten Jahr (Vorlesungsphase) war die Zustimmung der Studierenden größer bezüglich der „Überzeugung von den Phänomenen“ im Gegensatz zu Bildern und Simulationen, die ihnen per Beamer präsentiert worden waren. Ebenso wurde im Vorlesungsteil die „reale Durchführung der Experimente“ für den Lernerfolg wichtiger eingeschätzt als in der Gruppe des aktiven Teils, die selbst mit den multimedialen Experimenten gearbeitet hatten. Auch war in der Vorlesungsphase im 2. Jahr der „Wunsch nach eigenen Experimentierphasen“ größer, die „Verbesserung der Atmosphäre durch das Praktikum“ und die „Verbesserung der persönlichen Einstellung zu den anderen Studierenden“ stärker. In der Vorlesungsphase werden die „Versuchsaufbauten als noch weniger uneinsichtig“ eingestuft. Abschließend bewerteten die Teilnehmer des 3. Jahres das Praktikum als eine „Verbesserung des Verständnisses für die Quantenmechanik“.

Aufgrund dieser positiven Bewertung des Quantenphysik-Praktikums lässt sich festhalten, dass dieser Teil in dem Lehr-Lern-System von großem Vorteil ist.

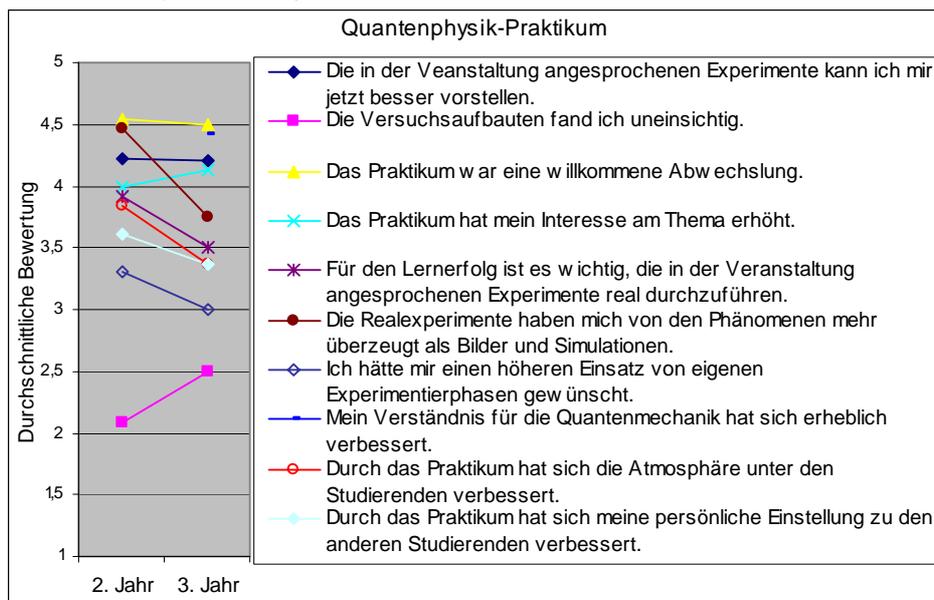


Abbildung 4.8: Formative Evaluation – Quantenphysik-Praktikum

⇒ Ergebnis: Die Durchführung des Quantenphysik-Praktikums wird von den Teilnehmern positiv bewertet, so dass es weiterhin im Themenabschnitt „Quantenmechanik“ beibehalten werden sollte.

Übungen, Diskussion und Demonstrationsexperimente

Die Studierenden bestätigten die „Unterstützung der Wissenssicherung durch die Übungsaufgaben“. Im Vergleich zum ersten Entwicklungszyklus ist eine leichte Tendenz zur Verbesserung zu erkennen, was sich auf die Verbesserung der Übungsblätter zurückführen lässt (Abbildung 4.9). Die Studierenden setzten sich weniger „noch zusätzlich außerhalb der Veranstaltung“ mit den Übungsaufgaben auseinander (außer in „2Teilchen“). Dies bedeutet für den Tutor, dass die Übungsaufgaben vollständig in der Präsenzveranstaltung bearbeitet werden sollten. Das „Austeilen der Musterlösungen“ wird als sehr hilfreich bewertet und sollte fortgeführt werden. Der „Diskussionsumfang mit dem Dozenten“ wird als sehr angemessen bestätigt, und es zeichnet sich eine Steigerung nach dem ersten Entwicklungszyklus ab.

Der Wunsch nach einem „höheren Einsatz von Demonstrationsexperimenten“ schwankt zwischen Zustimmung und Ablehnung, die Teilnehmer des ersten Jahres stimmen hier vermehrt zu, die Teilnehmer an der Vorlesung „V2Quanten“ wünschen sich keinen höheren Einsatz. Aufgrund dieser Erkenntnis wurden keine weiteren Demonstrationsexperimente in die folgende Überarbeitung aufgenommen.

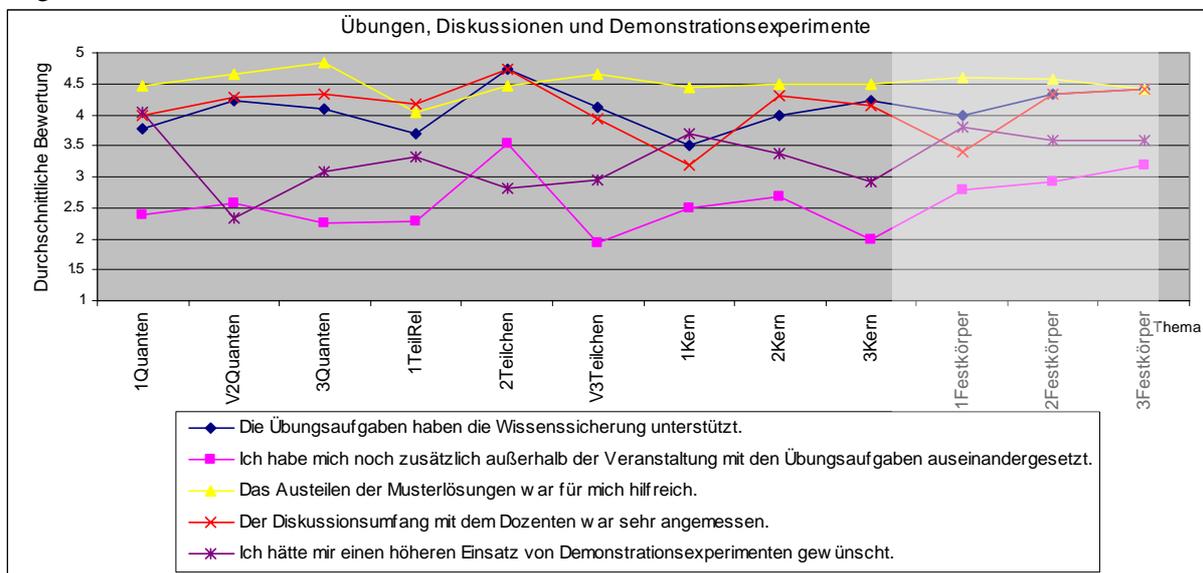


Abbildung 4.9: Formative Evaluation – Übungen, Diskussionen und Demonstrationsexperimente

⇒ Ergebnis: Die Auswahl der Übungsaufgaben und der Diskussionsumfang in der Übungsstunde erscheinen sehr angemessen. Die Musterlösungen sollten weiterhin ausgeteilt werden. Der Tutor muss berücksichtigen, dass außerhalb der Präsenzveranstaltungen wenig Zeit für die Bearbeitung der Übungsaufgaben aufgewendet wird.

Kooperation und Übungsaufgaben (2. und 3. Jahr)

Da die Übungen auch in den Abschnitten, in denen eine traditionelle Vorlesung gehalten wurde, als Präsenzübungen stattfanden, konnten diese bezüglich der Partnerarbeit bewertet werden. Die Partnerarbeit wird als lernförderlich empfunden, die Übungsaufgaben wurden weitestgehend vollständig bearbeitet, und eine hohe bis sehr hohe Zustimmung fand die Aussage, dass die Übungsaufgaben gut auf die Veranstaltung abgestimmt seien (Abbildung 4.10).

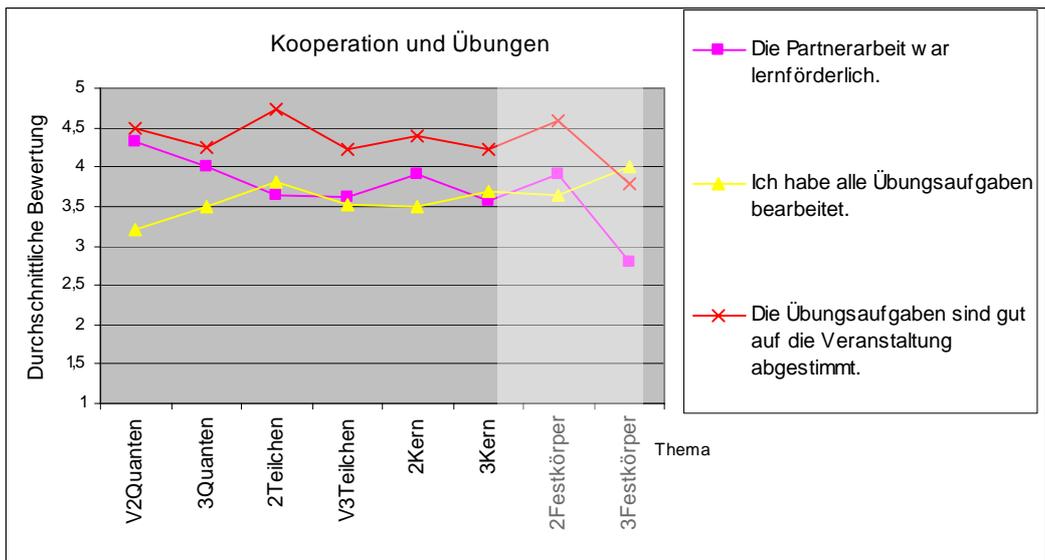


Abbildung 4.10: Formative Evaluation – Kooperation und Übungen

⇒ Ergebnis: Das kooperative Arbeiten in den Übungen wird tendenziell als lernförderlich bewertet und sollte weiterhin realisiert werden.

Einzelne Komponenten und Zusammenspiel

Die Studierenden bestätigten ein „ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Arbeiten“ mit den verschiedenen Elementen, ferner ist eine Steigerung hinsichtlich des ersten Semesters (1Quanten und 1Kern) zu erkennen (Abbildung 4.11). („1TeilRel“ wurde aufgrund des großen Anteils der Arbeit mit der CD nicht berücksichtigt.)

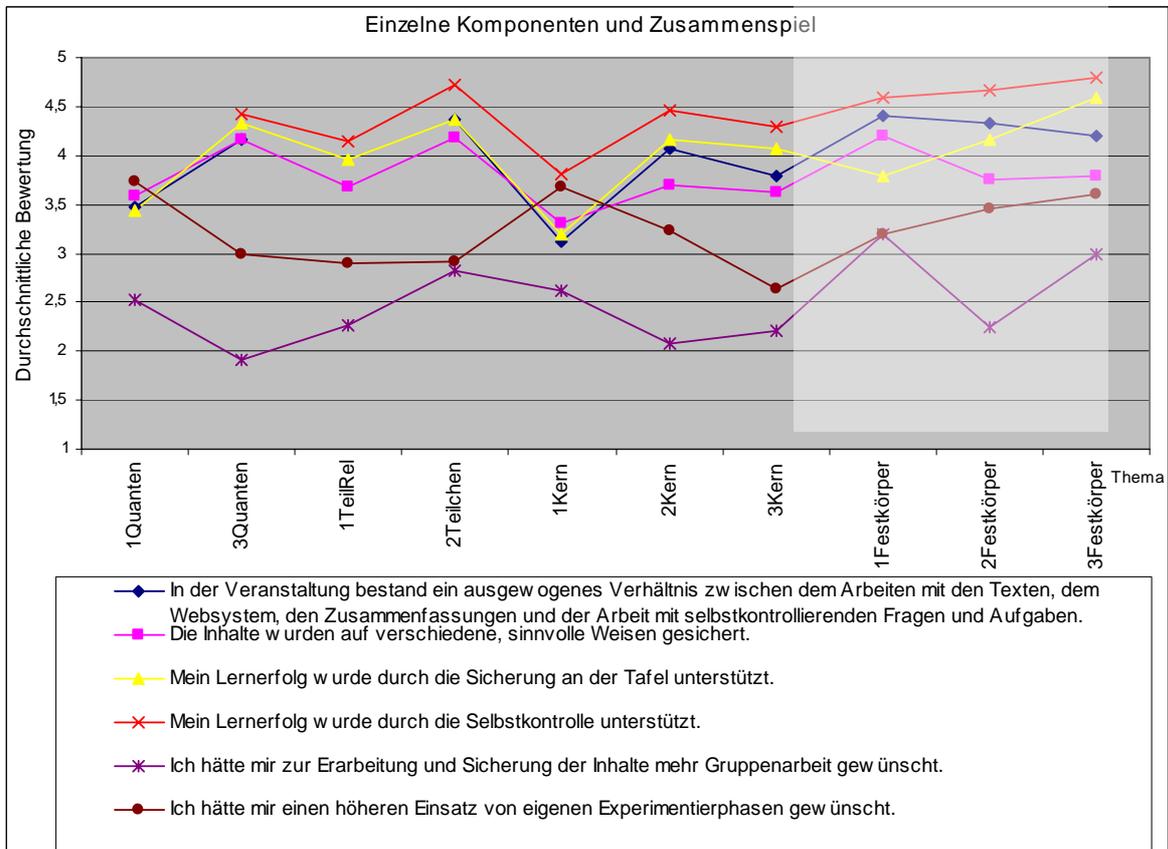


Abbildung 4.11: Formative Evaluation – Einzelne Komponenten und Zusammenspiel

Ebenfalls bestätigt wurde die „Sicherung der Inhalte auf verschiedene Weise“, die „Unterstützung des Lernerfolgs durch die Sicherung an der Tafel“ sowie die „Unterstützung des Lernerfolgs durch die Selbstkontrolle“ (in „1Quanten“ waren noch keine Selbstkontrollen vorhanden). Die entsprechenden vier Kurven zeigen einen ähnlichen Verlauf, wobei die Selbstkontrolle stets besser bewertet wird als der Tafelinsatz.

Das Ausmaß der kooperativen Arbeitsformen war ausreichend, eigene Experimentierphasen wurden vor allem im ersten Semester gewünscht.

Diese Ergebnisse belegen das gute Zusammenspiel der einzelnen Komponenten des Lehr-Lern-Systems.

⇒ Ergebnis: Zwischen den einzelnen Komponenten besteht ein ausgewogenes Verhältnis. Die Studierenden bewerten den Lernerfolg durch die Selbstkontrolle am höchsten.

Umgang mit den Unterlagen

Die Studierenden bestätigten die Ergänzung der „Abschrift des Tafelbildes durch eigene Notizen“ in den in der aktiven Form durchgeführten Themenabschnitten meist mit durchschnittlich mittlerer Zustimmung, dagegen in den beiden Vorlesungsabschnitten „V2Quanten“ und „V1Teilchen“ mit durchschnittlich geringer Zustimmung (Abbildung 4.12). Dies bedeutet, dass in einer traditionellen Vorlesung das Tafelbild weitgehend ohne eigene Ergänzungen übernommen wird. Eine Beschäftigung mit den Unterlagen außerhalb der Vorlesungszeit wird in fast allen Themengebieten unabhängig von der Veranstaltungsform durchschnittlich mit mittlerer Zustimmung bewertet, hierzu korreliert die geringe Zustimmung zur Nichteignung der Unterlagen zum Lernen. Die Unterlagen werden deutlich als ausreichend eingestuft, um den vermittelten Stoff zu wiederholen, auch in den Vorlesungsabschnitten.

Diese Ergebnisse verdeutlichen die gute Qualität der Materialien des Lehr-Lern-Systems, aber auch die gute Einschätzung der gewonnenen Mitschrift in den Vorlesungsabschnitten.

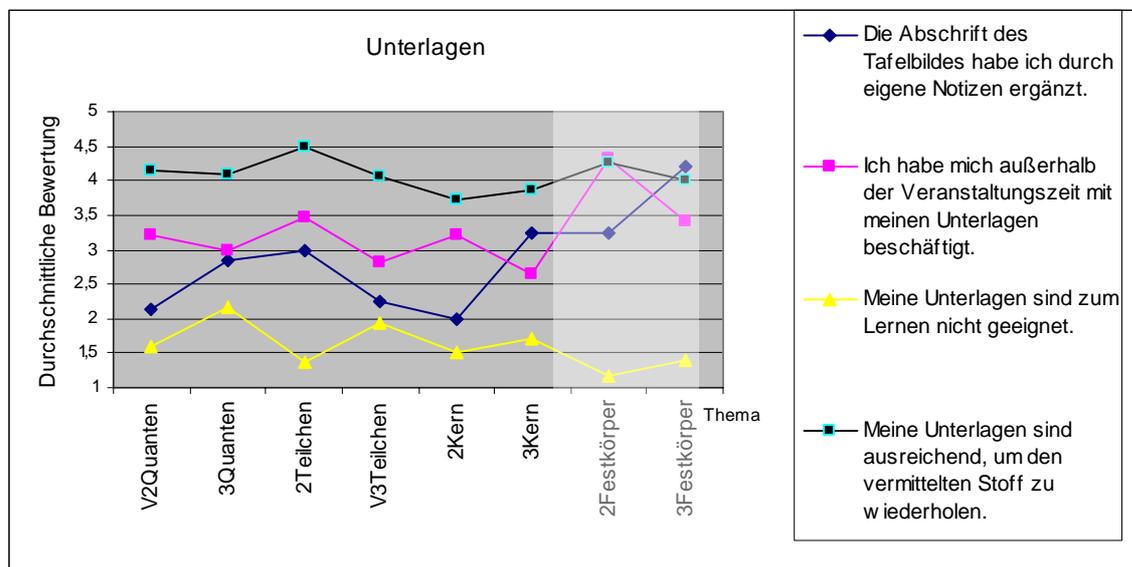


Abbildung 4.12: Formative Evaluation – Unterlagen

In der folgenden Graphik (Abbildung 4.13) wurde die Steigerung der Bewertung dieser vier Aussagen für die im Sinne des vergleichenden Untersuchungsdesigns relevanten Themenabschnitte aufgetragen, sowohl für die teilnehmende Gruppe im zweiten Jahr als auch für die teilnehmende Gruppe im dritten Jahr des Forschungsprojektes. Auf der x-Achse ist für das zweite Jahr die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „2Teilchen – V2Quanten“ bzw. für das dritte Jahr die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „3Quanten – V3Teilchen“ aufgetragen. Die Differenzen sind fast in jedem Falle positiv, das bedeutet, es ist eine Tendenz zur Steigerung der Bewertung der Unterlagen von dem jeweiligen Themenabschnitt, der im traditionellen Vorlesungsstil unterrichtet

wurde, zu dem jeweiligen Themenabschnitt, der mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet wurde, zu verzeichnen.

In der nebenstehenden Tabelle sind die Werte für die Signifikanz der Unterschiede zu ersehen.

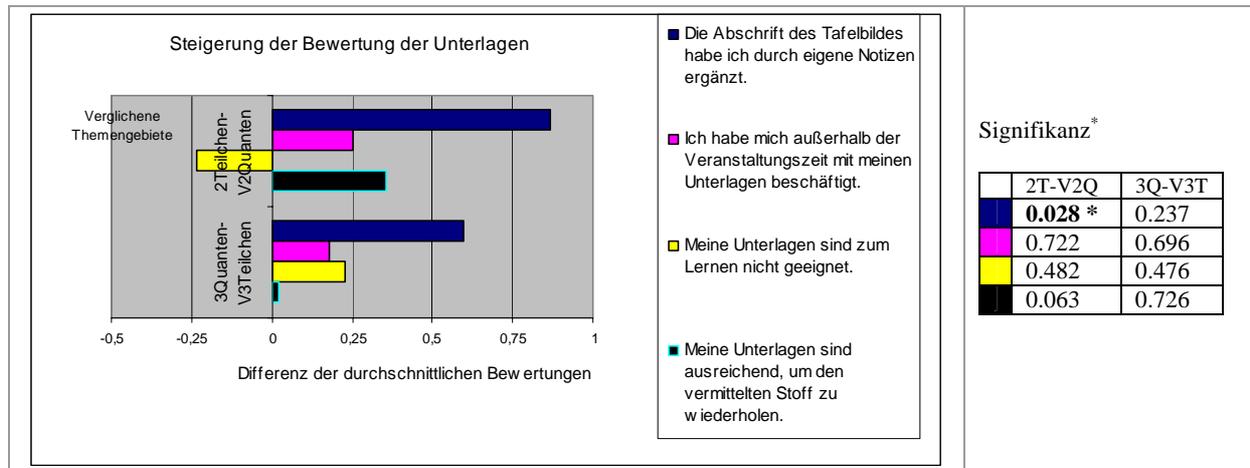


Abbildung 4.13: Formative Evaluation – Steigerung der Bewertung der Unterlagen

Dass die Unterschiede nicht signifikant sind, deutet auf folgende Erkenntnis hin:

⇒ Ergebnis: Die Studierenden bewerten ihre angefertigten Mitschriften in der traditionellen Vorlesung als hochwertig und zum Lernen geeignet. Dies deutet auf die Verwirklichung eines qualitativ hochwertigen Tafelvortrags in den entsprechenden Vorlesungsabschnitten hin.

Beurteilung der Veranstaltung (2. und 3. Jahr)

Die „verständliche Vermittlung der Inhalte der Physik“, der „Erkennbarkeit eines Roten Fadens“, der „Orientierung der Veranstaltung an experimentellen Erkenntnissen“, der „Anregung, aktiv mitzudenken“, der Möglichkeit, „gut folgen zu können“, stimmen die Studierenden deutlich zu, eine Korrelation dieser fünf Aussagen ist im Diagramm (Abbildung 4.14) ersichtlich. Die Teilnehmer im zweiten Jahr bewerten hier tendenziell zustimmender als die Teilnehmer im dritten Jahr, eine weniger stärkere Zustimmung ist nur im Themengebiet Teilchenphysik bei „2Teilchen“ im Vergleich mit der Vorlesung „V3Teilchen“ zu erkennen, nicht jedoch für „3Quanten“ im Vergleich mit der Vorlesung „V2Quanten“.

Wie in der Abbildung 4.14 außerdem ersichtlich ist, bewerten die Studierenden die Inhalte als nicht „zu mathematisch“ (in der Festkörperphysik zeigt sich die Tendenz zu mittlerer Zustimmung). Sie stimmen der „Verleitung, nicht mehr mitzudenken“ und „sich an viele Zusammenhänge nicht mehr erinnern zu können“ weniger zu. Dem „hohen Zeitaufwand zur Verinnerlichung des vermittelten Stoffs“ begegnen die Teilnehmer an der Vorlesung „V3Teilchen“ mit mittlerer Zustimmung, die Zustimmung in den anderen Themenabschnitten der aktiven Form fällt geringer aus, jedoch wird auch die Vorlesung „V2Quanten“ mit geringer Zustimmung bewertet.

Die Bewertung bezüglich der „Anfertigung der Mitschrift“ zeigt erwartungsgemäß eine Zustimmung in den beiden Vorlesungsteilen, eine Ablehnung in den aktiven Veranstaltungen.

Die Ergebnisse verdeutlichen die gute Qualität der Vermittlung der physikalischen Inhalte *auch* innerhalb der Vorlesungsabschnitte. Anhand der Werte dürfen die Vorlesungsabschnitte als qualitativ hochwertig bezeichnet werden.

* Die Signifikanz wurde durch den U-Test nach Mann und Whitney bestimmt. Wenn der angegebene Wert für die Signifikanz kleiner als 0.05 ist, bedeutet dies, dass der Unterschied signifikant ist. Signifikante Unterschiede sind in den Tabellen mit einem „*“ gekennzeichnet.

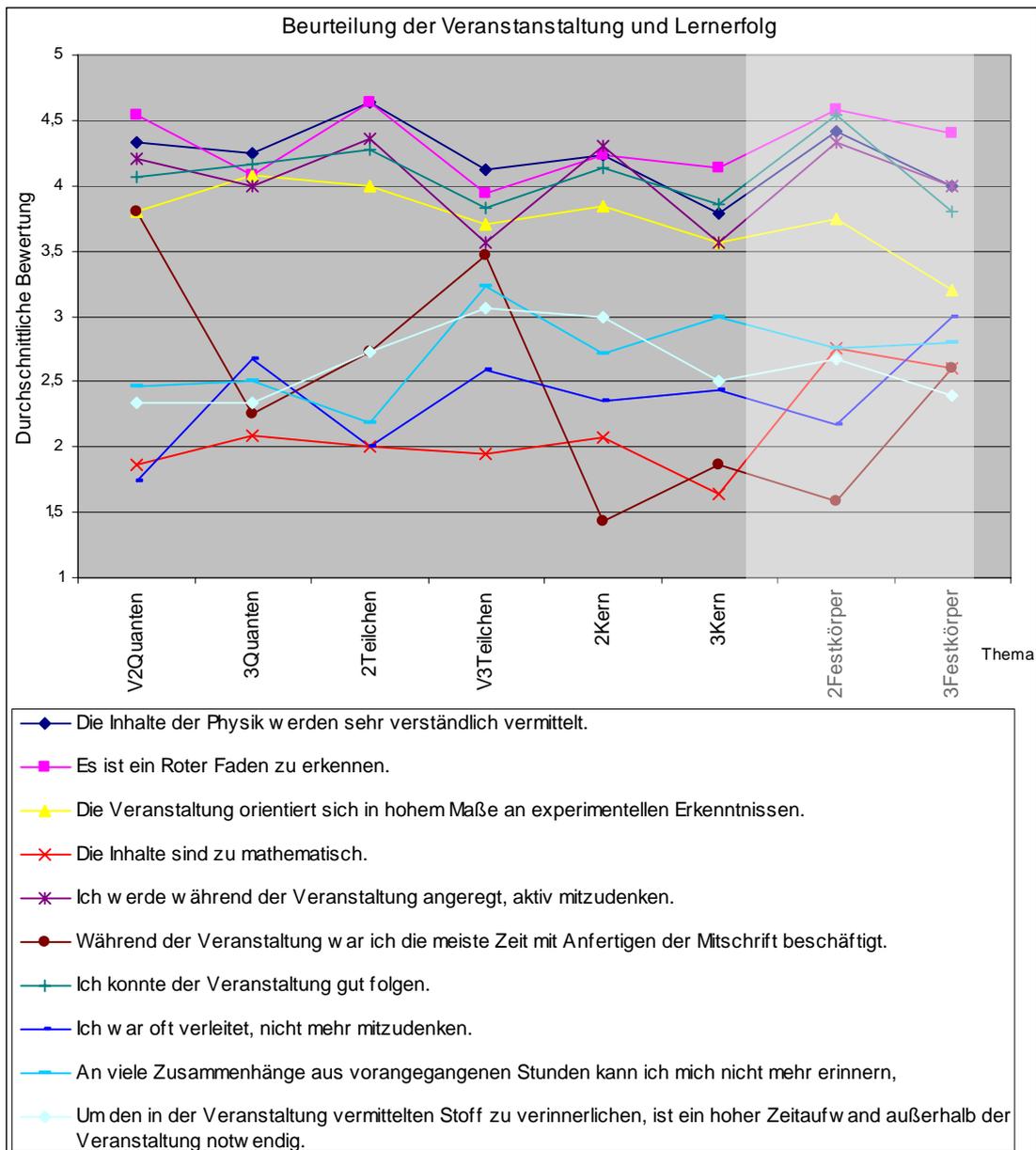


Abbildung 4.14: Formative Evaluation – Beurteilung der Veranstaltung und Lernerfolg

In der folgenden Graphik (Abbildung 4.15) wurde die Steigerung der Bewertung dieser Aussagen für die im Sinne des vergleichenden Untersuchungsdesigns relevanten Themenabschnitte aufgetragen, die im SS04 und im SS05 unterrichtet wurden. Abzulesen ist auf der x-Achse die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „2Teilchen – V2Quanten“ bzw. für das dritte Jahr die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „3Quanten – V3Teilchen“. Es ist eine Tendenz zur Steigerung der Bewertung der Beurteilung der Veranstaltung und des Lernerfolgs von dem jeweiligen Themenabschnitt, der im traditionellen Vorlesungsstil unterrichtet wurde, zu dem jeweiligen Themenabschnitt, der mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet wurde, zu verzeichnen.

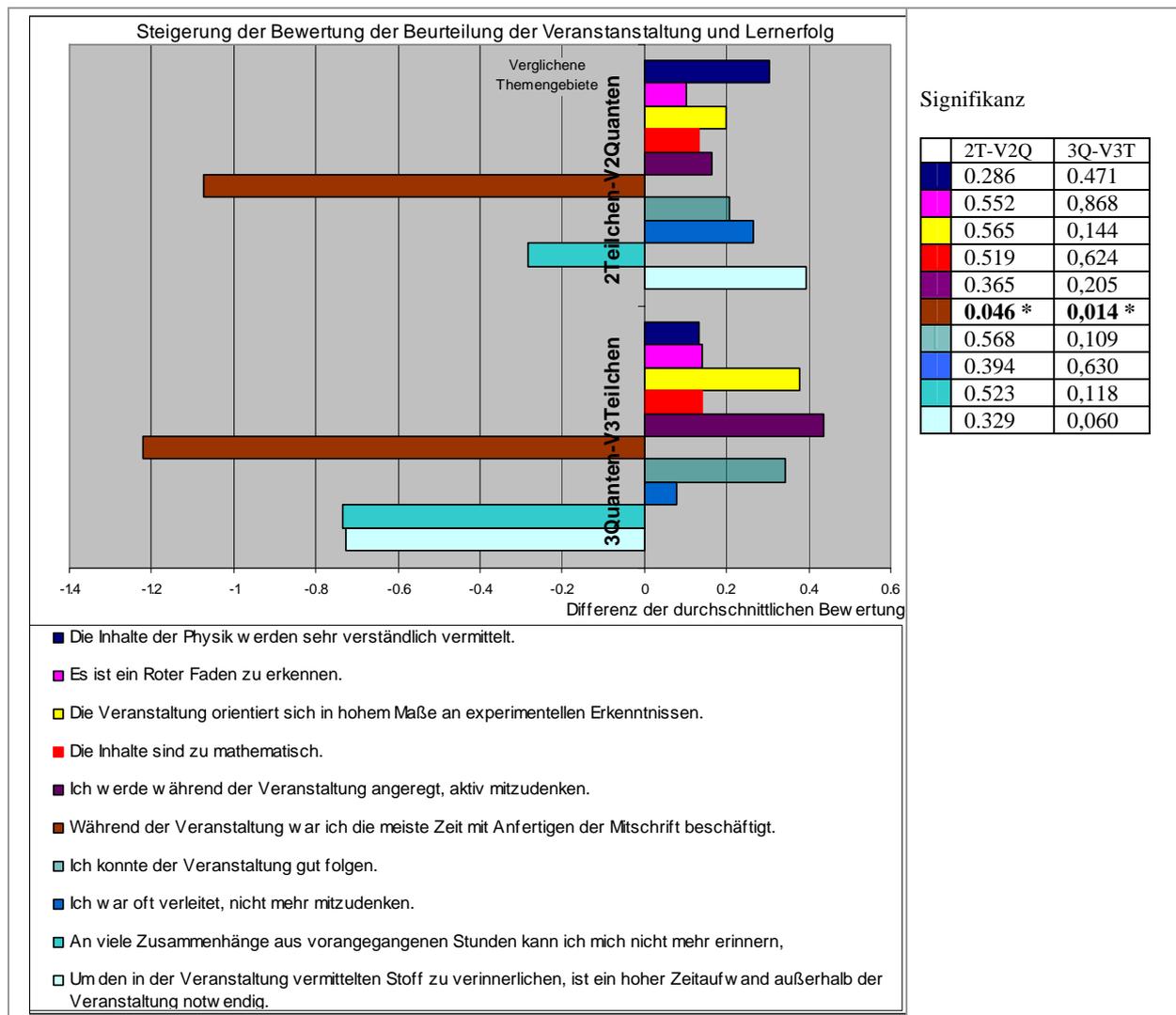


Abbildung 4.15: Formative Evaluation – Steigerung der Beurteilung der Veranstaltung und Lernerfolg

Dass die Unterschiede, wie in der Tabelle zu ersehen, zwischen dem Vorlesungsabschnitt und dem Lehr-Lern-System nicht signifikant sind, deutet auf Folgendes hin:

⇒ Ergebnis: Der „Rote Faden“ des Lehr-Lern-Systems war auch in den Abschnitten der traditionellen Vorlesung erkennbar. Wieder deutet sich die hohe Qualität der Vorlesung durch die Beurteilung der Studierenden an.

Es zeigt sich tendenziell eine Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems gegenüber der Veranstaltung in Vorlesungsform, wenn auch nicht signifikant.

In den Vorlesungsabschnitten wird von den Studierenden nicht - wie eigentlich erforderlich - ein hoher Zeitaufwand für die Nachbearbeitung investiert.

Möglichkeiten der Veranstaltung

Die Bewertung des „hohen Maßes an individuellen Lernmöglichkeiten“ reicht von mittlerer bis zu hoher Zustimmung, die Teilnehmer des dritten Jahres bewerteten hier verhalten (Abbildung 4.16). Die Studierenden bewerteten die „Möglichkeiten zur aktiven Teilnahme“ mit hoher Zustimmung, ebenso die „Möglichkeit zu eigenaktivem Lernen“, die beiden Kurven liegen eng beieinander.

Bei der Beurteilung der „teamorientierten Arbeitsweise“ zeigt sich ein positiver Unterschied zwischen aktiver Form und Vorlesung:

- „2Teilchen“ wird höher bewertet als „V2Quanten“,
- „3Quanten“ höher als „V3Teilchen“,
- „2Teilchen“ höher als „V3Teilchen“ und schließlich

- „3Quanten“ höher als „V2Quanten“.

Das erste Jahr zeigt meist vergleichsweise niedrigere Werte.

Die Studierenden investierten außerhalb der Veranstaltung kein „hohes Maß an Zeit in die Nachbearbeitung“ (nur bei der Festkörperphysik mittlere Zustimmung), und am geringsten fällt die Zustimmung in den beiden Vorlesungsabschnitten „V2Quanten“ und „V3Teilchen“ aus.

Diese Werte belegen die hohe Aktivität der Studierenden *auch* in den Vorlesungsabschnitten, so dass eine aus Sicht der Studierenden qualitativ hochwertige traditionelle Vorlesung in der Vergleichsuntersuchung verwirklicht wurde.

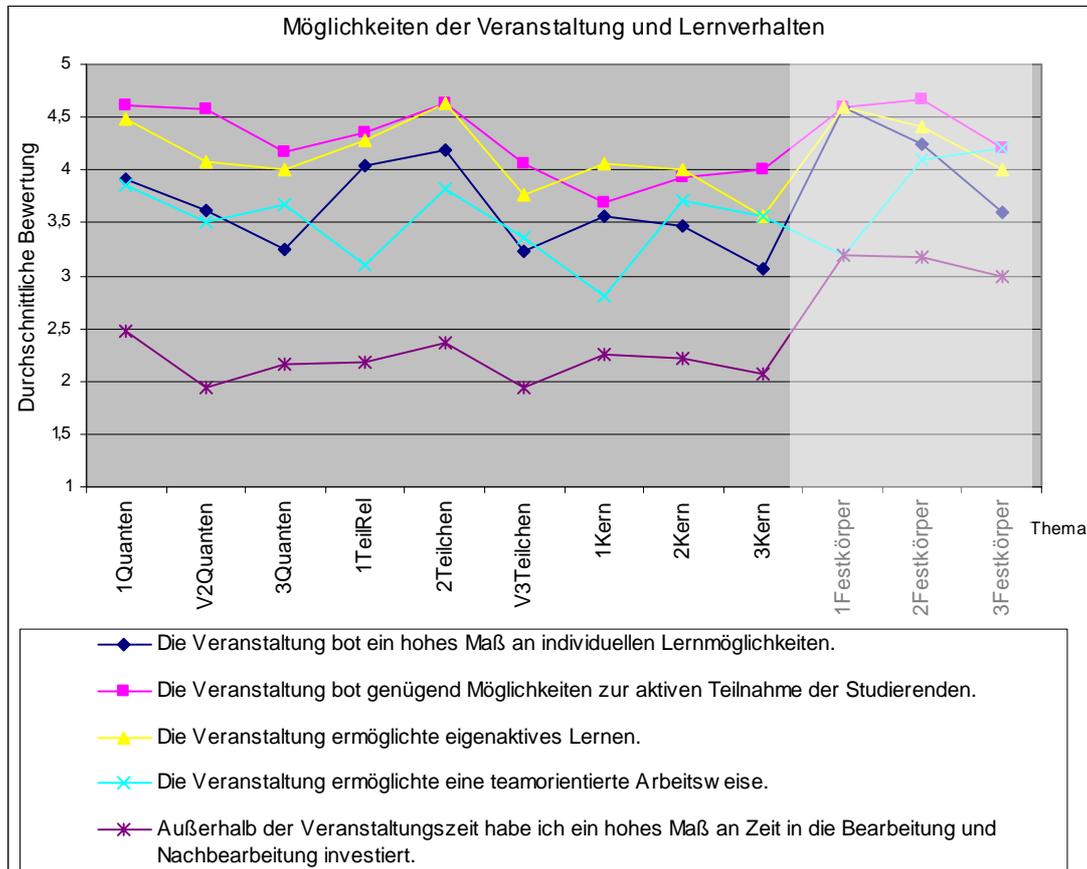


Abbildung 4.16: Formative Evaluation – Möglichkeiten der Veranstaltung und Lernverhalten

Um die Steigerung der Beurteilung der Möglichkeiten der Veranstaltung und des Lernverhaltens zu verdeutlichen, wurden für die obigen Aussagen für die für das Untersuchungsdesign relevanten Themenabschnitte, die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „2Teilchen – V2Quanten“ bzw. für das dritte Jahr die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „3Quanten – V3Teilchen“, aufgetragen (Abbildung 4.17). Die positiven Werte der Differenzen stehen für eine Tendenz zur Steigerung der Bewertung von dem jeweiligen Themenabschnitt, der im traditionellen Vorlesungsstil unterrichtet wurde, zu dem jeweiligen Themenabschnitt, der mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet wurde.*

* Es ergibt sich zwar eine positive Differenz zu der Aussage, dass die Studierenden ein hohes Maß an Zeit in die Nachbearbeitung investiert hätten, doch wurde diese Aussage sowohl für den Abschnitt, der im Vorlesungsstil unterrichtet wurde, als auch für das Lehr-Lern-System mit geringer Zustimmung bewertet.

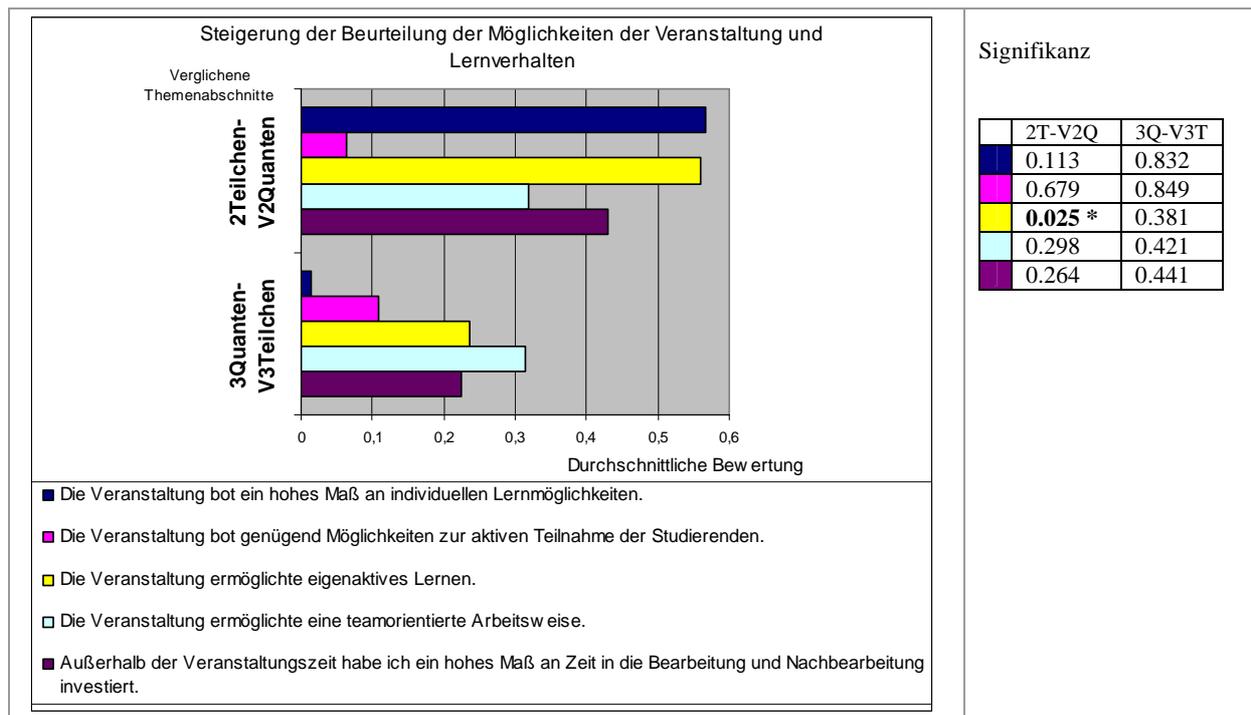


Abbildung 4.17: Formative Evaluation – Steigerung der Beurteilung der Möglichkeiten der Veranstaltung und Lernverhalten

⇒ Ergebnis: Die Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems bei der Beurteilung der Möglichkeiten der Veranstaltung und des Lernverhaltens gegenüber der Vorlesungsform ist statistisch nicht signifikant.

Veranstaltung und Lernverhalten

Es findet sich ein hohes „persönliches Interesse“, „nach weiterführender Literatur“ wird dabei wenig gesucht (Abbildung 4.18).

Besonders auffällig ist das Minimum der Kurve der Beurteilung der „Konzentration über einen großen Zeitraum“ bei „1TeilRel“ mit dem Anteil der Bearbeitung der Relativitäts-CD in dem öffentlichen Computerraum ohne Arbeit mit Basistexten.

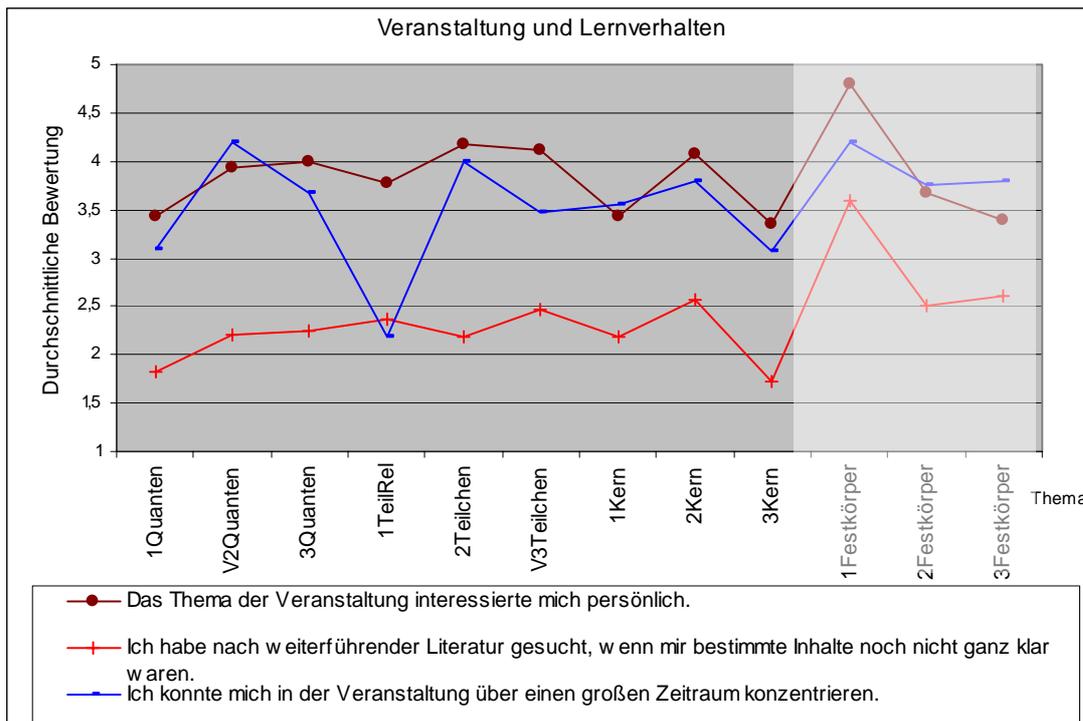


Abbildung 4.18: Formative Evaluation – Veranstaltung und Lernverhalten

⇒ Ergebnis: Im Vergleich zum ersten Jahr zeigt sich eine Tendenz zu höherem Interesse und zur Schaffung eines besseren Lernklimas in der Veranstaltung, so dass sich die Studierenden besser konzentrieren können.

Veranstaltungsform und Präsentation des Dozenten (Vergleichsdesign)

Aus dem Vergleich der folgenden beiden Diagramme (Abbildungen 4.19 und 4.20) „Möglichkeiten durch die Veranstaltungsform“ und „Präsentation des Dozenten“ wird der Zusammenhang zwischen den positiv bewerteten Präsentationen des Dozenten und den positiv bewerteten Möglichkeiten der aktiven Veranstaltungsform deutlich. Dieser Zusammenhang wird dagegen in den Vorlesungsabschnitten „V2Quanten“ und „V3Teilchen“ durchbrochen.

Zum Beispiel sind zwei Maxima in beiden Diagrammen zu erkennen, bei „2Teilchen“ und „2Kern“, ein Minimum bei „1Kern“. Dagegen zeigt sich bei „V2Quanten“ bei dem Verlauf der Kurven im Diagramm der Präsentationen des Dozenten ein vergleichsweise höheres Niveau, im Diagramm der „Veranstaltungsform - Ermöglichkeiten“ eine Absenkung. Auch bei „V3Teilchen“ macht sich in den Bewertungen der „Veranstaltungsform - Ermöglichkeiten“ eine stärkere Absenkung bemerkbar im Vergleich mit den Bewertungen der Präsentationen des Dozenten.

Diese Werte spiegeln die Steigerung der tutoriellen Fähigkeiten des Dozenten in der Zeitspanne des Forschungsprojektes wider. Außerdem lässt sich festhalten, dass die Bewertungen nicht nur in den Themenabschnitten des Lehr-Lern-Systems gut sind, sondern auch in den Vorlesungsabschnitten, was wieder die Qualität der Vorlesung aus Sicht der Studierenden belegt.

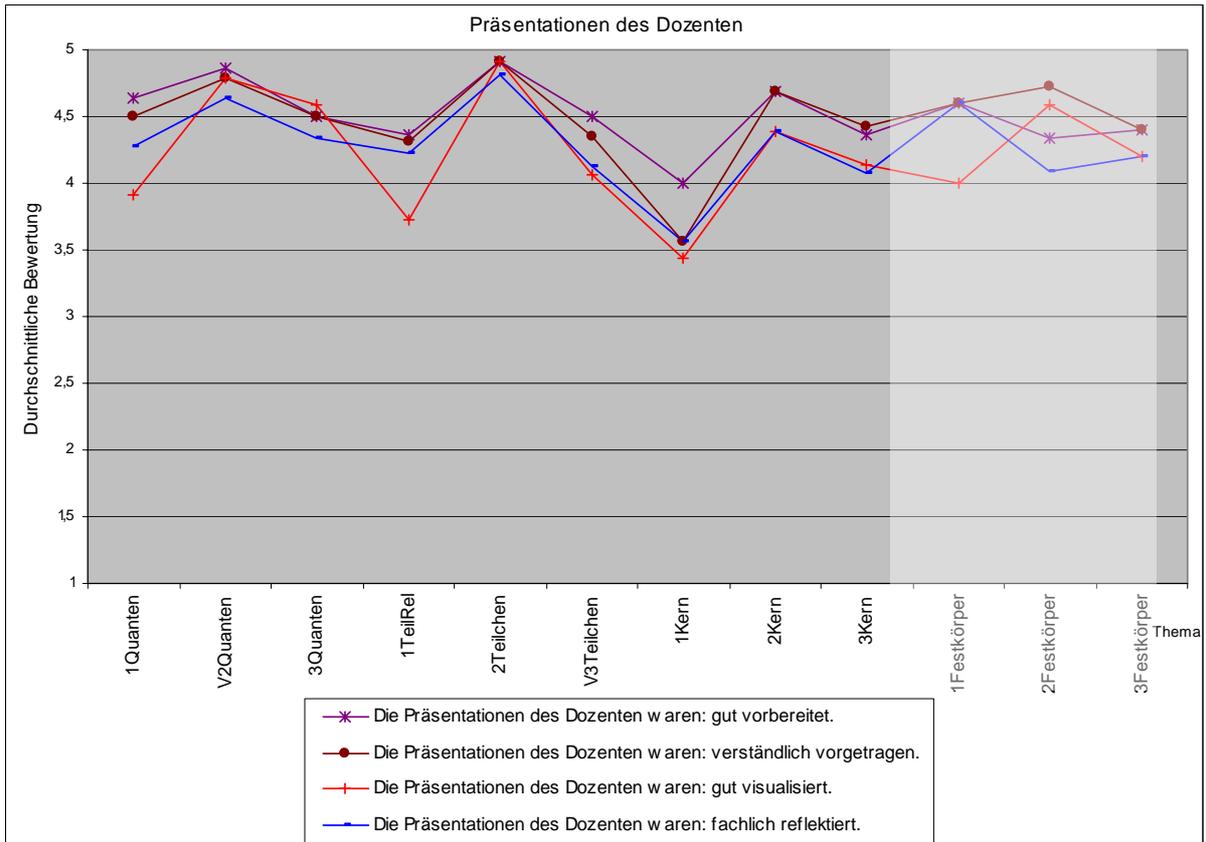


Abbildung 4.19: Formative Evaluation – Präsentation des Dozenten

⇒ Ergebnis: Die Qualität der Präsentationen des Dozenten wird in beiden Unterrichtsformen positiv bewertet, eine Verbesserung zum ersten Jahr konnte realisiert werden.

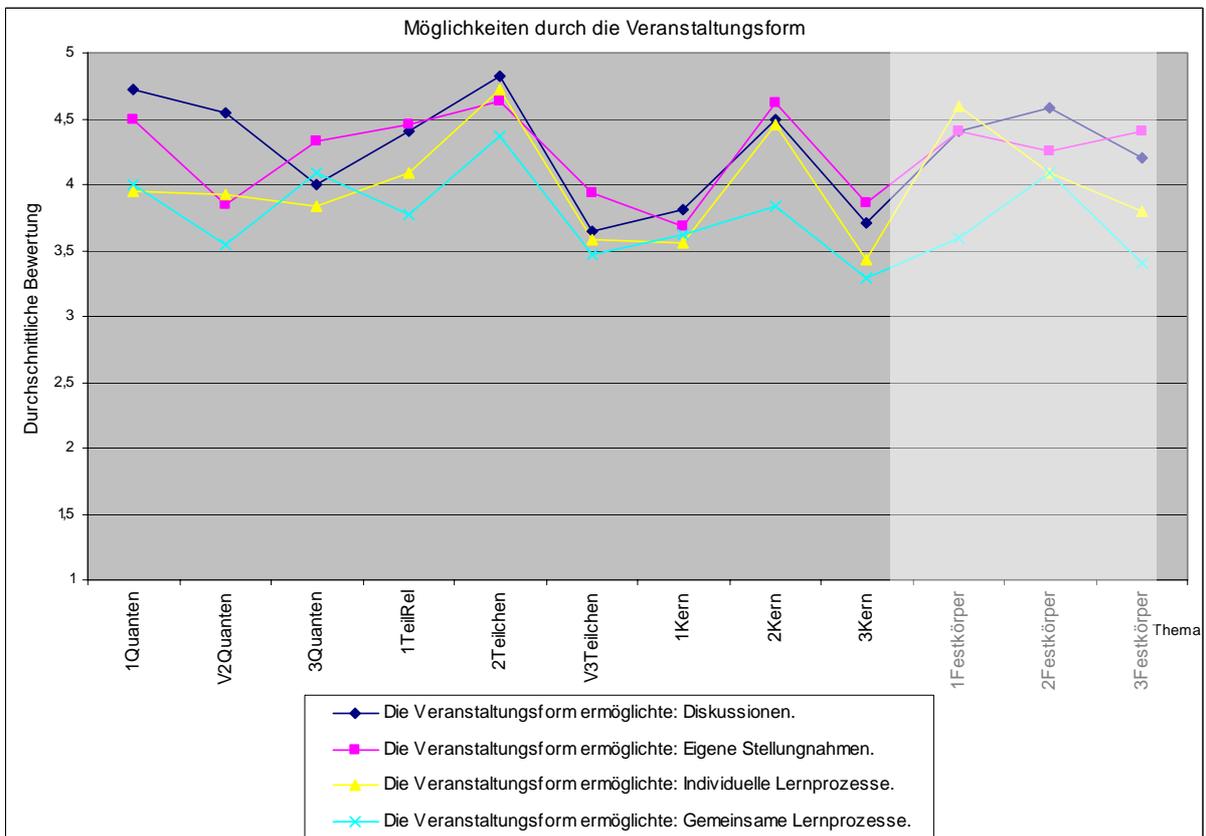


Abbildung 4.20: Formative Evaluation – Möglichkeiten durch die Veranstaltungsform

Zur Verdeutlichung der Bewertung der Möglichkeiten durch die Veranstaltungsform ist in der folgenden Graphik (Abbildung 4.21) die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „2Teilchen – V2Quanten“ bzw. die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „3Quanten – V3Teilchen“ aufgetragen. Die Bewertung der Möglichkeiten durch die Veranstaltungsform von dem jeweiligen Themenabschnitt, der im traditionellen Vorlesungsstil unterrichtet wurde, zu dem jeweiligen Themenabschnitt, der mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet wurde, zeigt eine Steigerung.

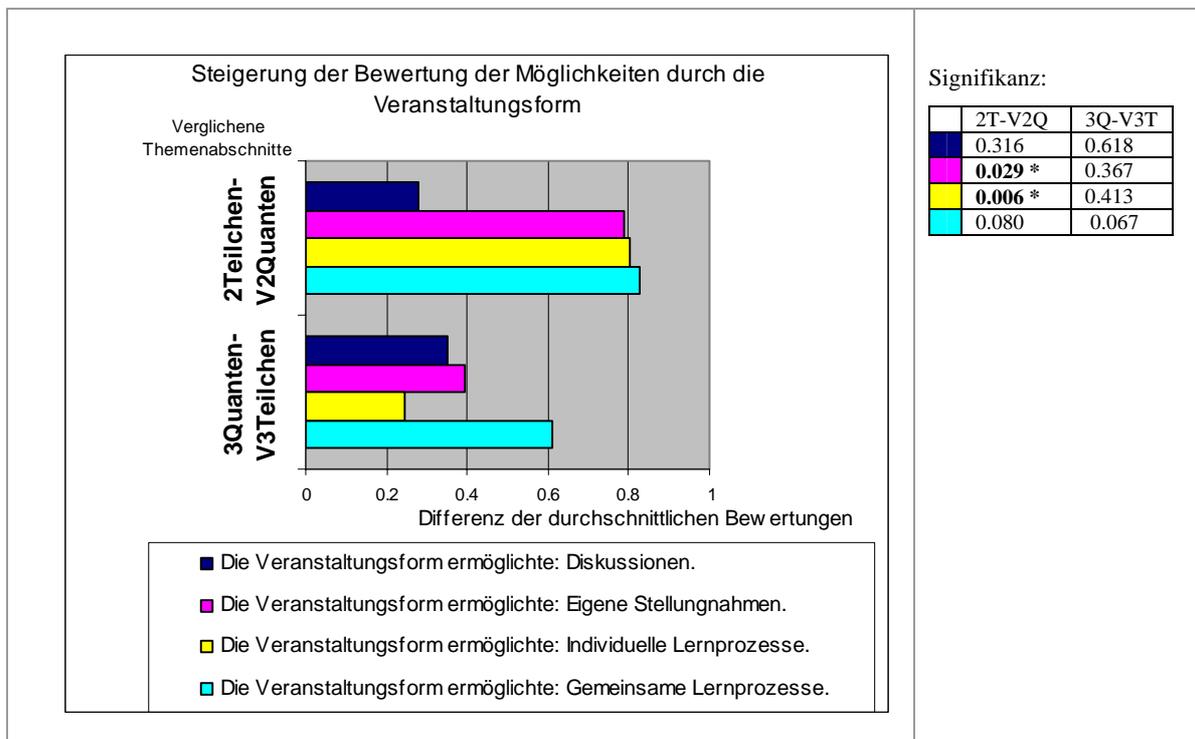


Abbildung 4.21: Formative Evaluation – Steigerung der Bewertung der Möglichkeiten durch die Veranstaltungsform

⇒ Ergebnis: Die Möglichkeiten für Diskussionen, eigene Stellungnahmen, individuelle Lernprozesse und gemeinsame Lernprozesse wurden erwartungsgemäß in dem Lehr-Lern-System höher bewertet als in der Vorlesungsform, zum Teil sind die Unterschiede statistisch signifikant. Aber auch in der Vorlesung konnten aus Sicht der Studierenden durchaus positive Aspekte des Lehr-Lern-Systems realisiert werden.

Atmosphäre und Lernverhalten der Studierenden

Atmosphäre und Lernverhalten der Studierenden werden bei den Teilnehmern des 2. Jahres am besten beurteilt (Abbildung 4.22).

Die Studierenden bestätigten eine „respektvolle“ Atmosphäre, weiterhin vor allem „offen“ und „gesprächsbereit“, gefolgt von „kommunikativ“, dann „teamorientiert“. Eine Steigerung zum ersten Entwicklungszyklus ist zu erkennen. Nicht zugestimmt wird der Beschreibung der Atmosphäre als „distanziert“, wobei hier wieder im ersten Semester (1Quanten und 1 Kern) und bei den Teilnehmern des dritten Jahres weniger widersprochen wird. So ist nur bei der Vorlesung „V3Teilchen“ ein höheres Niveau zu finden, dagegen bei der Vorlesung „V2Quanten“ sogar das Minimum der Kurve.

Das Lernverhalten wird positiv bewertet als zunächst „motiviert“ und „lösungsorientiert“, gefolgt von „leistungsorientiert“, dann „kreativ“, jedoch nicht „gelangweilt“ oder „uninteressiert“.

Diese Ergebnisse belegen die Realisierung einer sehr positiven und lernorientierten Atmosphäre mit Hilfe des Lehr-Lern-Systems und wiederum die durch die Studierenden sehr positiv empfundene traditionelle Vorlesungsform.

Ein Vergleich der Atmosphäre und des Lernverhaltens zwischen Vorlesung und aktiver Form zeigt hier:

- „2Teilchen“ wird tendenziell höher bewertet als „V2Quanten“
- „2Teilchen“ tendenziell höher als „V3Teilchen“
- „3Quanten“ vergleichbar mit „V2Quanten“,
- „3Quanten“ vergleichbar mit „V3Teilchen“.

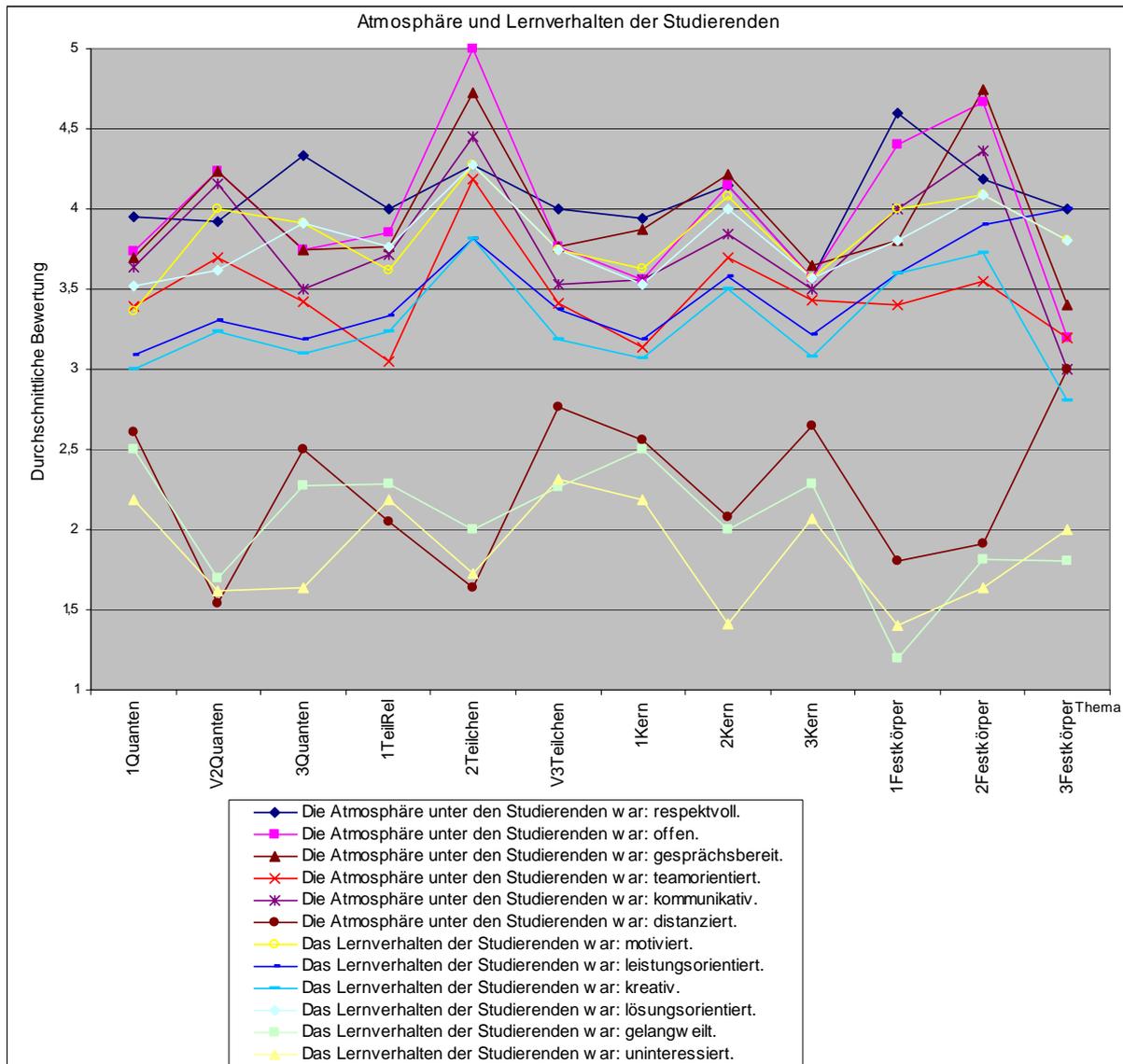


Abbildung 4.22: Formative Evaluation – Atmosphäre und Lernverhalten der Studierenden

Dass sich die Bewertung von dem jeweiligen Themenabschnitt, der im traditionellen Vorlesungsstil unterrichtet wurde, zu dem jeweiligen Themenabschnitt, der mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet wurde, tendenziell steigert, zeigt die folgende Graphik (Abbildung 4.23), in der die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „2Teilchen – V2Quanten“ bzw. die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „3Quanten – V3Teilchen“, aufgetragen ist.

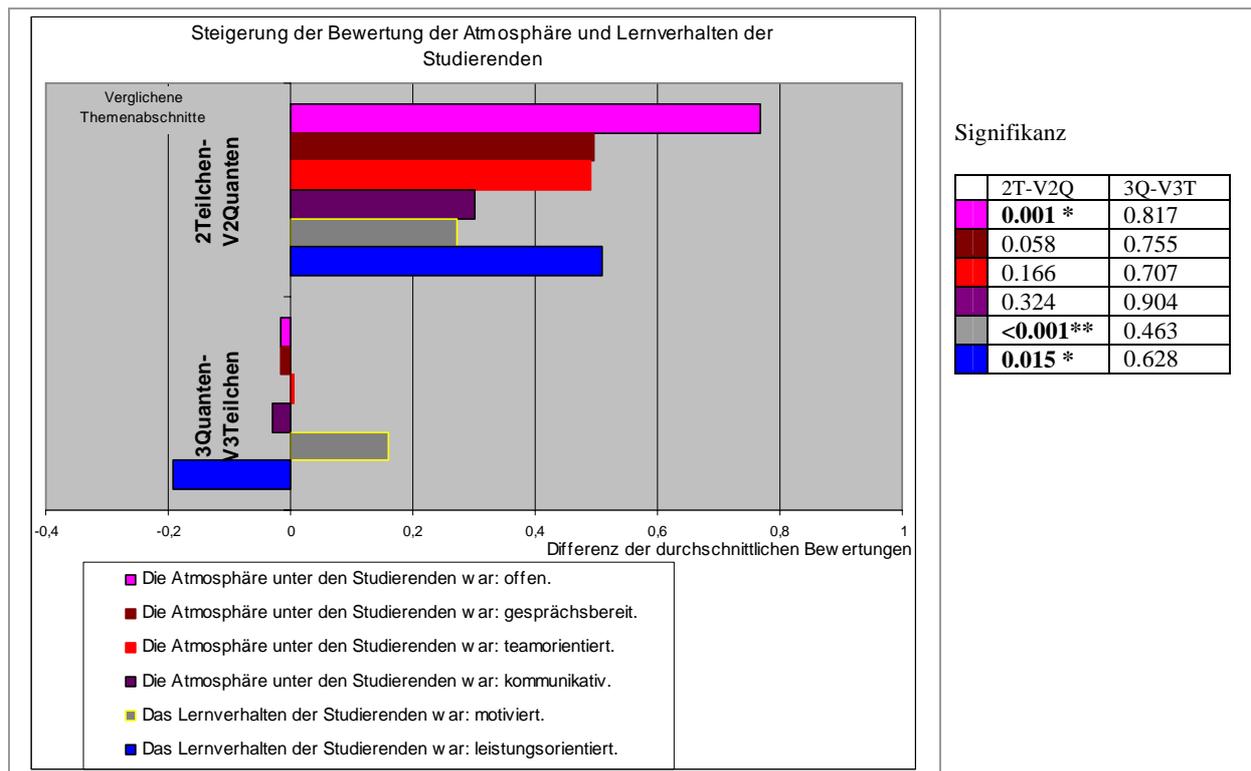


Abbildung 4.23: Formative Evaluation – Steigerung der Bewertung der Atmosphäre und Lernverhalten der Studierenden

⇒ Ergebnis: Im zweiten Untersuchungsjahr gibt es eine deutliche Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems (mit signifikanten Unterschieden bei der Bewertung der offenen Atmosphäre, des motivierten und leistungsorientierten Lernverhaltens). Auch in der Vorlesungsphase konnte eine positive Atmosphäre geschaffen werden. Das Lernverhalten der Studierenden wird in beiden Unterrichtsformen ähnlich positiv eingeschätzt.

Persönliche Einstellung und Lernverhalten (2. und 3. Jahr, Vergleichsdesign)

Die persönliche Einstellung wird von den Teilnehmern des 2. Jahres besser bewertet als von den Teilnehmern des 3. Jahres, abgesehen von der Beschreibung „respektvoll“ (Abbildung 4.24).

Die persönliche Einstellung wird vor allem als „offen“ und „gesprächsbereit“ bestätigt, es folgen „kommunikativ“ und „teamorientiert“, abgelehnt wird „distanziert“.

Das persönliche Lernverhalten wird positiv als „motiviert“ und „lösungsorientiert“ beurteilt, gefolgt von „leistungsorientiert“, dann „kreativ“ – im Unterschied zur Beurteilung der Mitstudierenden in dem Diagramm „Atmosphäre und Lernverhalten der Studierenden“ weniger stark bewertet, ebenso sinken „gelangweilt“ und „uninteressiert“ in Bezug auf das eigene Lernverhalten.

Ein Vergleich der persönlichen Einstellung und des eigenen Lernverhaltens zwischen Vorlesung und aktiver Form zeigt hier:

- „2Teilchen“ wird tendenziell höher bewertet als „V2Quanten“,
- „2Teilchen“ tendenziell höher als „V3Teilchen“,
- „3Quanten“ meist *nicht* höher „V2Quanten“,
- „3Quanten“ vergleichbar mit „V3Teilchen“.

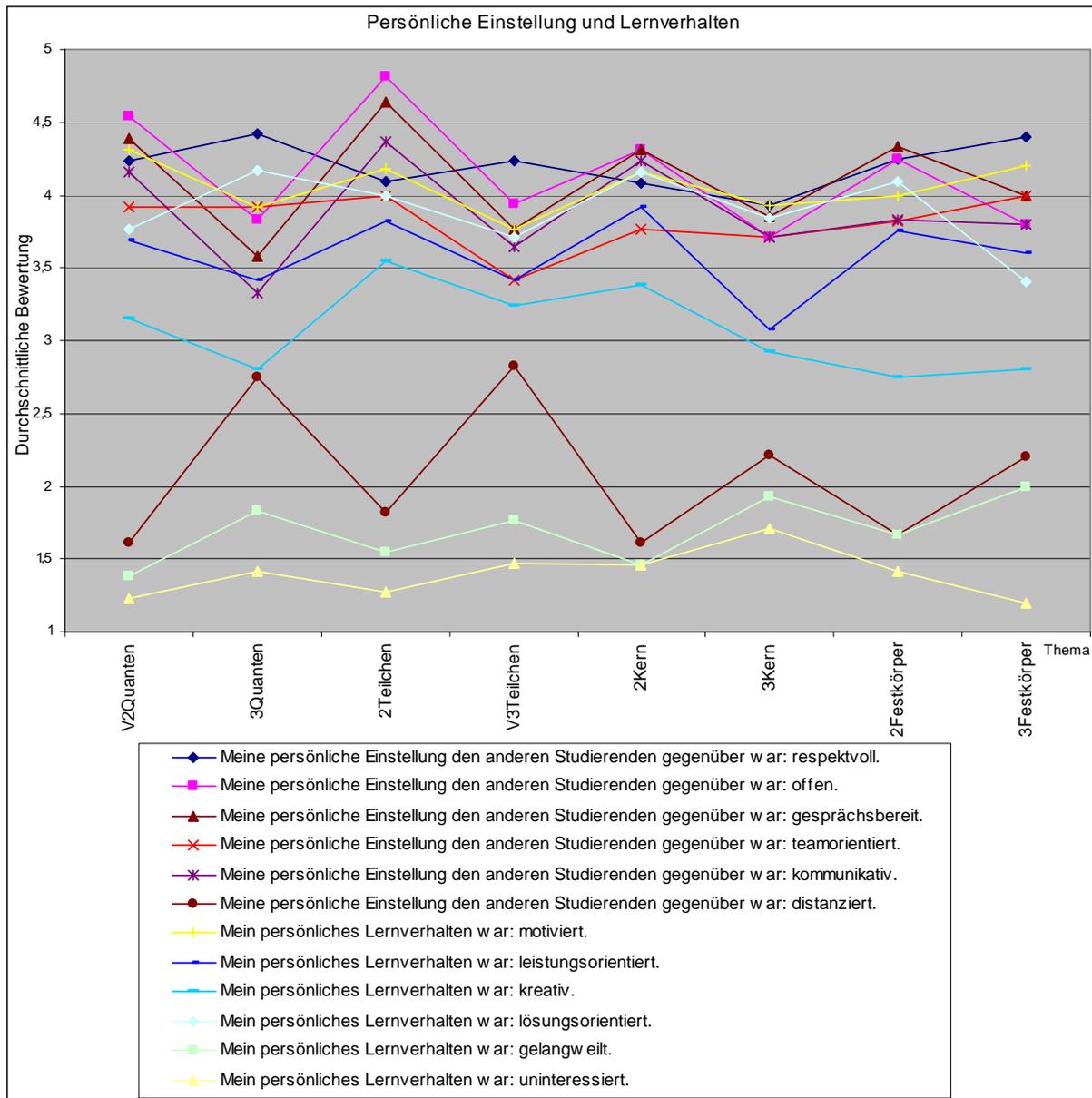


Abbildung 4.24: Formative Evaluation – Persönliche Einstellung und Lernverhalten

Inwieweit sich die Bewertung von dem jeweiligen Themenabschnitt im Vorlesungsstil hin zu dem jeweiligen Themenabschnitt des Lehr-Lern-System steigert, zeigt die folgende Graphik (Abbildung 4.25). Die Werte zeigen, dass sich die persönliche Einstellung den anderen Studierenden gegenüber verbessert und das persönliche Lernverhalten gesteigert hat.

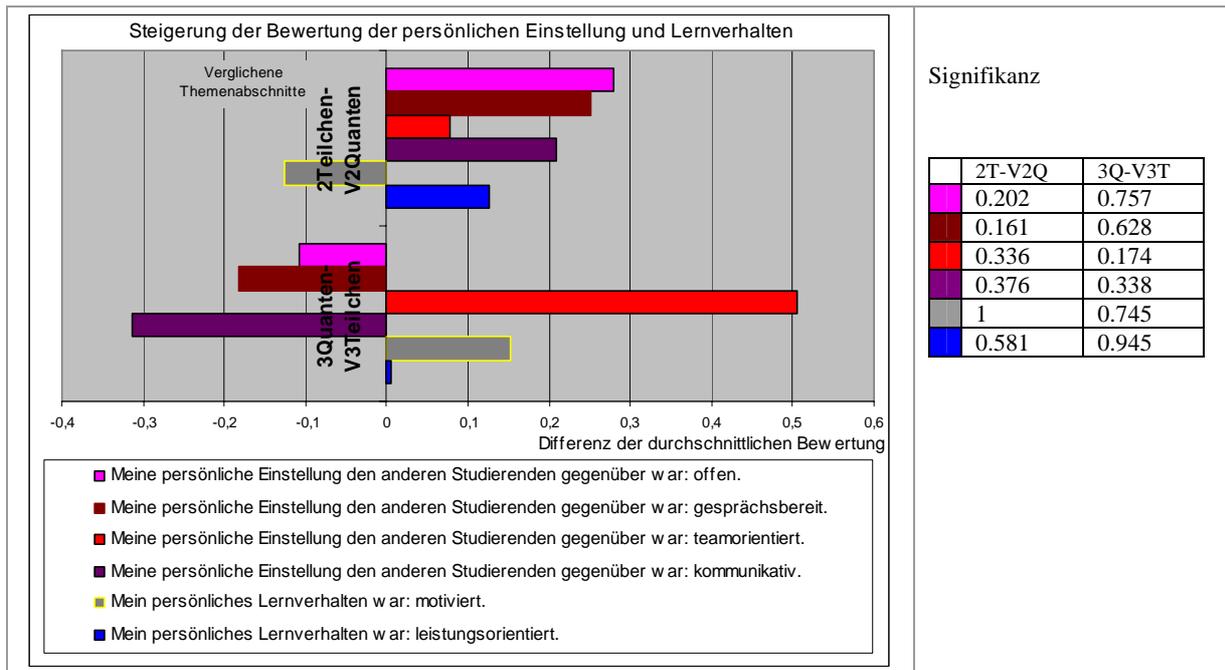


Abbildung 4.25: Formative Evaluation – Steigerung der Bewertung der persönlichen Einstellung und Lernverhalten

Dass sich keine signifikante Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems bezüglich der persönlichen Einstellung und des persönlichen Lernverhaltens ergibt, deutet wieder auf die gute Qualität der Vorlesung hin.

⇒ Ergebnis: In der Vorlesung schätzen die Studierenden ihre persönliche Einstellung den anderen Studierenden gegenüber positiv ein.

Vergleich mit traditioneller Vorlesung – Lernerfolg

Die Studierenden bewerten den „Lernerfolg in der aktiven Veranstaltung höher als im Vergleich zur herkömmlichen Vorlesungsform“ sowie „das Arbeiten in der aktiven Veranstaltung als effektiver“. Die Steigerung im Vergleich zum ersten Entwicklungszyklus ist erkennbar (Abbildung 4.26).

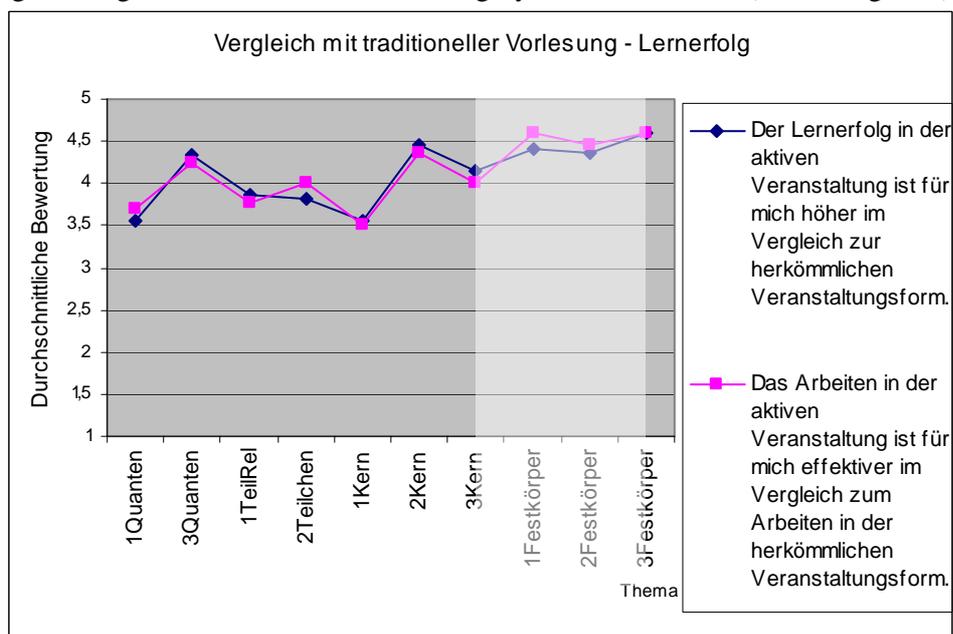


Abbildung 4.26: Formative Evaluation – Vergleich mit traditioneller Vorlesung - Lernerfolg

⇒ Ergebnis: Hier wird durch die Einschätzung der Studierenden das Ziel des Projektes sehr deutlich bestätigt, dass ein effektiveres Lernen mit dem Lehr-Lern-System möglich ist.

Vergleich mit traditioneller Vorlesung – Atmosphäre (2. und 3. Jahr)

Die Studierenden bestätigen eine „Verbesserung der Lernatmosphäre“, außerdem eine „Verbesserung der Atmosphäre innerhalb der Gruppe“, wobei die Teilnehmer des 3. Jahres hier verhaltener zustimmen als die Teilnehmer des 2. Jahres (Abbildung 4.27).

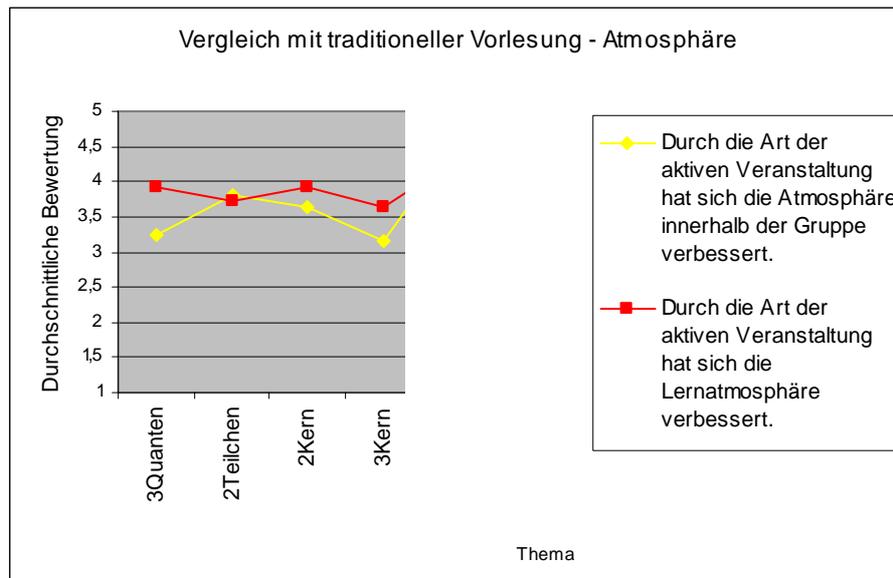


Abbildung 4.27: Formative Evaluation – Vergleich mit traditioneller Vorlesung - Atmosphäre

⇒ Ergebnis: Nach Ansicht der Studierenden hat sich die Lernatmosphäre durch das Lehr-Lern-System deutlich verbessert.

Beurteilung der Übung (Vorlesungsphase)

Eine mittlere bis zustimmende Bewertung erfahren in der Vorlesungsphase die Aussagen bezüglich der Übung: Die Studierenden befassen sich mit den Unterlagen nur zwecks der Bearbeitung der Übungsaufgaben, die Form der Präsenzübung habe ihnen gefallen, bedeute Zeitersparnis und beugt der Gefahr vor, dass sich die Studierenden ohne Präsenzübungen nicht mit den Übungsaufgaben beschäftigen könnten, die Atmosphäre und die Einstellung zu den anderen Studierenden habe sich verbessert (Abbildung 4.28). In der Vorlesung zur Quantenphysik wurden durch die Dozentin die interaktiven Bildschirmexperimente mit dem Beamer vorgeführt, die Studierenden bewerteten nur mit mittlerer Zustimmung, dass sie gerne selbst mit Multimedia-Experimenten gearbeitet hätten.

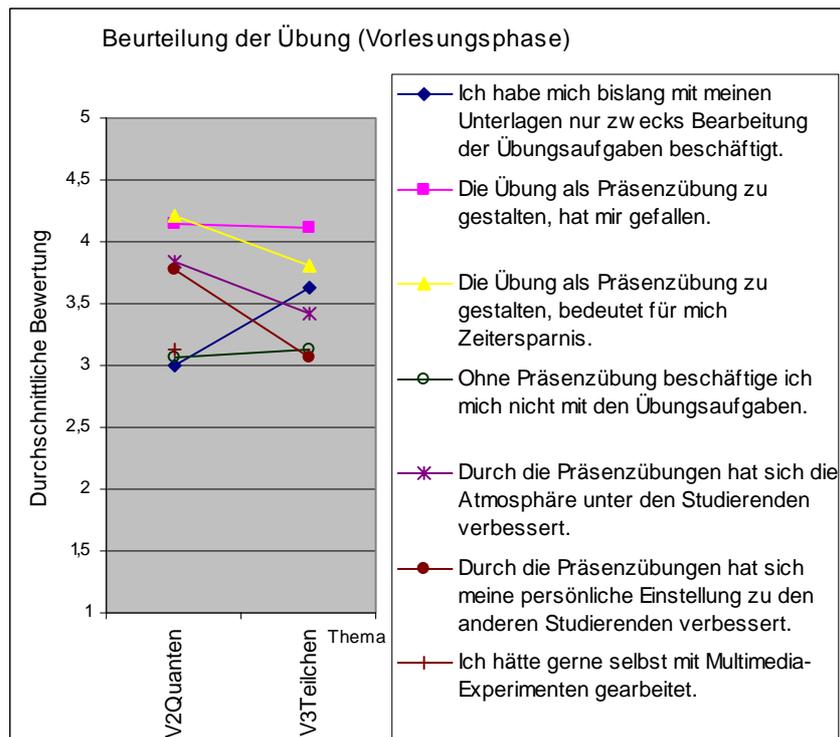


Abbildung 4.28: Formative Evaluation – Beurteilung der Übung (Vorlesungsphase)

⇒ Ergebnis: Die Präsenzübungen trugen sehr positiv zu der Gestaltung der Vorlesung bei.

Beurteilung der Vorlesungsphase in der Physik der Materie

Aus der Bewertung der Vorlesungsphase lässt sich festhalten, dass die Vorlesungsphase der Physik der Materie nicht als typische Vorlesung beurteilt wird, in einer typischen Vorlesung während der Vorlesungszeit wenig aktiver Wissenserwerb stattfindet (Teilnehmer des dritten Jahres bewerten hier entgegen der Aussagen in der Interviewstudie lediglich mit mittlerer Zustimmung), und dass das Lernen des Stoffs bis zur Prüfung aufgeschoben wird (Abbildung 4.29). Die Übungsaufgaben dienen als Ansporn, sich mit dem Stoff zu befassen, sie sollten auf die Vorlesung abgestimmt sein. Regelmäßige Nachbearbeitung wird als notwendig empfunden, das eigentliche Aufnehmen des behandelten Stoffs müsse in der Nachbearbeitung stattfinden. Die Studierenden bewerten die Aussage, dass die Vorlesungsskripte nicht zum Lernen geeignet seien, mit mittlerer Zustimmung bzw. leicht ablehnend (Teilnehmer des dritten Jahres), was im Widerspruch zu den Interviewaussagen steht, auch geben die Teilnehmer des dritten Jahres an, sie lernen aus ihren Skripten. Es zeigt sich auch die Tendenz, dass in Vorlesungen ein Roter Faden erkannt wird, man der Vorlesung folgen könne, allerdings oft verleitet sei, nicht mehr mitzudenken. Außerdem werde die Aktivität außerhalb einer Vorlesung, für die kein Schein benötigt wird, vernachlässigt. Diese letzteren Aussagen entsprechen der Interviewstudie.

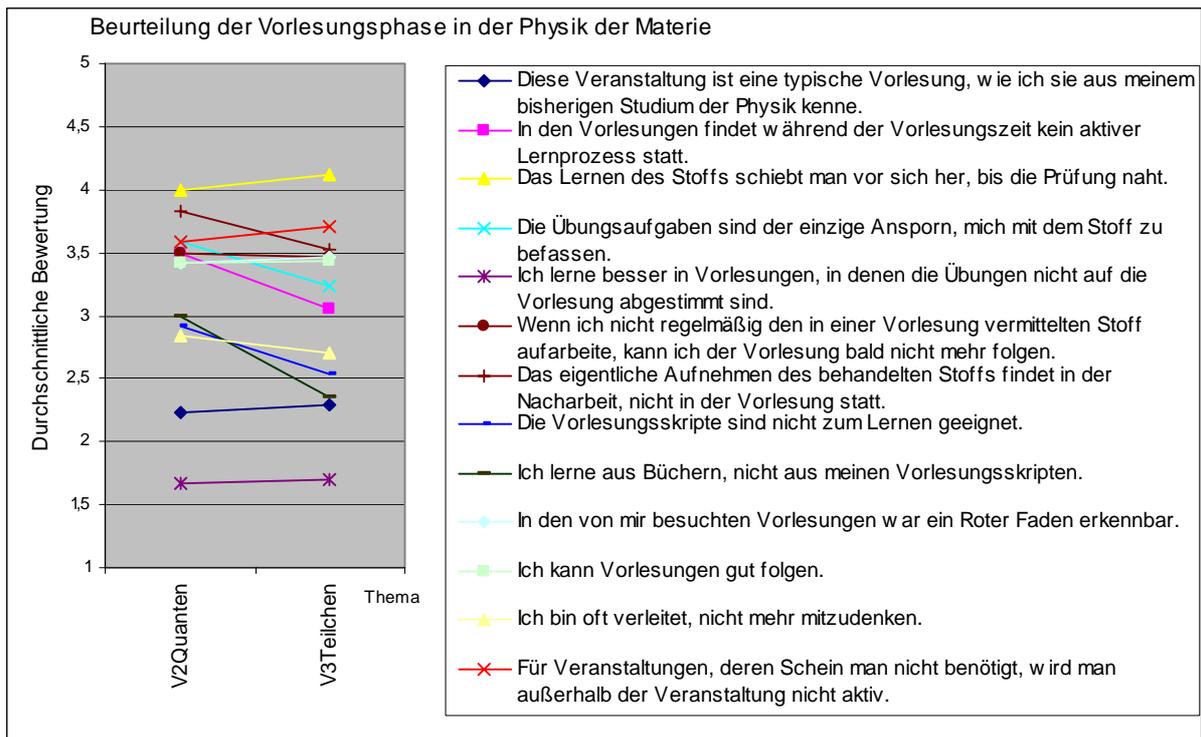


Abbildung 4.29: Formative Evaluation – Beurteilung der Vorlesungsphase in der Physik der Materie

⇒ Ergebnis: Die Vorlesung der „Physik der Materie“ wird nicht als typische Vorlesung empfunden. Den Studierenden ist bewusst, dass das eigentliche Lernen außerhalb der Vorlesung stattfinden muss. Trotzdem schieben die Studierenden das Lernen bis zur Prüfung auf. Die Studierenden tendieren dazu, keine Nachbearbeitungszeit für Veranstaltungen aufzubringen, für die kein Leistungsnachweis erforderlich ist.

Zusammenfassung

Die Evaluation der einzelnen Themenabschnitte zeigt

- die gute Qualität der Materialien, die in dem Lehr-Lern-System eingesetzt werden,
- die gelungene Einbindung dieser Materialien,
- die Umsetzung der Rolle des Dozenten als Tutor,
- die hohe Akzeptanz des Lehr-Lern-Systems durch die Studierenden bezüglich
 - der Arbeit mit den Materialien und dem Web-Kurs,
 - der positiv empfundenen Arbeitsumgebung, Arbeitshaltung und besonders der Atmosphäre.

Eine Steigerung der Qualität des Lehr-Lern-Systems zu erkennen.

Die benötigte Studierzeit beschränkt sich weitgehend auf die Präsenzveranstaltung.

Als weiteres Ergebnis lässt sich aus dieser Untersuchung festhalten, dass die Gestaltung der Vorlesungsabschnitte sehr gelungen war. Dies wird in den obigen Darstellungen in Form von Balkendiagrammen sichtbar, in denen die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „2Teilchen – V2Quanten“ bzw. für das dritte Jahr die Differenz der durchschnittlichen Bewertung von „3Quanten – V3Teilchen“ aufgetragen ist: Es ist jeweils lediglich eine Tendenz zur besseren Bewertung zu verzeichnen in den Bereichen

- Aktivität,
- Atmosphäre,
- Lernverhalten.

Dies spiegelt die hohe Zufriedenheit der Studierenden in den Vorlesungsabschnitten wieder. Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung. Dies bedeutet, dass die Bewertung der Vorlesung sehr gut ausfällt. Außerdem ist die Statistik aufgrund der gegebenen geringen Größe der an der Evaluation teilnehmenden Gruppe gering. Um die Unterschiede zwischen dem jeweiligen Vorlesungsabschnitt und dem Abschnitt mit dem Lehr-Lern-System trotzdem zu untersuchen, wurde die Interviewstudie durchgeführt, deren Ergebnisse im Kapitel „4.3.1 Hauptuntersuchung - Interviewstudie“ dargestellt sind.

Es sei an dieser Stelle betont, dass durch die Gestaltung der Themenabschnitte „V2Quanten“ und „V3Teilchen“ als Vorlesung hier und im folgenden Kapitel gezeigt wird, dass die Realisierung einer als für die Studierenden als positiv empfundenen Lehrveranstaltung auch im Rahmen einer Vorlesung möglich erscheint. Allerdings waren die Randbedingungen sehr günstig, so die geringe Teilnehmerzahl an der Veranstaltung.

Der gemessene Lernerfolg jedoch, wie sich in Kapitel „4.3.3 Ergebnisse der Wissenstests“ zeigt, profitiert im Vergleich mit dem Einsatz des Lehr-Lern-Systems nur ungenügend von dieser positiven Gestaltung der Vorlesungsmethode.

4.3 : Ergebnisse der Vergleichsuntersuchung

Die Hauptuntersuchung beinhaltet den Vergleich zwischen dem neuen Lehr-Lern-System und einer Vorlesung. Realisiert wurden die beiden Lehrmethoden in der Lehrveranstaltung „Physik der Materie“.

Im Anhang finden sich die Untersuchungsinstrumente:

- Das Interviewschema zur Vergleichsstudie (Anhang 3),
- der Fragebogen zur Beurteilung einer traditionellen Vorlesung (Anhang 6),
- der Fragebogen zur Beurteilung des Lehr-Lern-Systems der „Physik der Materie“ (Anhang 7).

Die Ergebnisse, die hier vorgestellt werden, sind

- **4.3.1 Ergebnisse der Interviewstudie** der Teilnehmer des zweiten Jahres (SS04 und WS0405) und des dritten Jahres (SS05 und WS0506), teils ergänzt durch sich deckende Aussagen der Interviewstudie mit den Teilnehmern des ersten Jahres bezüglich der Erprobung des „Prototyps“ des Lehr-Lern-Systems (SS03 und WS0304), mit der Unterstruktur
 - Ergebnisse zur Beurteilung einer traditionellen Vorlesung*
 - Ergebnisse zur Beurteilung des Vorlesungsteils der „Physik der Materie“
 - Ergebnisse zur Beurteilung des Lehr-Lern-Systems der „Physik der Materie“
- **4.3.2. Ergebnisse der Fragebögen** der Vergleichsstudie zwischen der traditionellen Vorlesung und der aktiven Form der „Physik der Materie“ mit der Unterstruktur
 - Ergebnisse des Evaluierungsbogens zur Beurteilung einer traditionellen Vorlesung
 - Ergebnisse des Evaluierungsbogens zur Beurteilung der aktiven Form der Physik der Materie.
- **4.3.3. Ergebnisse der Wissenstests**

In den folgenden Kapiteln wird die in Interviews und Fragebögen gegenüber den Studierenden verwendete Bezeichnung „aktive Form“ der Veranstaltung als Synonym für den Einsatz des Lehr-Lern-Systems verwendet.

4.3.1 : Ergebnisse der Interviewstudie

Ein Unterschied der innerhalb der Vergleichsuntersuchung durchgeführten Vorlesung zu den üblichen traditionellen Vorlesungen ist die Einbindung der Übungen als Präsenzübungen, genauso wie oben beschrieben, in der aktiven Form. Diese Gestaltungsmaßnahme wurde gewählt, um zu gewährleisten, dass die Studierenden alle Übungsaufgaben bearbeiten, unabhängig von dem Themengebiet und der Veranstaltungsform, um für die Durchführung der Wissenstests ein vergleichbares Übungspensum voraussetzen zu können.

Die Durchführung der Übungen als Präsenzübungen wirkte sich auch in der Vorlesungsphase der „Physik der Materie“ auf den Lernerfolg sowie auf die Atmosphäre aus.

Folgende Probandenzahlen gehen in die Ergebnisse der Interviewstudie ein:

- Die Teilnehmerzahl der Interviewstudie für die Erprobung des Prototyps beträgt 8.
- Nach dem SS04, das in die Vergleichsuntersuchung einbezogen wird, wurden 11 Teilnehmer interviewt.
- Nach dem WS04/05 wurden 6 Studierende interviewt.
- Nach dem SS05 wurden 12 Studierende bezüglich der Vergleichsuntersuchung interviewt.

Der Hauptunterschied der Interviewschemas besteht darin, dass die Studierenden, die nicht an den beiden zur Vergleichsuntersuchung beitragenden Sommersemester teilgenommen hatten, nicht zu dem Vorlesungsstil der „Physik der Materie“ befragt werden konnten. Diese Studierenden hatten nur am

* im Sinne einer beliebigen Vorlesung, nicht der Vorlesungsteil der „Physik der Materie“

jeweiligen Wintersemester teilgenommen. Gründe hierfür liegen darin, dass entweder nur wahlweise eines der beiden Semester für die Anerkennung des Nebenfachs verlangt war oder dass eines der beiden Semester der „Physik der Materie“ bereits zu einem früheren Zeitpunkt vor Einführung des Lehr-Lern-Systems besucht worden war.

Da die Zahl der Aussagen als Absolutwerte, nicht als Anteile, dargestellt werden, wurden die Ergebnisse aller Interviewteilnehmer in gemeinsamen Diagrammen dargestellt und auf eine Unterscheidung zwischen Teilnehmern des Vorlesungsanteils und den anderen verzichtet.

In der Interviewstudie innerhalb der Vergleichsuntersuchung der beiden teilnehmenden Jahrgänge SS04 mit WS04/05 und SS05 mit WS05/06 wurden folgende Gebiete erfragt:

- a) Beurteilung einer traditionellen Vorlesung,
- b) Beurteilung des ersten Teils der Materie, der im Vorlesungsstil gehalten wurde,
- c) Beurteilung des Lehr-Lern-Systems.

a) Beurteilung einer traditionellen Vorlesung

In der Interviewstudie zum Vergleich einer traditionellen Vorlesung mit der aktiven Form der „Physik der Materie“ wurden die Studierenden zunächst aufgefordert, positive und negative Aspekte der traditionellen Vorlesungsform zu nennen.

Weiterhin sollten sie sich äußern zu

- Lernerfolg
- Nachbearbeitungszeit
- Atmosphäre
- Tempo.

Bei den meisten Interviews werden auf die Frage nach positiven und negativen Aspekten einer traditionellen Vorlesung zunächst die negativen Aspekte aufgezählt.

Positiv wird innerhalb der Vorlesung oft die *Passivität* empfunden, die jedoch in Anbetracht des Lernerfolges gleichzeitig als negativ bewertet wird. Der geringe Lernerfolg und die notwendige Nachbearbeitungszeit, ebenso die Hemmungen, Fragen zu stellen, werden hauptsächlich als negative Merkmale genannt. Obgleich die Nachbearbeitungszeit für den Lernerfolg als notwendig erachtet wird, wird das Lernen bis zur Prüfung aufgeschoben, anstatt die regelmäßige Nachbearbeitungszeit zu investieren.

Die Atmosphäre in der Vorlesung wird oft beschrieben mit „einschläfernd“, „sich berieseln lassen“ beziehungsweise „abschalten“, und mit der Passivität wurde sich abgefunden. Die unter den Studenten herrschende Atmosphäre sei „anonym“ oder man sei „allein“, „distanziert“, „unkommunikativ“, ohne Diskussionen physikalischer Natur untereinander, Ablenkung von der Vorlesung durch die Mitstudenten tritt auf. Zwischen Dozent und Studenten herrsche eine Distanz. Das Verständnis von Seiten des Dozenten gegenüber den Studenten wird gefordert.

Interview-Frage: Stellen Sie sich eine **typische Vorlesung** aus Mathe/Physik vor. Welche Aspekte einer Vorlesung finden Sie positiv, welche negativ?

Positive Aspekte einer traditionellen Vorlesung

In dem folgenden Diagramm (Abbildung 4.30) sind die positiven Aspekte aufgeführt, die in der Interviewstudie genannt wurden.

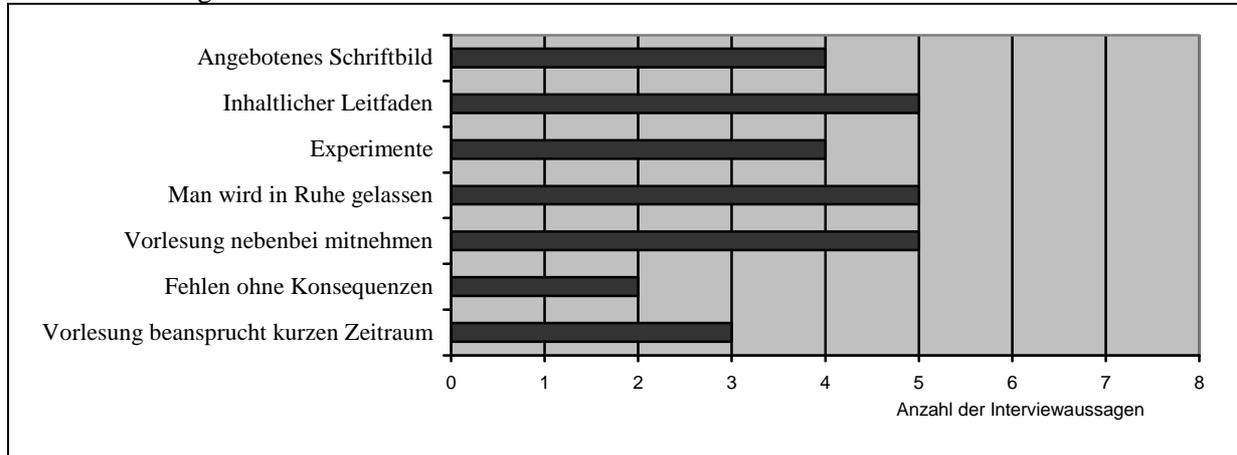


Abbildung 4.30: Interviewstudie – Positive Aspekte einer traditionellen Vorlesung

Negative Aspekte einer traditionellen Vorlesung

Aufgrund der Interviewstudie lässt sich festhalten, dass sich aus Sicht der Studierenden in einer typischen traditionellen Vorlesung der Lernerfolg nicht in der Veranstaltungszeit einstellt, eine Nachbearbeitung der besuchten Vorlesung wird als dringend notwendig erachtet aber auf einen späteren Zeitpunkt verschoben, es herrschen Hemmungen, in der Vorlesung Fragen zu stellen und keinerlei realistische Interaktionsmöglichkeit für die Studierenden (Abbildung 4.31).

Typische Beispielantworten

- Und Vorteile einer herkömmlichen Vorlesung ... fallen mir jetzt keine ein.
negativ: kein Lerneffekt in der Veranstaltung:
- Das Negative ist, dass man sich doch nur reinsetzt und dann zuhört
- einerseits positiv, andererseits negativ, das Nichtstun, also man schreibt nur mit und muss aber nicht soweit mitdenken, manchmal ist es ganz gut, dann kann man sich gemütlich reinhocken und hat da seine Ruhe, schreibt was mit, aber andererseits man lernt eigentlich nicht, wenig, weil man eigentlich oft nur mit Mitschreiben beschäftigt ist.
- Also negativ finde ich, dass man praktisch erst nur mal mitschreibt. Dass man also, der erzählt was, man schreibt mit, und kann das ganze noch nicht so verinnerlichen. ... Also während der Veranstaltung ist er eigentlich fast gleich null. Weil man halt eben sehr viel mitschreiben muss. }
- Und ja, also ich hab dann immer so den Eindruck oder überleg mir da so, ja, was bringt das jetzt eigentlich. Wozu bin ich jetzt eigentlich da.
- da hängt man halt drin ab, nimmt wenig mit
- Also mir geht's halt meistens so, so ist's mir ganz oft im Studium so gegangen, dass ich einfach eingeschlafen bin. Also ganz oft, dass ich einfach nur dasaß und nicht mitgeschrieben hab, wenn man nicht mitschreibt schläft man ein, wenn da vorne monoton geredet wird.
- Man sitzt drin, hört nur zu und wenn der Dozent schlecht ist oder aus irgendwelchen Gründen nicht so das Interesse weckt, dann dämmert man vor sich hin und sitzt die Zeit ab praktisch.

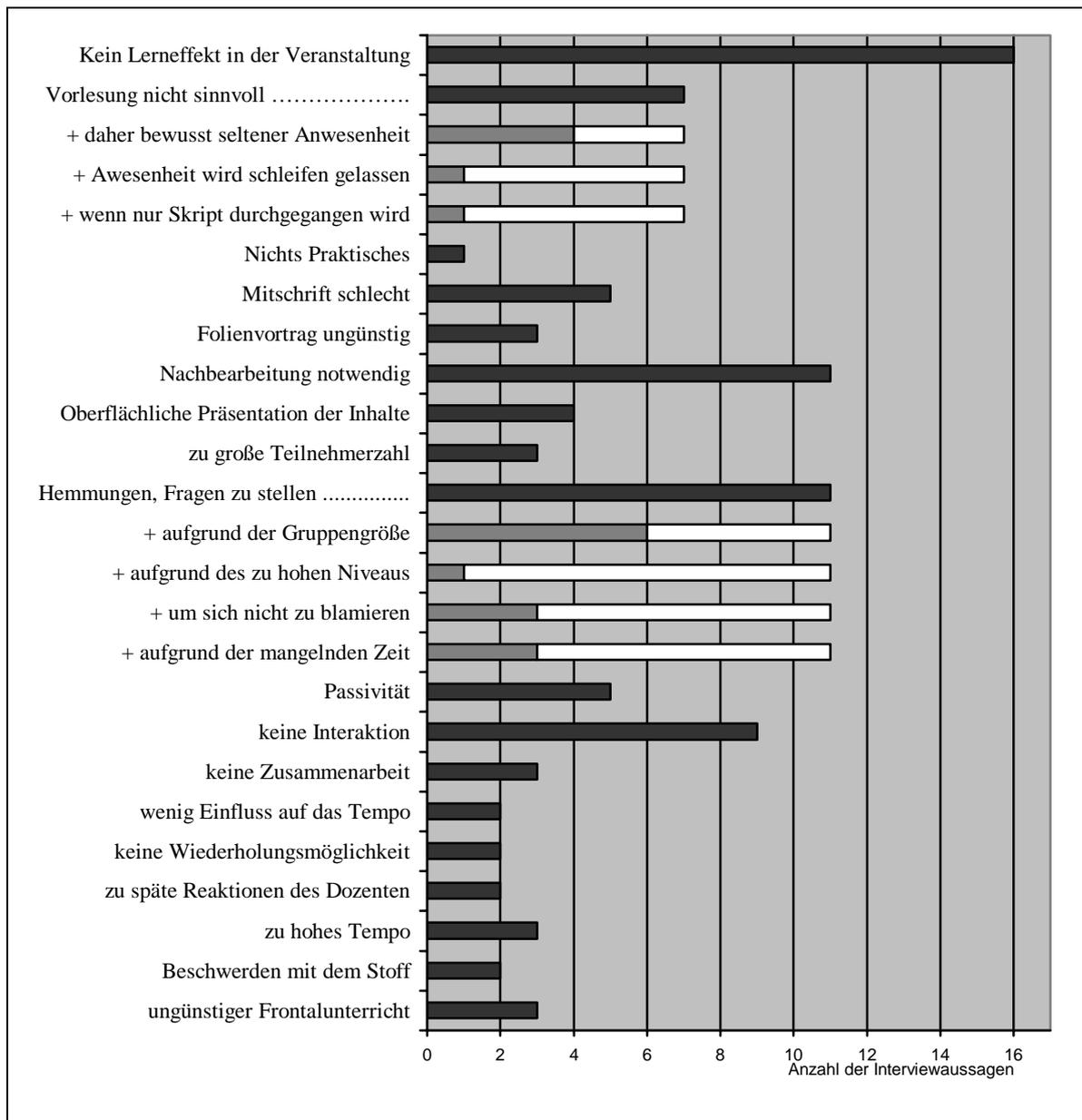


Abbildung 4.31: Interviewstudie – Negative Aspekte einer traditionellen Vorlesung

Weitere typische Beispielantworten

Vorlesung nicht sinnvoll, daher bewusst seltene Anwesenheit:

- Da war ich nie da. Ich hab keine Vorlesung gemacht, nie. Weil ich aus Büchern schneller lerne als mich da reinzuhocken und einzuschlafen. ... ich bin ja der Meinung in ner normalen Veranstaltung lernt man gar nicht, ich bin der festen Überzeugung, eine normale Vorlesung ist völlig für die Katz.
- da gehe ich schon kaum noch in Vorlesungen, wobei glaub ich zwei Dozenten, wo ich weiß, dass die gut vorlesen können, da gehe ich noch hin und die anderen erspar ich mir schon. ... dann quäle ich mich dann meistens trotzdem hin

In Vorlesung Mitschrift schlecht:

- dann ist negativ, dass dann oft so wie ichs erlebt hab, es ein katastrophales Tafelbild ist, dass man halt irgendwie es sowieso nicht schafft, was mitzuschreiben, dass wenn ich was mitschreibe, dass ich dann mit meinen Unterlagen meist sowieso nichts anfangen kann zum Lernen, dass ichs mir dann eigentlich eh sparen kann, das ist negativ.

Hemmungen, Fragen zu stellen:

- bei einer klassischen Vorlesung, wo dann immer irgendwo so ne Barriere des Schweigens da ist, so dass man eben keine Fragen stellt.
- Und man wusste auch gar nicht so recht, was für Fragen man stellen sollte, weil es eben so abgehoben war
- dann hat man schon eben erst einmal die Hemmung, dass man eben vor den Leuten eine Frage stellt und dann eben auch nachher dann kommt, überlegt, ist die Frage jetzt auch wirklich gerechtfertigt, ist die nicht

zu blöd oder hat der Dozent das eventuell vorher schon erklärt und du fragst jetzt praktisch irgendwie noch einmal nach

- erstens kommt man nicht dazu, weil keine Zeit gegeben wird und zweitens ist es einfach auch zu groß, da würde ich nie eine Frage stellen.
- Fragen zu stellen ist eigentlich auch nicht erwünscht, damit man halt schnell weiterkommt im Stoff

Keine Interaktion:

- Generell kann ich halt schlecht eingreifen in die ganze Sache, das läuft fast wie ein Film ab kann man sagen.
- Negativ ist natürlich genau das Gegenteil, dass man kaum irgendwie eingreifen kann in das Geschehen, also speziell auf irgend etwas Spezielles hinweisen oder so etwas. Man kann natürlich sein Kommentar los lassen, aber das wird dann ..., ja höchstens kurz besprochen, aber das findet nicht wirklich Eingang in die Vorlesung.

Positive und negative Aspekte in Abhängigkeit des Dozenten

Fünf Studierende wiesen darauf hin, dass die positiven und negativen Aspekte einer traditionellen Vorlesung stark von dem leitenden Dozenten abhängen (Abbildung 4.32).

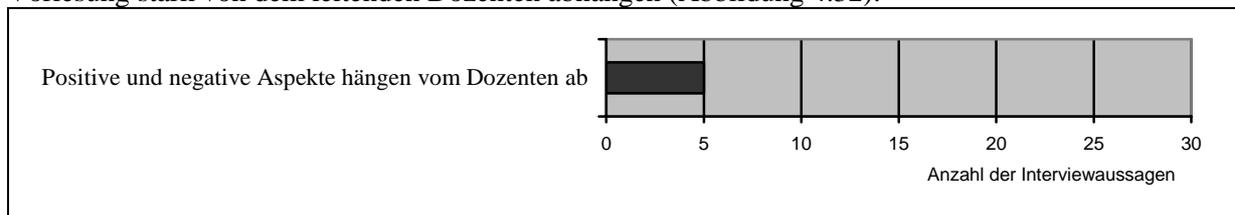


Abbildung 4.32: Interviewstudie – Positive und negative Aspekte einer traditionellen Vorlesung in Abhängigkeit des Dozenten

Typische Beispielantworten

Positive und negative Aspekte hängen vom Dozenten ab:

- in Details verquatschen, ihre Studenten nicht anschauen, Reden mit Wand, nicht sehr motivierend.- In so einer Situation kriegt man erheblich mehr mit, wenn man selber liest.
- Es kommt natürlich sehr stark auf den Dozenten drauf an. Wenn ich einen Dozenten habe, der in erster Linie darauf bedacht ist, seinen Stoff durchzubringen, der sich einfach hinstellt und seinen Stoff an die Tafel schreibt, dem der Student eigentlich nicht das Wichtigste ist, das ist negativ.
- wenn natürlich der Prof eine Folie nach der anderen aufschmeißt, ist das natürlich wirklich Schwachsinn.
- da haben wir einen Dozenten, ... da kann ich immer nicht hingehen, weil ich nach einer Viertelstunde nicht mehr mitdenke.

Lernerfolg in der traditionellen Vorlesung

Der Lernerfolg in einer traditionellen Vorlesung wird als gering angesehen, dies wird unter anderem zurückgeführt auf die eigene Passivität und die mangelnde Zeit zum Mitdenken (Abbildung 4.33). Außerdem hänge der Lernerfolg von der Gestaltung durch den Dozenten ab.

Interview-Frage: Wie beurteilen Sie den Lernerfolg in der Vorlesung?

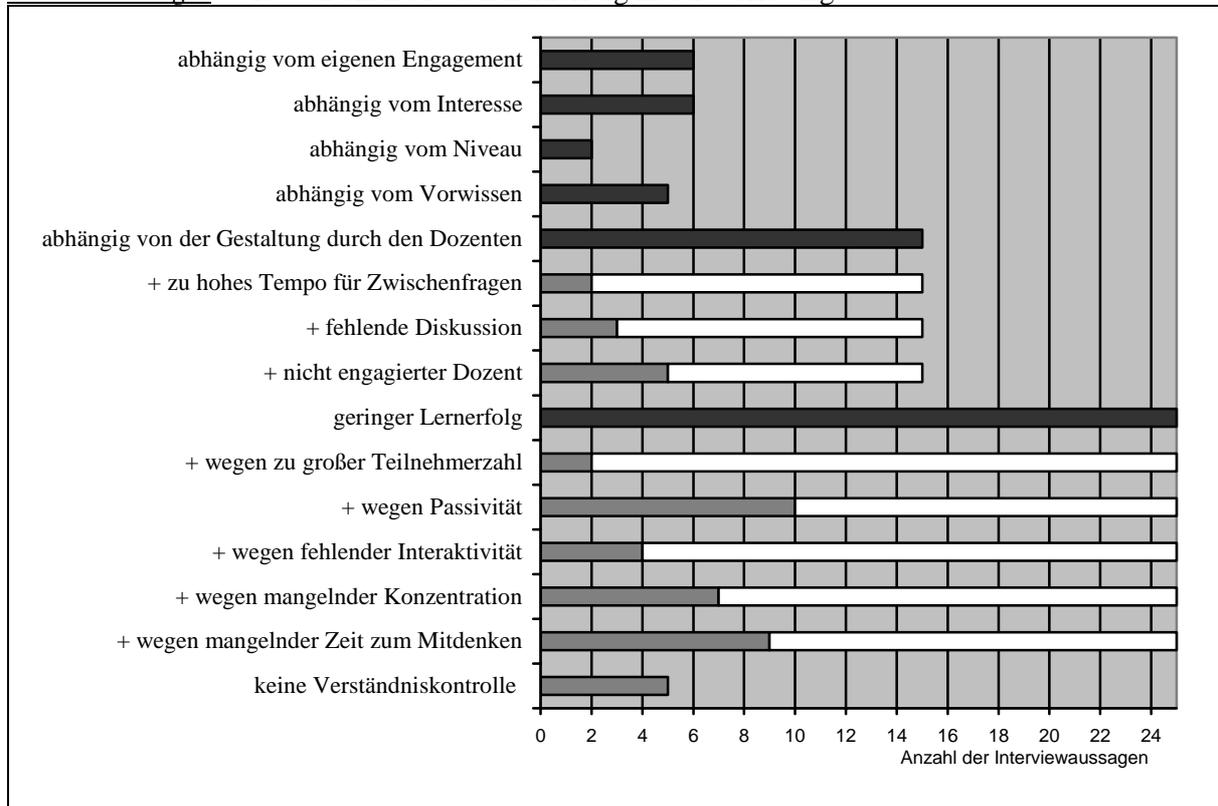


Abbildung 4.33: Interviewstudie – Lernerfolg in der traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

abhängig von der Gestaltung durch den Dozenten, nicht engagiert:

- welche die stehen da vorne und ziehen ihren Stoff durch und achten da nicht drauf, ob da irgendjemand mitkommt, das interessiert sie auch nicht.
- es liegt auch wahnsinnig oft an den Dozenten, dass einfach der Vortrag viel zu langweilig ist und dass sie einfach Ihre wissenschaftlichen Sätze da so ewig lang ausführen, wo einfach kein normaler Mensch mehr zuhören kann.
- wenn vorne jemand steht und ich schaue die ganze Zeit aus dem Fenster, das interessiert den nicht.

geringer Lernerfolg in traditioneller Vorlesung:

- Ja null, deswegen geh ich ja nicht hin. ... Dieses stupide Zuhören, da kann mir keiner erzählen, dass man da irgendwas aufnehmen kann.

geringer Lernerfolg wegen mangelnder Konzentration:

- das, was ich höre in der Vorlesung, das geht bis zu einem gewissen Punkt und dann schwirre ich irgendwo ab.
- das Problem ist, dass man dann auf die Dauer schnell abschaltet
- so in der normalen Vorlesung, dass man eher so ein bisschen nur vor sich hindämmert, weil es ist einfach einschläfernd, wenn einer nur vorne redet und man bemüht sich vielleicht wirklich konzentriert zu sein und mitzuschreiben, aber irgendwann, nach einer Stunde oder so geht's halt einfach nicht mehr, deswegen lernt man in Vorlesungen viel weniger, finde ich.
- Also ich kenne keinen, der es schafft, eineinhalb Stunden komplett auf zu passen und alles auf zu nehmen. Ich glaube sowie so, dass das statistisch erwiesen ist, dass irgendwie nur acht Minuten ein Schüler voll aufpassen kann oder so was

geringer Lernerfolg wegen mangelnder Zeit zum Mitdenken:

- die meisten Leute schreiben's ab, sind die meiste Zeit mit Mitschreiben beschäftigt, und aus. Wissen dann

- erst mal gar nichts.
- Ja Mitschreiben ist schon heftig, und oft ist es auch so, dass wenn ich jetzt acht DIN A 4 Seiten schreibe, dass ich dann keine Zeit habe zum Mitdenken.

Nachbereitung und Lernen außerhalb der Vorlesung

Anstatt die notwendige Nacharbeit regelmäßig zu investieren, werde das Lernen bis hin zur Prüfung aufgeschoben (Abbildung 4.34).

Interview-Frage: Wie groß war die Nachbearbeitungszeit außerhalb der Vorlesung?

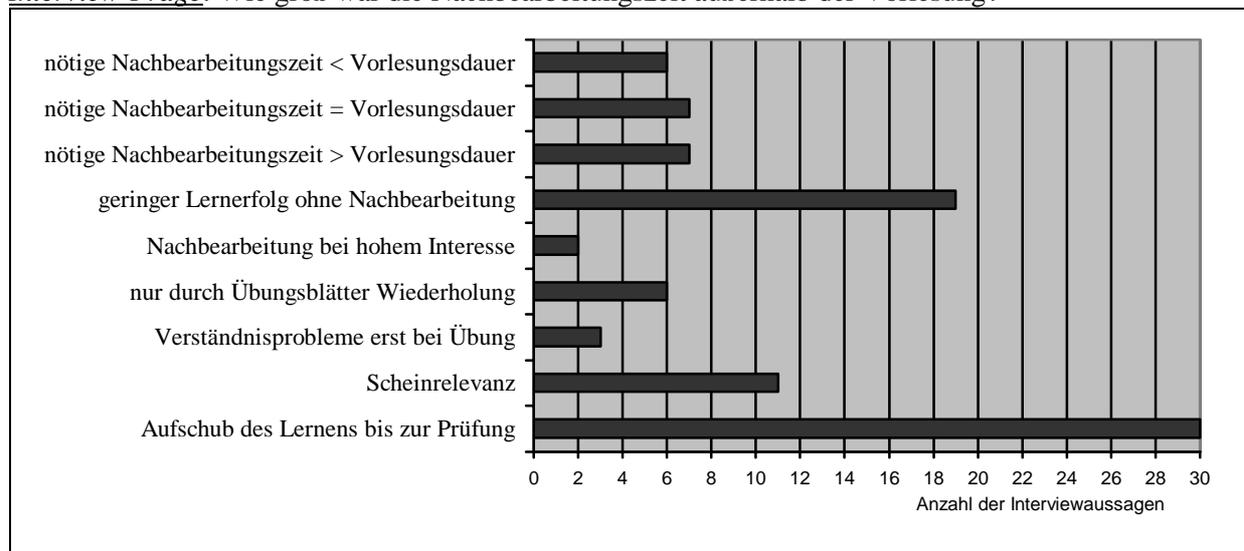


Abbildung 4.34: Interviewstudie – Nachbereitung und Lernen außerhalb der traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

geringer Lernerfolg ohne Nachbearbeitung:

- Ist nicht so groß. Man muss sich halt dann echt nach der Vorlesung noch mal damit beschäftigen, sonst nimmt man da nicht so viel mit.
- Fängt der mit was vollkommen Neuem an und steigt da gleich ganz krass ein: Böhmisches Dörfchen. Muss ich eh alles zu Hause machen - kann ich mir nur aufschreiben, was er gemacht hat und muss das eh zu Hause dann noch mal -
- Lernerfolg eigentlich fast nur in der Nachbearbeitungszeit. Selten in der Vorlesung.
- In manchen Vorlesungen ist es halt für die Katz finde ich, da nehme ich dann einfach nichts mit, es ist eine wahnsinnig große Nachbearbeitungszeit, bei manchen nimmt man wenigstens so die Basics mit, dann ist's halt geringer.
- Ja, der Lernerfolg stellt sich dann meistens erst zu Hause heraus, weil ich das alles nacharbeiten muss. In der Vorlesung selber ..., ja man hört zu, aber richtig lernen tut man dort nicht. Also ich nicht.

nur durch Übungsblätter Wiederholung:

- und das Problem bei Leuten wie mir ist halt dann dass es gegen Null geht, wenn da keine Übung da ist. Und ich glaub auch dass das bei der ganz überwiegenden Zahl von Leuten so ist.

Verständnisprobleme erst bei Übung:

- Ja, es kommt doch eben einiges, was man in einer normalen Vorlesung nicht so richtig verstanden hat oder falsch verstanden hat, in den Übungen merkt man dann, da hakts noch, und das hab ich falsch verstanden. Es gibt ja auch Sachen, auf die in der Vorlesung überhaupt nicht eingegangen worden ist.

nur durch Übungsblätter Wiederholung:

- Es kommt drauf an, ob ich den Schein brauche oder nicht. Wenn ich den Schein brauche, dann komme ich auch für die Vorlesung, auch wenn das manchmal ein gewisses Problem ist, oder auch um das Skript zu haben. Und wenn ich den Schein nicht brauche, dann ... ich muss halt Prioritäten setzen.

Aufschub des Lernens bis zur Prüfung:

- ansonsten habe ich das eher so aufgeschoben, dass ich dann vor der Endprüfung dann ...
- ich bin nicht der Typ, der sich wirklich nach der Vorlesung hinsetzt und das Woche für Woche nachbearbeitet, sondern normalerweise erst wenn's jetzt auf ne Klausur geht oder so was, bin ich eher der, der so im Block lernt.
- Meistens arbeitet man das dann doch eher nach, wenn ne Prüfung ansteht. Zwischen den Semestern oder

unter dem Semester kommt man ja doch kaum dazu. Da konsumiert man ja fast nur. Dann alles in einem, dann lernt man ja auf die Prüfung dann.

- Das Problem ist, ich müsste mich halt nach jeder Vorlesung hinsetzen und das lernen oder nachholen und wann macht man das? Kurz vor knapp vor der Klausur ein zwei Wochen. Und die lernt man dann aber auch komplett durch.
- ... und kurz vor der Klausur versucht man sich das dann irgendwie einzutrichern.
- Ist natürlich relativ, weil man bereitet es ja nicht sofort nach. Meistens ist es ja erst dann, wenn's an eine Klausur geht, oder wenn irgendwelche Prüfungen anstehen, dann fängt man richtig an zu lernen, zumindest ist es bei mir so, und da wird dann auf Teufel komm raus gepaukt,
- ich hab noch nie ne Vorlesung mitgelernt.
- Ja das ist das Problem, wirklich am Ball bleiben tut glaube ich kein Student. ((-: Das ist einfach, weil man so viel macht, ich hab einfach oft so viele Vorlesungen, dass ich s überhaupt nicht schaffe, wenn ich nach Hause komme noch irgendwas zu machen, weil es funktioniert einfach nicht. Von der Zeit her. ... Es ist halt einfach nicht mehr wie in der Schule, dass man nach jeder Stunde mal lernt und die nächste Stunde es wissen muss, das muss man halt nicht. Und deswegen sortiert man halt ganz automatisch aus. Deswegen ist das mit der Nachbearbeitungszeit eben schwierig. Weil man macht's einfach nicht. Wenn dann macht man's kurz vor der Klausur. Also wirklich dazwischen für eine Vorlesung hab ich glaube ich noch nie was gemacht. Muss ich ganz ehrlich sagen. .. aber dass ich mir wirklich ne Vorlesung, nachdem ich sie gehört habe, noch mal anschau kommt eigentlich nicht vor.
- im Hauptfach ist es halt so, dass wir die Vorlesung eigentlich gar nicht brauchen, wir müssen die Scheine nur so aus Übungen und Seminaren machen. Also da werde ich dann erst im Hauptdiplom die Rechnung bekommen, dass ich nicht so oft da war. Jetzt merke ich das noch nicht so.
- man hat nicht so im Bewusstsein, dass es vielleicht am Ende eine Prüfung gibt oder wo man das halt eigentlich alles kapiere muss

Atmosphäre

Die Atmosphäre in einer typischen traditionellen Vorlesung wird beschrieben mit „einschläfernd“, „sich berieseln lassen“, „abschalten“. Man habe sich mit der Passivität in der Vorlesung abgefunden (Abbildung 4.35).

Interview-Frage: Beschreiben Sie die Atmosphäre in der Vorlesung. Wie war die Arbeitsatmosphäre?

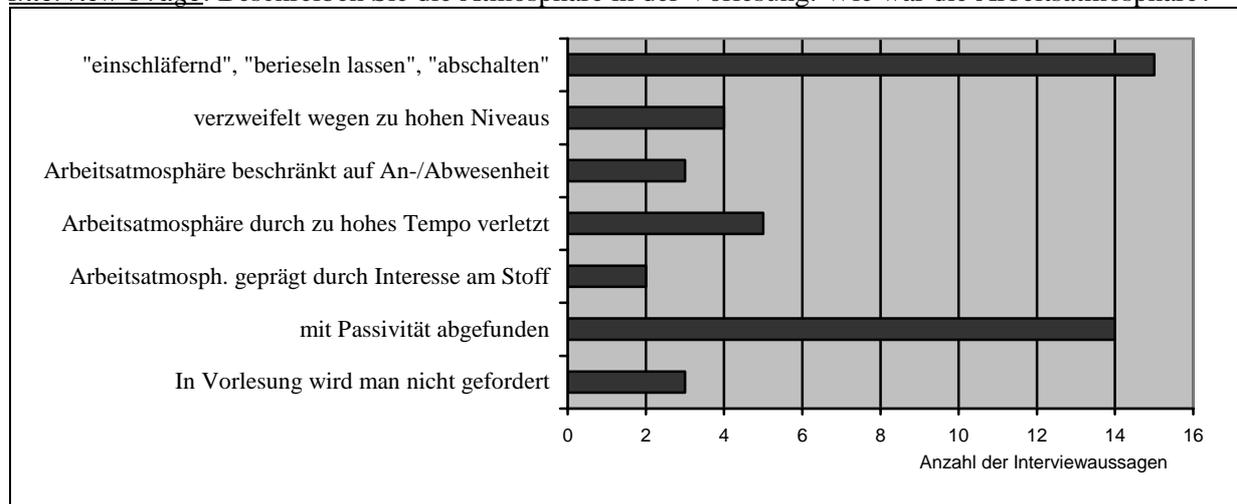


Abbildung 4.35: Interviewstudie – Atmosphäre in der traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

Atmosphäre einschläfernd, berieseln lassen, abschalten:

- Also wie gesagt, die klassische Physikvorlesung ist doch eher so, dass man drinhockt, und bekommt das präsentiert, es ist schon interessant, weil sonst hätte man das Fach nicht gewählt, aber - Atmosphäre eigentlich eher - - - also ich bin ehrlich: Einschläfernd (((-:
 - Naja, gut, man kann sich berieseln lassen.
 - ich persönlich kann mit der Vorlesung überhaupt nicht umgehen, ich schalte da immer sofort ab.
- Atmosphäre verzweifelt wegen zu hohen Niveaus :*

- viel zu schwierig und viel zu schnell und ... also da haben alle überhaupt nix kapiert. Einfach total für die Katz. Das Niveau war viel viel viel zu hoch.

mit Passivität abgefunden:

- die sitzen halt einfach die Zeit ab.
- Also dann sitzt man einfach drin, lässt sich berieseln, weil es ist so unpersönlich, dass es völlig wurscht ist.
- mir kommt es so vor, dass immer 80% so drinsitzen und warten, bis die Vorlesung vorbei ist.
- Man sitzt halt schon seine Zeit manchmal ab

In der Vorlesung wird man nicht gefordert:

- das Negative daran ist einfach, dass man zu wenig dazu gezwungen wird, selbst mit zu arbeiten.

Beziehung Student – Student

Die Atmosphäre zwischen den Studierenden wird beschrieben mit „allein“, „distanziert“, „unkommunikativ“ und „anonym“ (Abbildung 4.36). Weiterhin werden massive Störungen durch die Kommilitonen beklagt.

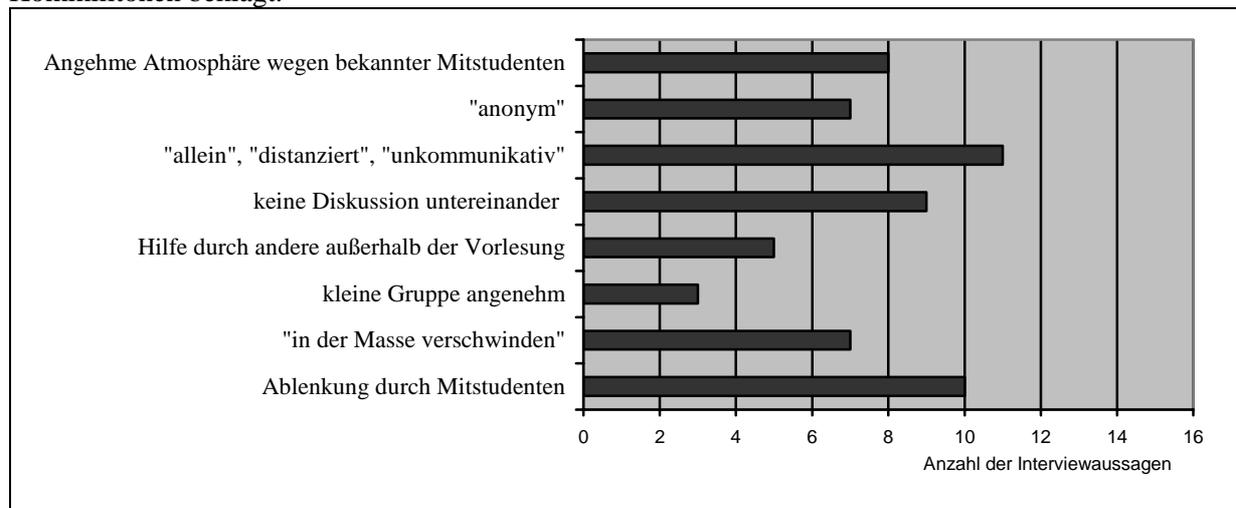


Abbildung 4.36: Interviewstudie – Beziehung Student - Student in der traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

angenehme Atmosphäre wegen bekannter Mitstudenten:

- „xy“ ist halt immer in der Physik dabei, und dann war es lustig, aber das ist dann meist auch nicht gut, weil dann passt man zu wenig auf
- Man hat immer irgendwelche Grüppchen im Studium mit Leuten, mit denen man mehr Kontakt hat und weniger und die sitzen dann auch dementsprechend zusammen und man hört zu oder auch nicht ☺

allein, distanziert, unkommunikativ:

- Jeder ist für sich und beschäftigt. Distanziert.
- Jeder sitzt für sich drin und das war's.
- distanziert ..., unkommunikativ, es ist ja letztlich auch Sinn und Zweck der Sache, dass man zuhört und jetzt halt nicht mit den anderen irgendwie redet oder kommuniziert

Keine Diskussion untereinander während der Vorlesung:

- Es sitzt halt jeder drin und schreibt mit und sonst paar unterhalten sich natürlich immer, aber sonst ist eher dass keine Diskussion zustande kommt. Es ist jetzt keine schlechte Atmosphäre, aber es passiert ja nichts unter den Studenten.
- Also in den Vorlesungen, die ich kenne, sitzen eigentlich alle nur drin und schreiben mit.

Hilfe durch andere außerhalb der Vorlesung:

- wenn man in so 'ner Lerngruppe oder so 'ner Gruppe drin ist die dieselben Dinge macht, kann es schon hilfreich sein, weil man einfach gegenseitig sich diese die Fragen, die man dem Professor nicht stellen kann, dort stellen kann.

In der Masse verschwinden:

- Das ist der große Physikhörsaal und wenn man da ne Frage stellt, da geht man dann sowieso unter.
- ...weil halt die Grundsituation des großen großen Hörsaals und vielen Studenten und dem überhaupt nicht auf einen persönlich eingehenden Professor da vorne, tendenziell demotivierend ist.
- wenn's so wie in EP1 EP2 oder 3 ist wo dieser riesen Physiksaal da gefüllt ist weil es ist einfach zu groß um zu animieren. ... Es ist wurscht, ob man da ist oder nicht da ist, man fällt nicht auf weiter. Aber es liegt auch

nicht nur an dem Dozenten, sondern oft auch an den Größen, also ich mein, wenn da 100 Leute drin sitzen, dann kann ich auch nicht als Dozent auf jedes einzelne Wehwehchen da eingehen. Da kann ich mir ja 10 Wochenstunden eintragen lassen, um meinen Stoff durchzukriegen.

Ablenkung von der Vorlesung durch Mitstudenten:

- Was mir auffällt, es ist sehr unkollegial. Also unkollegial auf eine vielleicht unbewusste Art. Denn es ist meist ein irrsinniges Geratsche und ein Grossteil schreibt einfach nur ab und während er schreibt, ratscht er mit 'nem anderen. Aber ich glaub das kriegen die gar nicht mit, [...] Die Dozenten kriegen das auf jeden Fall mit, die haben ja dann diesen Geräuschpegel, aber die Studenten, die stören und ratschen, die wissen das glaube ich gar nicht, dass die die anderen stören. Und es ist teilweise einfach schon belastend
- Nein also ich glaube es schreiben alle mit. Aber manche haben eben die Fähigkeit nebenher noch zu ratschen. Und das beeinflusst halt die Konzentration auf das, was der da vorn sagt.
- Wenn man irgendwann dann nicht mehr wirklich so zuhört, dann macht man halt viele nette Sachen aber nicht wirklich unbezogen.

Beziehung Dozent - Studenten

Die Beziehung zwischen Dozent und Studierenden sei ebenfalls „distanziert“, der Wunsch „Dozent soll Studenten verstehen“ wird geäußert (Abbildung 4.37).

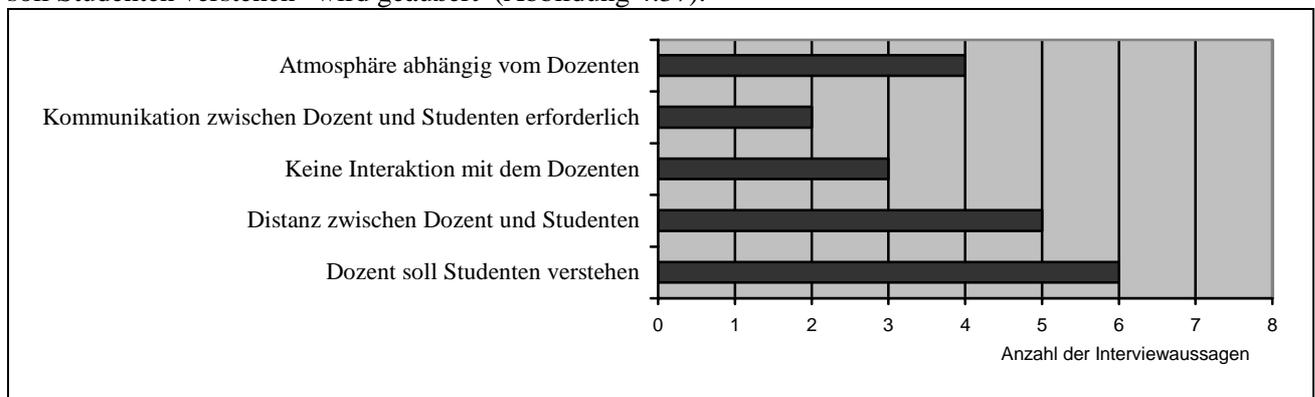


Abbildung 4.37: Interviewstudie – Beziehung Dozent - Student in der traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

Keine Diskussion untereinander während der Vorlesung:

- Beim Dozenten halt, wenn mir der Vortragsstil nicht gefällt, dann habe ich halt auch gleichzeitig keinen Bock und dann ist die Atmosphäre natürlich auch nicht besonders toll..

Dozent soll Studenten verstehen:

- oft so dieses Didaktische bei den Vorlesungen, das fehlt irgendwie bei den meisten Dozenten. Ja, dass sie irgendwie entweder das Niveau so hoch ansetzen, was man als Student noch gar nicht hat, und zuviel Hintergrundwissen annehmen oder, dass sie halt wahnsinnig schlecht erklären können oder nur monoton reden, dass man dann sowie irgendwann abschaltet
- In Mathe war's oft so, wenn sie dann ne Frage gestellt haben, und alle nur mit Bahnhofsaugen guckten und sich dachten "Hey, die Böhmisches Dörfer muss ich zu Hause selber klären", und sich der Dozent dann rundreht und sagt: "Ja ich weiß, die Frage ist trivial", das war dann wo sich jeder dachte, wir können nicht drauf antworten, weil wir's nicht wissen, nicht weil wir's trivial finden. Also es ist schon irgendwie komisch dann so das Verhältnis. Oft wissen die Dozenten - vor allem je älter sie werden finde ich immer - nicht mehr, die verlieren irgendwann den Bezug, die unterrichten das seit 20 Jahren, dass das für die logisch ist und vollkommen klar und überhaupt keine Frage offen ist, ist mir klar, aber für jemanden, der's zum ersten Mal hört oder noch nicht so oft gehört hat, für den ergeben sich Fragen. Aber die ergeben sich auch dann erst, wenn man sich mit dem Stoff befasst und nicht wenn man ihn hört. Finde ich.
- Natürlich ist es nett, wenn vorne ein Physikprofessor steht und einem was erklärt, oder - , meistens ist es ja so, dass der dann fragt "Ja, gibt's noch irgendwas, was Sie nicht verstehen", ja und das ist dann der typische Fall, dann sagt ja keiner was. Man will sich ja nicht blamieren, vor den Kommilitonen und dann sagt man Jaja wir ham's verstanden, obwohl's nicht stimmt eigentlich.

Tempo

Sechzehn Studierende bemängeln in den Interviews das Tempo in den meisten Vorlesungen als zu hoch – als vorwiegender Grund wird hierfür „Mitschreiben statt Denken“ genannt – fünfzehn Studierende jedoch empfinden das Tempo in den meisten Vorlesungen als „richtig“ (Abbildung 4.38). Keiner der befragten Studierenden empfindet das Tempo als zu niedrig.

Interview-Frage: Wie beurteilen Sie das Tempo in verschiedenen Vorlesungen?

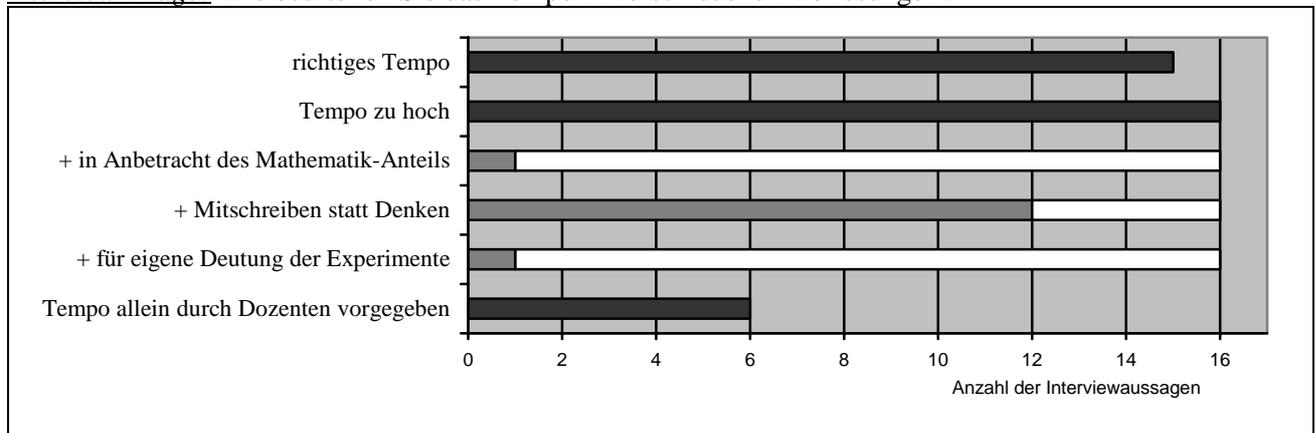


Abbildung 4.38: Interviewstudie – Tempo in der traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

Tempo zu hoch:

- wenn der halt was nicht verstanden hat, da geht's halt drüber weg. Da muss man sich dann zu Hause hinsetzen, oder vielleicht mit jemand anderes reden, was hat er da gemeint, wie war das...

Tempo zu hoch in Anbetracht des Mathematik-Anteils:

- Ja doch, aber es war schon eher zügig, es hätte ruhig auch ein bisschen langsamer sein können. Also ich kann mich eben auch an die wildesten Formeln erinnern, die man dann einfach abgeschrieben hat, ohne dass man die Chance hatte darüber nachzudenken. Also für das Niveau war's eigentlich eher zu schnell.

Mitschreiben statt denken:

- Wenn man nur mitschreibt, ist man froh, dass man es schafft, mitschreiben. Man kann sich eigentlich gar nicht mit dem Inhalt beschäftigen
- Also ich find das Tempo manchmal schon sehr hoch auch. Ja wirklich. Also wie gesagt, man schaut halt, was man mitbekommt, schreibt ... Das ist ja auch immer der Nachteil, die erzählen was, schreiben was, du konzentrierst dich mehr aufs Schreiben, was sie als erzählen nebenher, das geht unter.
- je nach Dozent manchmal auch wo ich mir dachte Wie kann der schneller an der Tafel schreiben als ich im Heft.

Tempo allein durch den Dozenten vorgegeben:

- Tempo wird bestimmt vom Dozenten, und nachdem ja keine Interaktion stattfindet ist es so, dass man auch keinen Einfluss drauf nehmen kann auf das Tempo. Und von daher gesehen wird dann über die Studenten hinweg unterrichtet quasi.

Zusammenfassung der Beurteilung einer traditionellen Vorlesung

Die Befragung zeigt, dass der an der Universität traditionell verbreitete Vorlesungsbetrieb die benötigte Effizienz nicht bietet:

- ⇒
- Der eigentliche Lernvorgang muss außerhalb der Veranstaltung stattfinden.
 - Kumulatives Lernen findet nicht statt, die Studierenden lernen erst kurz vor der Prüfung.
 - Die Atmosphäre in der traditionellen Vorlesung ist durch die Passivität der Studierenden geprägt.
 - Die Beziehung der Studierenden untereinander ist distanziert.
 - Es herrscht ebenso eine Distanz zwischen den Studierenden und dem Dozenten.

b) Beurteilung des Vorlesungsteils der „Physik der Materie“

Durch die Interviewstudie stellte sich heraus, dass sich insbesondere die Atmosphäre von der von den Studierenden als „typisch“ empfundenen Vorlesung unterscheidet, während auch der selbst wahrgenommene Lernerfolg teils als höher, teils aber auch als gering eingestuft wird. Auch eine Nachbearbeitungszeit wird als notwendig erachtet, wird jedoch wenig investiert. Die Atmosphäre wird beschrieben mit „entspannt“, „locker“, offen für Fragen und Diskussionen.

Unterschiede und Gemeinsamkeiten des Vorlesungsteils der „Physik der Materie“ mit einer typischen traditionellen Vorlesung

In den Interviews wird von sechs befragten Studierenden auf die Frage nach Unterschieden und Gemeinsamkeiten spontan geäußert, dass die „Materie-Vorlesung mit der traditionellen Vorlesung nicht vergleichbar“ sei (Abbildung 4.39). Am häufigsten wird der auffällige Unterschied zwischen dem Vorlesungsteil der „Materie der Materie“ genannt, dass die Teilnehmerzahl angemessen sei. Weiterhin sei hier die Möglichkeit zur Interaktivität gegeben – sowohl unter den Studierenden als auch in Bezug auf den Dozenten. Zwei Studierende beurteilen die Vorlesung als typische Vorlesung, sieben Studierende empfanden sie als Vorlesung - jedoch mit Betonung auf „angenehm“. Weitere Bemerkungen sind in der Graphik zu ersehen.

Interviewfrage: War diese Vorlesung eine typische Vorlesung, wie Sie sie aus Ihrem Studium kennen?

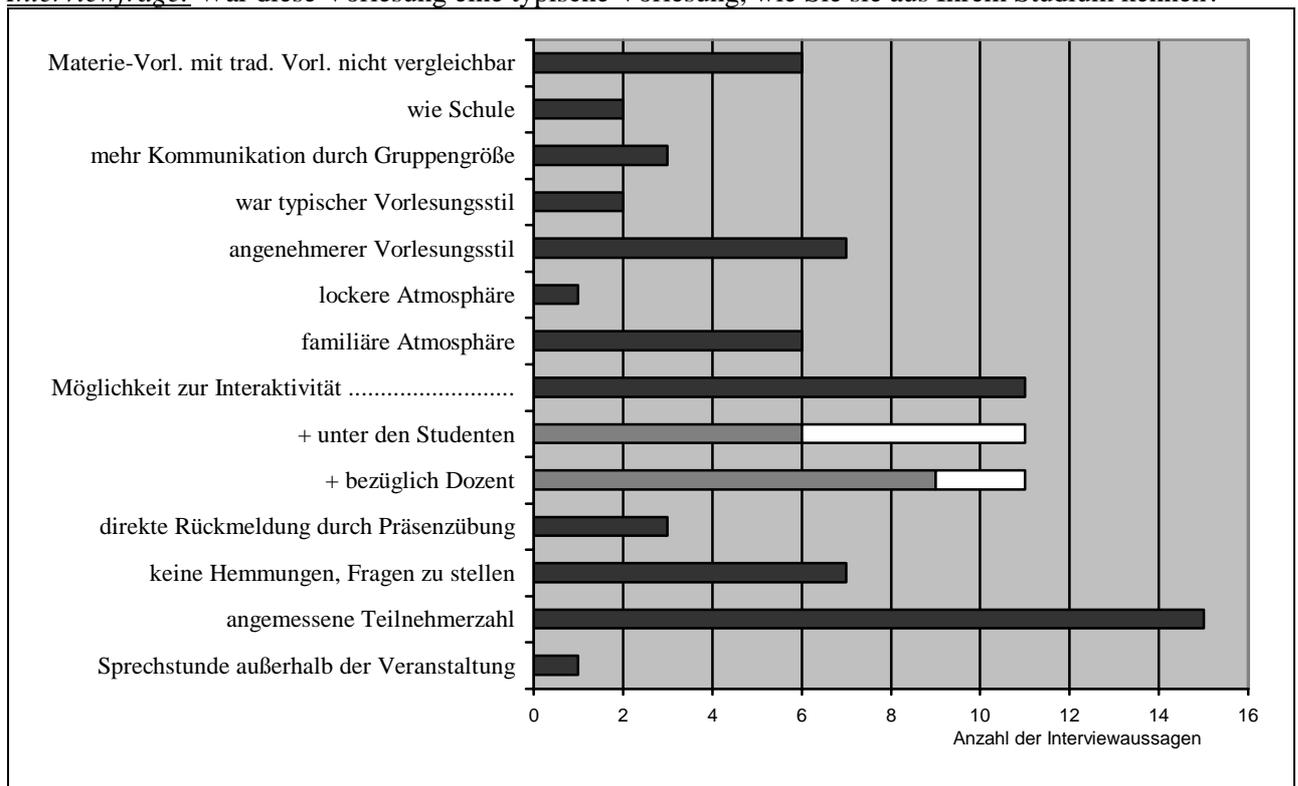


Abbildung 4.39: Interviewstudie – Unterschiede und Gemeinsamkeiten des Vorlesungsteils der Physik der Materie im Vergleich mit einer traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

Materie-Vorlesungsteil kann man mit Vorlesung nicht vergleichen

- kann man das eigentlich SO nicht mit 'ner klassischen Vorlesung vergleichen.
- Ne war keine typische Vorlesung, ich würde es eher vielleicht noch mit einem Seminar vergleichen. Es war ja so ne Mischform sag ich jetzt mal, weil es einerseits schon ein bisschen Vorlesung war aber andererseits durch die Tafelanschrift und auch durch die Fragen und die Diskussionen – hab ich bisher so noch nicht erlebt. So zwischen Übung, Seminar und Vorlesung.

War Vorlesungsstil aber angenehmer

- Fand ich schon dass das dann eher so ein Abschreiben war. Hmhm. Aber immer noch mehr Arbeitsatmosphäre als bei 'ner Vorlesung. Man war schon motivierter und mehr dabei als bei einer normalen Vorlesung. Genau.
- auch wenn's im Vorlesungsstil war, es war trotzdem jetzt nicht wie ne herkömmliche Vorlesung.

Typische Beispielantwort zu familiäre Atmosphäre

- Ja nachdem ist ja ziemlich klein war, und familiär war s natürlich eine gute Atmosphäre.

Möglichkeit zur Interaktivität – unter den Studenten

- Bis auf das eine oder andere da schaut man "Wie geht's bei dir?" und dass man auch den Nachbarn nachfragt "Hast du das verstanden" und "Kannst du mir das erklären?" so Fragen, die ich nicht an Sie stellen will. Eine SEHR angenehme Atmosphäre. Das Untereinander gefällt mir das Aktive.
- war viel interaktiver, würde ich sagen. Also, dass man doch mehr miteinander arbeitet.

Möglichkeit zur Interaktivität – bezüglich Dozent

- es war schon mehr dass man die Chance hatte Fragen zu stellen.
- Nur wird da auch mehr interaktiv gemacht als in 'ner Vorlesung.
- wenn jemand eine Frage hatte konnte auf jeden speziell eingegangen werden.
- es wurden viel mehr Fragen gestellt als in anderen Veranstaltungen, weil es auch ein kleinerer Rahmen war.
- Es war wie in der Schule, man konnte seine Fragen stellen, man kann das durchdiskutieren, und auch es war nicht so dass man das Gefühl hat, wenn man ne dritte Frage stellt, dass man jetzt langsam dem Dozenten auf die Nerven geht, ja es war sehr angenehm, Man hatte eine sehr direkte Ansprache, ein sehr direkte Möglichkeit des Feedbacks in allem. Es war aktiver und persönlicher.

Typische Beispielantwort zu Durch Präsenzübung direkte Rückmeldung

- wir hatten doch immer diese Übungen dazu, da wurde ja dann auch erklärt und nachgefragt und nachgehakt, [...] weil das da komplett wegfällt oder komplett in einem anderen Rahmen stattfindet. Dadurch dass es so eng miteinander verbunden war, ist halt das viel direkter. Und wenn man was nicht weiß oder nicht verstanden hat oder nicht mitbekommen hat, kriegt man's quasi direkt präsentiert dass es jetzt quasi an einem vorbeigelaufen ist, und dann kann man sofort dann nachfragen und gucken und... das ist schon von Vorteil

keine Hemmungen, Fragen zu stellen

- Ich hab da schon immer Hemmungen, dass ich da überhaupt Fragen stelle. Aber wenn das dann so ein Klassenzimmer ist, dann hat man da immer super die Chance Fragen zu stellen. Genau, und das ist super.
- Wie gesagt dadurch dass wir jetzt auch nicht so viele waren, hat man sich getraut, Fragen zu stellen. Während Sie doziert haben. Genau.
- dann traut man sich einfach auch und auch mal irgendwie eine dumme Frage zu stellen eventuell.
- positiv war, dass auf Fragen gut eingegangen wurde und das war schon gut, das hat man nicht immer. Weil eigentlich jede Frage beantwortet wurde und nicht unterging.

Typische Beispielantwort zu Sprechstunde außerhalb der Veranstaltung

- Der Unterschied für mich war ganz gravierend, dass immer Sie oder ein Ansprechpartner hier war. Ich konnte kommen, wann ich wollte wenn was ist, kann fragen was halt da nicht der Fall war. Sie sitzen hier in Physik, und ich kann jederzeit hoch kommen weiß wo ich Sie finde. der Mann hat glaub ich auch Doktorarbeit gemacht und ist immer aus Garching rein gefahren... Der hat uns auch gesagt er macht das für seinen Lebenslauf, der war motiviert und alles, aber den hab ich sonst hier noch nie gesehen. Da war der Kontakt einfach nicht so da. Wenn man eine Frage gestellt hat kam er beim nächsten Mal mit der Antwort war halt nicht direkt ansprechbar und das hat mir hier gut gefallen, dass ich jederzeit kommen konnte.

Lernerfolg im Vorlesungsteil der Materie

Der Lernerfolg wird von sieben befragten Studierenden als gering bewertet, es wird das für eine Vorlesung als typisch empfundene Verhalten „schreiben statt denken“ angeführt (Abbildung 4.40). Von neun Studierenden wird der Lernerfolg höher eingeschätzt als in anderen Vorlesungen. Als Hauptgrund hierfür die Kombination mit den Präsenzübungen genannt.

Interviewfrage: Wie beurteilen Sie den Lernerfolg in der Veranstaltung?

Typische Beispielantworten

Lernerfolg im Vorlesungsteil gering

- Und es war auch sehr viel Stoff in jeder Stunde, also viel und die ganze Zeit mitgeschrieben das Tafelbild und relativ wenig mitbekommen während der Stunde.
- Das kam eben weil ich da zu wenig mitgelernt habe und einfach zu wenig mitgekriegt auch.

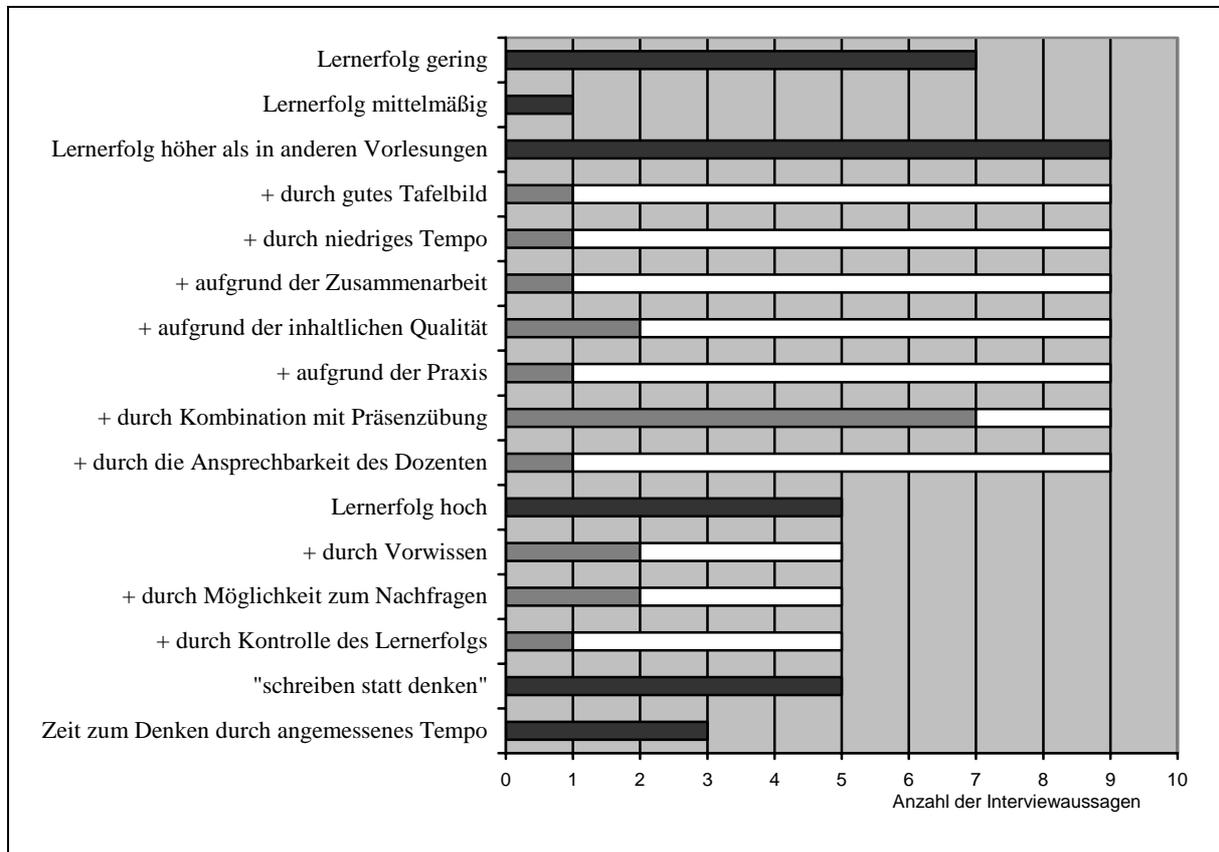


Abbildung 4.40: Interviewstudie – Lernerfolg im Vorlesungsteil der Physik der Materie

Weitere typische Beispielantworten

Lernerfolg höher als in Standardvorlesung aufgrund der inhaltlichen Qualität

- Also ich muss sagen die ist sehr gut. Da war ich ja meistens anwesend und ich wusste ich KANN was nacharbeiten, weil's mir eigentlich gleich sonnenklar war. Das ist wie gesagt sehr gut erklärt worden. Leicht verständlich
- weil man wieder mitgekommen ist; also man hatte diesen Leitfaden irgendwie drinnen, man wusste um was es geht, es wurde immer wieder wiederholt, verständlich erklärt, was ich halt davor in Physik nicht so kannte.

Lernerfolg höher als in Standardvorlesung aufgrund der Praxis

- Weil es war mit sehr viel so praktischen Sachen gespickt wie mit dem Tierversuch, oder dieser Versuchstag oder so, ... also dadurch hab ich's immer besser verstanden. Oder diese Computersimulationen in der Vorlesung wenn man's mal gesehen hat - Sie haben es erst erzählt, okay, und dann hat man's gesehen und dann ja. Hab ich's besser verstanden.

Lernerfolg höher als in Standardvorlesung aufgrund der Kombination mit (Präsenz-)Übung

- es war effektiver denn in diesem kurzen Wechsel zwischen Übungsaufgaben, die man macht, und der Gruppenarbeit und Vorlesung dass es überhaupt erst mal in der Gruppe gemacht wird und im gleichen Rahmen und nicht dass jeder daheim sein Übungsblatt macht, also ich find so solche Übungen Präsenzübungen viel besser als sich daheim hinzusetzen und sich teilweise einfach da erfolglos mit den Aufgaben abzumühen.
- mit den Übungsblättern war's dann irgendwie schon, da hat man sich dann reingearbeitet. Weil da eben auch Fragen waren, die man gut beantworten konnte, und nicht irgendwie welche, wo man dann 2 h dransitzt und danach so ne halbherzige Lösung hat. Sondern es waren Fragen, die man auch wirklich beantworten konnte. Dadurch hat man sich's dann irgendwie auch gemerkt besser. Ne, ich denk schon, dass ich mehr mitgenommen habe als in einer normalen Vorlesung. Also viel durch die Übungsblätter-

- Und besonders sind auch die Übungen natürlich. Wenn man sonst das Übungsblatt hat, sitzt zu Hause und braucht den Schein nicht, dann - gut ich kenn mich, dann würd' ich's wahrscheinlich nicht machen, erst vorm Staatsexamen das ganze durcharbeiten. Und so war man gezwungen das zu machen und hat automatisch den Stoff verstanden. Was also schon sehr sinnvoll ist.
- Also was ich halt gut fand ist, dass zum Beispiel die Übungen integriert waren, also dass man sie im Prinzip machen musste, bzw. dass man dann auch diese Motivation hat sie zu machen, weil ich einfach jemand bin, der sich daheim nicht hinsetzt ☺.

Lernerfolg hoch durch Kontrolle des Lernerfolgs

- wenn man direkt eben ne Lernkontrolle mit drin hat, ne Selbstkontrolle oder beziehungsweise jetzt anhand der Übungen jetzt die man gemacht hat ne Reflexion drüber was man gerade gelernt hat dann - kriegt man s ja direkt aufgetischt ob man was gelernt hat oder nicht, und dann wird man auch motiviert, sich anzustrengen und nachzudenken und nachzufragen und dann lernt man auch was.

Schreiben statt denken

- grad wenn man jetzt halt ein bisschen müde ist oder so, wenn man dann halt abschreibt, dann schreibt man halt also nur ab.
- Was ich bei mir - ich hab mir vorhin mal Gedanken drüber gemacht, wie war das eigentlich - in der Quantenmechanik, da konnte ich mich halt reinsetzen und dann ist vorne wie ich schon gesagt hab, der Film halt abgelaufen, die Motivation war zumindest so hoch da immer mitzuschreiben, aber wenn ich halt nicht mitdenken wollte, dann hab ich's halt an mir vorbeiziehen lassen, was bei Teilchen und Relativitätstheorie nicht geht.

Nachbearbeitung im Vorlesungsteil

Die Nachbearbeitung im Vorlesungsteil wird als notwendig erachtet, jedoch wenig oder nicht investiert (Abbildung 4.41).

Interviewfrage: Wie groß war die Nachbearbeitungszeit außerhalb der Veranstaltung?

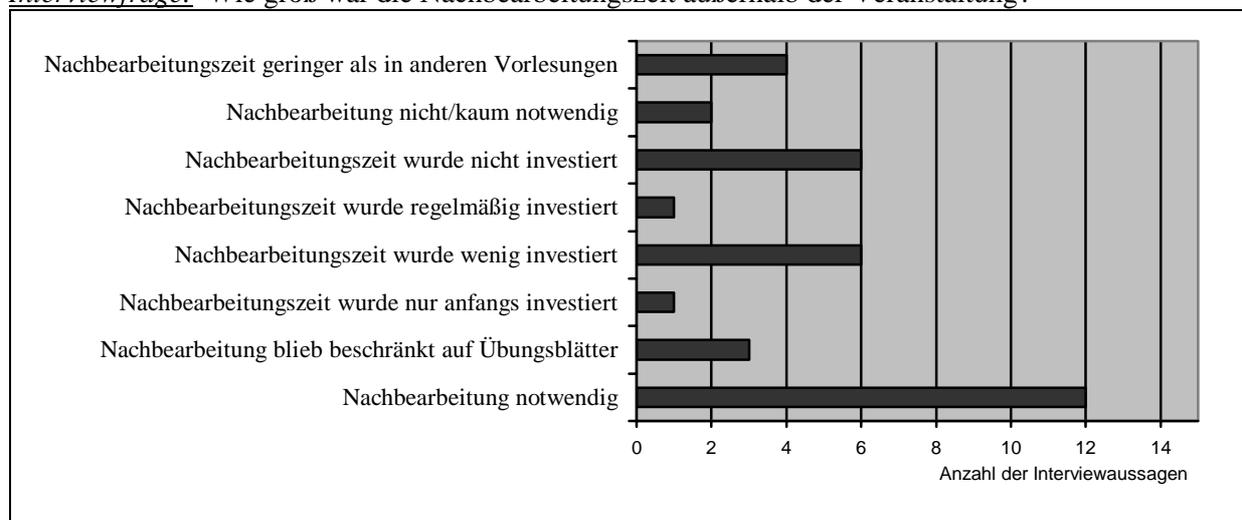


Abbildung 4.41: Interviewstudie – Nachbearbeitungszeit im Vorlesungsteil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

Nacharbeit notwendig

- also man muss sich schon noch mehr damit beschäftigen. Nur Reinsetzen und Zuhören das reicht einfach nicht, das vergisst man dann auch zu schnell, also da hat man noch so ein schwammiges Wissen, aber man muss dann sich schon noch mal hinsetzen und sich das noch mal anschauen. und dann war ich auch 3x glaube ich nicht da und dann Nacharbeiten und so Geschichten ... also war das eher gering
- Okay, also es wäre bestimmt mehr nötig gewesen als ich gemacht hab.

Atmosphäre im Vorlesungsteil

Die Atmosphäre wird von Studierenden als untypisch für eine Vorlesung bewertet, sie wird mit „entspannt“, „locker“, „offen für Fragen und Diskussionen“ beschrieben (Abbildung 4.42).

Interviewfrage: Beschreiben Sie die Atmosphäre in der Veranstaltung. Wie war die Arbeitsatmosphäre?

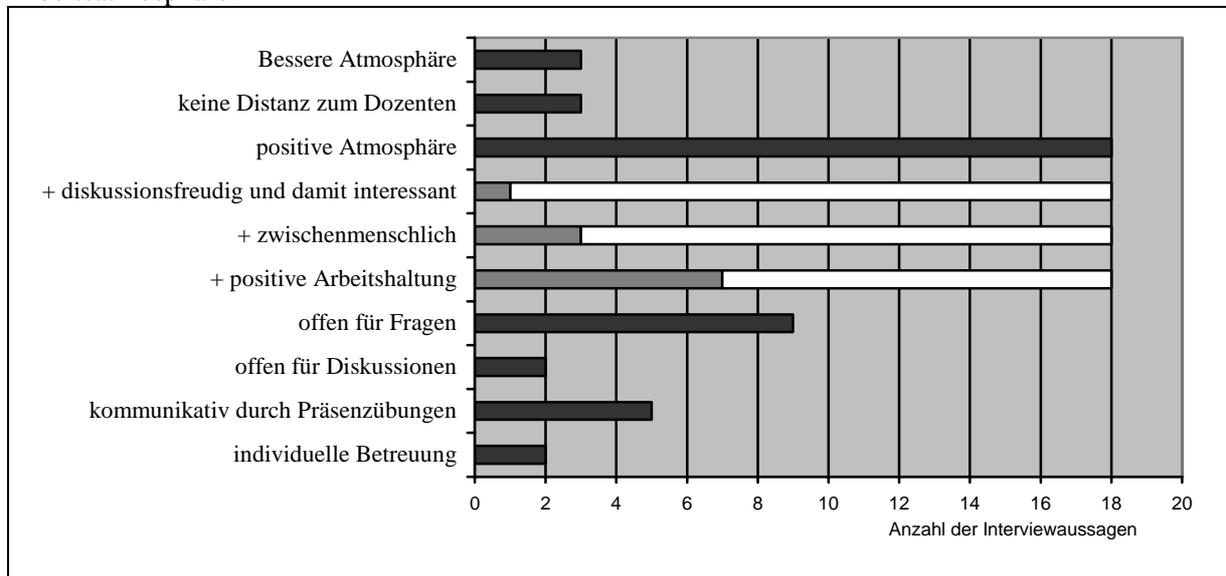


Abbildung 4.42: Interviewstudie – Atmosphäre im Vorlesungsteil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

positive Atmosphäre

- *entspannt,*
- *locker,*
- *sehr gut,*
- *hat mir gefallen,*
- *angenehm, ...*

Atmosphäre offen für Fragen

- Ja entspannt würde ich sagen. Eine recht lockere Atmosphäre. Weil man ja auch untereinander immer diskutiert hat und viele Fragen gestellt wurden.
- Die war eigentlich sehr gut. Hat mir gefallen. Es war immer Zeit für Fragen. {Auch individuell, also wenn einer ne außergewöhnliche Frage hatte, die vielleicht nicht alle interessiert hat, dann hat das trotzdem gut geklappt find ich. Doch.} Es hat Spaß gemacht.
- Fand ich positiv. Also, es wurden viel mehr Fragen gestellt als in anderen Veranstaltungen.
- Sehr angenehm, also in dem Moment, wo ich nachfragen kann und ein Problem diskutieren kann, fühl ich mich wohl. Und das ist mir sehr wichtig eigentlich, und das fand ich angenehm.

Offen für Diskussionen

- Also jetzt, war gut, die Atmosphäre, die Leute waren interessiert, haben viel nachgefragt, es wurde zum Teil kontrovers diskutiert. [Also jetzt im Teil Quantenmechanik?]. Da war ja mein Nachbar auch schon dabei, der hat ja so seine Ansichten. ((-: Ja, das meinte ich damit eben, dass man Thesen aufstellt, und dann eben drüber diskutiert, - gute Atmosphäre.

kommunikativ durch Präsenzübungen

- Doch, was ich jetzt mit dieser Lernhaltung meine, was mir gut gefallen hat, bei diesen Übungen, ist diese Art Gruppenarbeit. Die automatisch entsteht, was ja sonst in ner Vorlesung nicht ist. Wenn ich Glück hab, kenn ich jemanden, den ich sowieso schon kenne meistens und dann machen wir das zusammen, aber dann muss man sich nen Raum suchen oder man trifft sich zu Hause, und das ist umständlich. Hier war das automatisch gegeben, dass man zusammen dann die Übungsblätter macht, und durch die Kommunikation entstehen dann Fragen, die gleich beantwortet werden. Oder der eine sagt: "Das ist doch so", also dieses Teamwork, das meine ich.
- Auch gut durch die Gruppenarbeit und so. Diese Übungsstunden. Normal ist es ja so, man macht die Übungen zu Hause, und in der Übung wird es vorne an die Tafel gerotzt. Und hier fand ich's halt gut, dass wir es da in Gruppenarbeit zusammen erarbeitet haben. Dann hat man es sich auch untereinander erklärt.

Also wenn der „xy“ mir zum Beispiel was erklärt, dann ist das tip top. Dabei hat der ne Ruhe, der erklärt das so auf meinem Niveau (-: bis es verstanden ist.

- wir hatten doch immer diese Übungen dazu, da wurde ja dann auch erklärt und nachgefragt und nachgehakt.

Arbeitshaltung

Es wird großteils eine positive Arbeitshaltung der Studierenden angeführt (Abbildung 4.43).

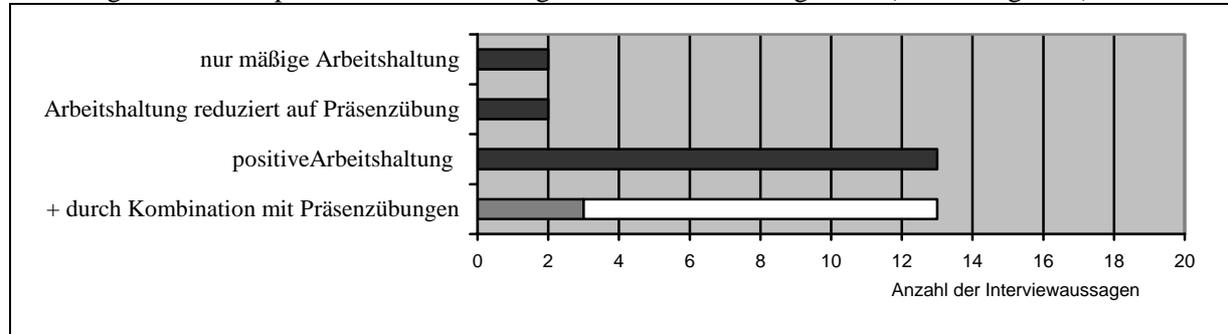


Abbildung 4.43: Interviewstudie – Arbeitshaltung im Vorlesungsteil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

Arbeitshaltung positiv

- Das war denk ich schon gut, es wurde jetzt nicht irgendwie wild geratscht oder so sondern es war eigentlich immer nur ruhig.
- Ich war jetzt engagierter.
- Größtenteils glaube ich schon. Also es gibt immer welche die 'nen schlechten Tag haben oder die mal aussteigen oder müde sind oder sonst was. Oder die sind dann, weil sie was ganz anderes zu hatten, auch einfach nicht gekommen oder so. Aber ich glaub, die, die da waren, haben sich auch motiviert und die wollten's auch wissen. Also insgesamt war es glaube ich ein überdurchschnittlich hohes Interesse, wenn man's jetzt mit 'ner klassischen Vorlesung vergleicht. Wo die nur zum Abschreiben kommen und was weiß ich, sich zum Stricken reinsetzen oder was völlig anderes lernen, also das ist ja...
- das Engagement war auf jeden Fall da. Ich will ja was lernen. Sonst brauch ich ja gar nicht hierher gehen.
- obwohl der Druck ja bei allen nicht besonders hoch war, haben viele eigentlich ganz gut mitgearbeitet.
- man wurde eben auch ein bisschen gefordert

Arbeitshaltung positiv durch Kombination mit Präsenzübungen

- Also ich glaube, wenn nur die Vorlesung gewesen wäre, dann halt am Ende des Jahres vier Stunden Übung, das wäre irgendwie anders gewesen. Also es hat schon geholfen auch, sich mit dem Thema zu beschäftigen und es auch zu verstehen alles.
- Das hat das dann auch aufgelockert, dass man auch immer wieder selbst was gemacht hat.

Tempo

Das Tempo im Vorlesungsteil wird meist als angemessen bewertet (Abbildung 4.44).

Interviewfrage: Wie beurteilen Sie das Tempo in der Veranstaltung?

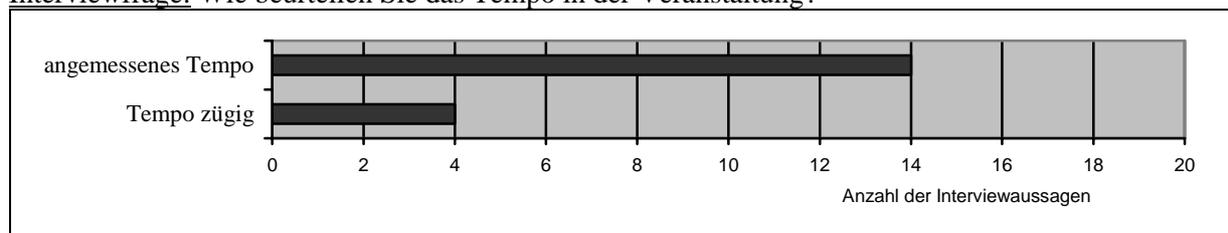


Abbildung 4.44: Interviewstudie – Tempo im Vorlesungsteil der Physik der Materie

Zusammenfassung der Beurteilung des Vorlesungsteils der „Physik der Materie“

Innerhalb der Interviewstudie beurteilten die Studierenden, ob die angebotene Vorlesungsphase eine typische Vorlesung sei, wie sie sie aus ihrem Studium kannten. Die Befragung zeigt, dass der Vorlesungsabschnitt nicht als typische Vorlesung empfunden wird.

Als Ergebnis lässt sich unter anderem festhalten, dass

- der Lernerfolg im Vorlesungsteil der Physik der Materie größer eingeschätzt wird als in anderen Vorlesungen,
- Nachbearbeitungszeit notwendig sei,
- die Atmosphäre besser beurteilt wird als in anderen Vorlesungen.

Als Gründe für die bessere Atmosphäre gehen ein:

- die Kommunikation und Kooperation in den Präsenzübungen,
- die „kleine Gruppe“,
- die „Offenheit für Fragen“,
- die „geringere Distanz zum Dozenten“.

Im Unterschied zu der Vorlesungsphase beurteilten die Studierenden die Phase der aktiven Form folgendermaßen:

- Der Lernerfolg wird als sehr hoch eingeschätzt,
- die notwendige Nachbearbeitungszeit habe sich erheblich reduziert,
- die Atmosphäre habe sich noch verbessert.

Als Gründe für die Verbesserung der Atmosphäre im Vergleich mit der Vorlesungsphase werden genannt:

- „Mehr Austausch unter den Studenten“,
- Motivation durch das Erleben des eigenen Kompetenzzuwachses.

⇒ Ergebnis:

- Die geringe Teilnehmerzahl wird als angenehm empfunden.
- Der Lernerfolg wird als höher als in anderen Vorlesungen eingeschätzt.
- Nachbearbeitungszeit wurde wenig investiert.
- Die Atmosphäre wird als positiv und offen für Fragen und Diskussionen beurteilt.

c) Beurteilung des Lehr-Lern-Systems der „Physik der Materie“

In die Bewertung der aktiven Veranstaltungsform mit dem Lehr-Lern-System („aktiver Teil“) sind innerhalb der Interviewstudie auch Teilnehmer der Wintersemester aufgenommen, die nicht in die Studie des Vergleichsdesigns eingehen. Erfragt wurden

- Lernerfolg
- Nachbearbeitungszeit
- Atmosphäre
- Tempo.

Der Lernerfolg wird als groß empfunden, besonders durch die eigene Aktivität und die Kombination der Materialien. In die Nachbearbeitungszeit wurde wenig investiert, und sie wird als weniger notwendig erachtet. Die Atmosphäre sei positiv bzw. habe sich noch verbessert im Vergleich zum Vorlesungsteil. Als besonderer Grund wird der Austausch unter den Studenten angegeben. Dies stärke auch die Arbeitsatmosphäre, die im Vergleich zum Vorlesungsteil als motivierter beschrieben wird. Das Tempo sei angemessen.

Die Studierenden nahmen ferner positiv Stellung zu der Idee hinter der aktiven Form, dass effektiv in der Veranstaltungszeit gelernt werde und sich die Nachbearbeitungszeit verkürze. Das kooperative Lernen wurde als lernförderlich bewertet.

Für die Studierenden bestehen die Hauptunterschiede zwischen der aktiven Form der Physik der Materie zu einer traditionellen Vorlesung vorrangig im aktiven Lernen, der Selbstkontrolle der eigenen Leistung und dem Kontakt zum Dozenten.
Die Präsenz in der Veranstaltung wird als wichtig eingeschätzt.

Spontane Bemerkungen zur Form des aktiven Teils

In der Abbildung 4.45 sind die spontanen Reaktionen der Studierenden im Interview auf die Überleitung zu der Beurteilung der aktiven Form der „Physik der Materie“ aufgeführt.

Typische überleitende Worte des Fragenden

Nun zu der aktiven Form, wie Sie sie in der Physik der Materie kennen gelernt haben...

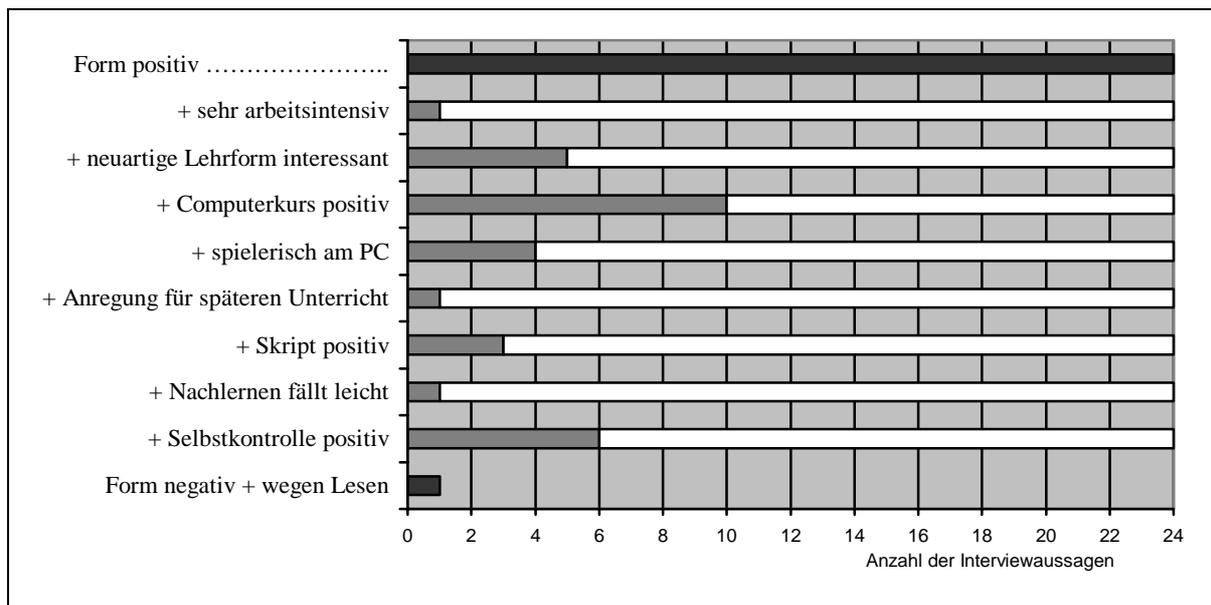


Abbildung 4.45: Interviewstudie – Spontane Bemerkungen zu dem Lehr-Lern-System

Typische Bemerkungen

Form positiv

- Das war die schönste Vorlesung, die ich jemals an der Uni hatte. Das hat mir noch nie so viel Spaß gemacht.
- Mir hat's einfach super gefallen und ich hatte da irgendwie Spaß dran. Also ich würde diese Vorlesungsform auf jeden Fall weiterempfehlen. Wenn das so weiterginge, wäre perfekt, finde ich.
- Dieser ganze Online-Kurs, den find ich echt klasse, den sollte man auf jeden Fall also find ich sehr positiv. Wenn's so was auch weiter geben könnte und vielleicht auch für andere Veranstaltungen.
- Also, ich fand, dass die Physikvorlesung echt eine der besten war.
- es gibt halt nichts Vergleichbares in der Kombination und mit den Varianten und so weiter. Deswegen begrüße ich das absolut und es ist auf jeden Fall eine einmalige Sache, die ich da miterleben durfte und ich finde das sehr gut. Also mir wäre es lieber, wenn es öfters so wäre
- Man hat die besten Möglichkeiten, weil man hier, wie gesagt, eben visuell lernt, man lernt so zu sagen durch das Zuhören bei den Präsentationen und beim Nachbearbeiten, so wie auch eben durch das Lesen der Texte und ich kann es mir noch mit Animationen anschauen, also so ein großes Angebot habe ich eigentlich so in meinem Studium sonst nirgendwo erlebt. Also von dem her, das ist schon einmalig und wenn der Aufwand so zu sagen machbar ist, das kann ich jetzt wieder nicht beurteilen, dann sollte man den sich machen.
- Also ich fand es schon eigentlich ganz gut und auch etwas anderes diesen zweiten Teil da, also macht man eigentlich normalerweise wenig in der Uni, außer bei den Übungen oder Seminaren jetzt. Also fand ich eigentlich schon ganz gut und denke ich mal sollte man weiterführen.
- Also ich fand es perfekt, oder für mich war es einfach perfekt zum Lernen.

spielerisch lernen mit Computer

- Und dann bei der Teilchenphysik jetzt, also ich find das super dass wir da so Spielchen und so was machen, wo man das dann spielerisch lernen kann und so ein bisschen rumklicken und so...
- Ja es war irgendwie aufgezoogen wie so ne Märchengeschichte irgendwie fand ich.

neuartige Lehrform wirkt sich positiv auf Interesse aus

- Ich glaube, gehe schon mal davon aus, dass viele Studenten einfach das danach nicht mehr interessiert und ich glaube, für die ist das gerade essentiell so eine Form, weil die nehmen wenigstens das noch mit, weil sonst nehmen sie gar nichts mit und bereiten gar nichts nach. Ich glaube halt einfach, wenn man das Interesse weckt durch einen aktiven Unterricht, dann beschäftigt man sich viel mehr noch mit der Frage, weil man ja einfach zu der Person sagt „du, das schaue ich nach und das nächste Mal erkläre ich dir das“

Lernerfolg im aktiven Teil

Die Studierenden bewerten den Lernerfolg als groß, häufig wird die eigene Aktivität als Grund genannt, außerdem die Kombination der Materialien, unter anderem auch die Wiederholungsmöglichkeit und die Selbständigkeit (Abbildung 4.46).

Interviewfrage: Wie beurteilen Sie den Lernerfolg in der Veranstaltung?

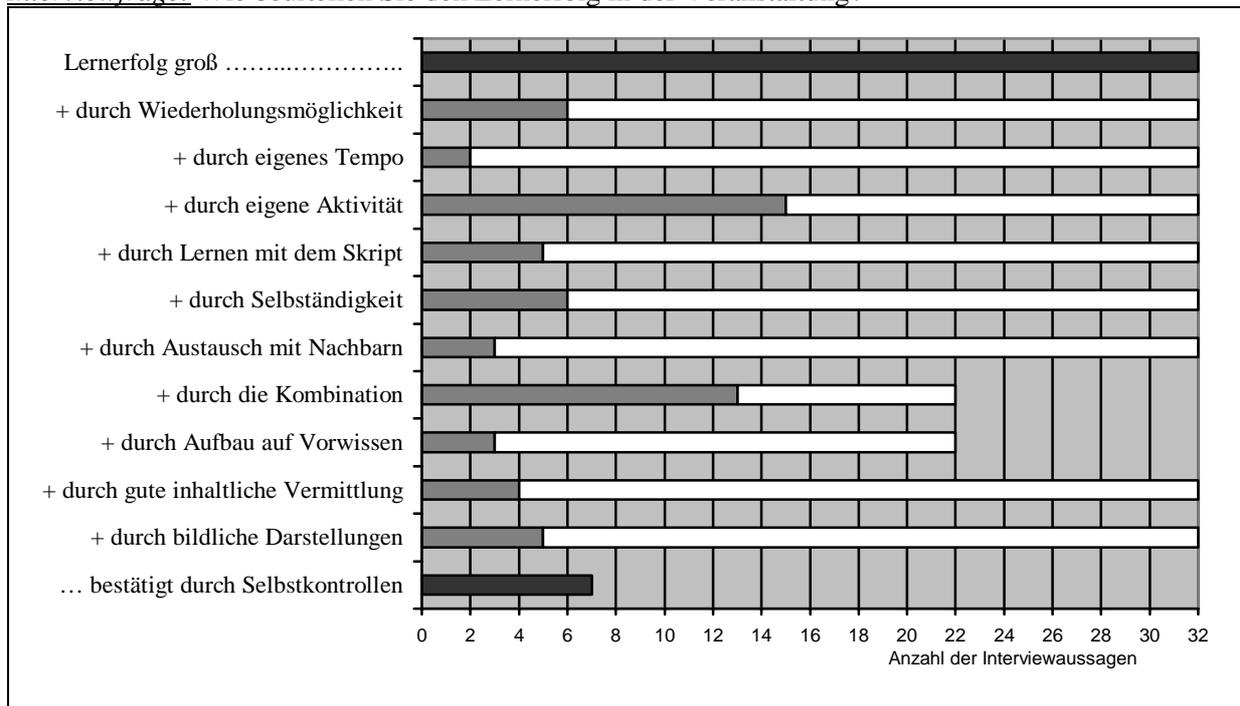


Abbildung 4.46: Interviewstudie – Lernerfolg mit dem Lehr-Lern-System

Typische Beispielantworten

Lernerfolg groß

- im Nachhinein hat es mich echt schockiert, was alles hängen geblieben ist ... Also vom Lernerfolg war es phantastisch.
- Ja wahnsinnig hoch. Im Vergleich zu ner normalen Vorlesung hab ich wahnsinnig viel mitgenommen.
- ich hoffe nur, dass sich diese Vorlesungsform sich auch langsam durchsetzt, jetzt nicht nur in der Physik, vielleicht, sondern auch in anderen Fächern
- Also für die Klausur musste ich da eigentlich fast nichts mehr machen, weil ich es alles noch so präsent hatte

Lernerfolg groß durch eigenes Tempo

- Der war hoch, ja. Ja weil man ja praktisch selber das Tempo bestimmt hat. Dadurch musste er ja hoch sein. Man geht ja nicht weiter, wenn man das davor nicht verstanden hat.

Lernerfolg groß durch eigene Aktivität

- Ja der war besser als im anderen Teil. Weil man doch in der Vorlesung aktiv selber Texte gelesen und am Computer gearbeitet hat. Weil da auch schon viel hängen geblieben ist.
- Dadurch, dass man effektiver mitarbeitet, weil man ist ja quasi gezwungen mitzuarbeiten. Weil man ja nicht mehr jemandem zuhört, sondern das selber steuert. Dass man dadurch eben viel mehr mitbekommt.
- Also den Vergleich zu ner normalen Vorlesung will ich gar nicht ziehen, ich denke in ner normalen Vorlesung lerne ich nix. Und bei dem jetzigen Modell habe ich den Eindruck, dass ich was lerne. Weil es eben ein aktives Auseinandersetzen ist mit dem Stoff. .

Lernerfolg durch Lernen mit dem Skript

- Ja. Das hab ich durchgemacht und so weiter ... vorgenommen für die vorlesungsfreie Zeit. Und das Interesse ist auf jeden Fall geweckt worden. Und aufgrund vom Skript ist es ja auch wirklich sehr klar und deutlich und einfach aufgebaut und so, dass man's verstanden hat. Wenn ich erst im Tipler nachschaun muss, was heißt des, worum geht's ... also das war eigentlich wirklich spitze.

Lernerfolg durch Selbständigkeit in der Materie

- Ne, also man lernt ja praktisch, also man lernt ja während der Veranstaltung schon so wie man zu Hause lernen würde. Also zumindest ging's mir so. Also ich hab ja in der Veranstaltung praktisch das gemacht was ich sonst zu Hause gemacht hätte.

Lernerfolg durch Austausch mit Nachbarn

- In der ersten Stunde, wo ich da war, da hab ich von vorne angefangen. Da war der Lernerfolg sehr groß, weil ich hab das durchgelesen, und ich hab das eigentlich auch gleich verstanden, und mit der „xy“ eben sind wir das so durchgegangen und das war eigentlich mein größter Lernerfolg.
- durch das ständige Nachfragen beim Nachbarn beispielsweise und das Arbeiten mit ihm, da hat sich das Verständnis doch gefestigt dafür

Lernerfolg durch die Kombination (Skript, Fragen, Tafel, Diskussion, Computer)

- Und da ist es einfach schön, vom Lernerfolg her, da hab ich ein Skript, das ist gedruckt, und das kann ich immer wieder hernehmen, das hab ich selber bearbeitet schon, und da gibt's Fragen dazu. Ja und die Kombination, nicht nur - ein Buch kann ich auch zu Hause lesen - sondern eben auch die Möglichkeit rückzufragen. Das hat den Lernerfolg sehr gesteigert.
- War bei Teilchen am höchsten. Also das fand ich am besten, wie wir die Texte dann durchgemacht haben und dann dazu noch diese Selbsttests, die waren nämlich beim ersten Teil nicht, bei Quantenmechanik nicht da, und die fand ich schon sehr gut. Und auch wenn wir das dann gemeinsam besprochen haben. War effektiver wegen der Nachbesprechung, also wir haben eben ein Stück gelesen, dann haben wir drüber gesprochen, dann haben wir die Selbsttests gemacht und die Übungen, das hat schon einiges gebracht.
- Bei den Teilchen war der Lernerfolg gleich ziemlich hoch. Wenn man das gelesen hat, dann konnte man sich Zeit lassen und konnte das ganze verarbeiten gleich, wenn man das liest, und was schön war, dass man dann da - entweder Sie haben eine Zusammenfassung gegeben, oder man konnte da drüber sprechen und diskutieren, wenn man was nicht verstanden hat wie das dann ist und so. Hmhm, das fand ich auch schön, sehr schön. Das ist besser als bei der normalen Vorlesung. Weil man auch mehr Zeit hat, sich das Ganze anzuschauen und dann folgt man dem ganzen Geschehen besser und kann's gleich so nachhaken, was man nicht verstanden hat. Diskussion, ja genau.
- Wenn er sich dann mal ein Buch ausleiht oder im Internet nachguckt. Das ist auch die verschiedene Form von Informationseingang, die das Gedächtnis bestärkt.
- Das ist irgendwie total analog zu dem, wie wenn man einen Muskel trainiert, wenn man den halt jedes Mal mit einem anderen Gerät trainiert, dann kann man das einfach viel besser, als wie wenn man immer dasselbe macht und so ist es beim Frontunterricht, man stellt sich vorne hin und macht immer dasselbe, und so hat man halt einfach verschiedene Eindrücke und erlebt das jedes Mal von einer anderen Seite, und ich glaube, das ist allumfassender. Also gefällt mir ..., würde ich begrüßen, wenn das System einfach sich ausbreiten würde, ja.

Lernerfolg auf Vorwissen aufbauend

- Also der Lernerfolg ist, glaube ich, ungleich größer, wenn man eben so zu sagen, keinen Frontunterricht hat oder nicht nur einen Fachmann, der vorne sein Thema vorträgt, weil man weiß, dass man die Leute dort abholen kann, wo sie sind, wenn man das ganze in einer Gruppe macht

Lernerfolg durch gute inhaltliche Vermittlung

- Bei Teilchen, da wusste ich noch gar nichts drüber. Und - doch sicherlich auch durch die Geschichte mit dem Quark und so, hab ich das Gefühl, das jetzt verstanden zu haben. Ich mein, ich kenn jetzt auch den Teilchenzoo nicht auswendig, aber „ich bin ja auch kein Botaniker“ (-: Ne, also diese Grundgedanken, sicherlich. Waren gut vermittelt.

großer Lernerfolg bestätigt durch Selbstkontrollen

- Der war groß, doch. Man hat das eben dann an den Selbstkontrollen gemerkt. Dass dann schon viel sitzen bleibt.
- Und vor allem die Selbstkontrolle danach, sehr sinnvoll, weil man da erstmal rauskriegt, hab ich da wirklich den Text jetzt verstanden, hab ich was gelernt, oder bin ich dabei, was zu lernen.

Lernerfolg durch verschiedene Komponenten

Der Lernerfolg wird durch die Studierenden durch die verschiedenen Komponenten wie dargestellt bewertet (Abbildung 4.47).

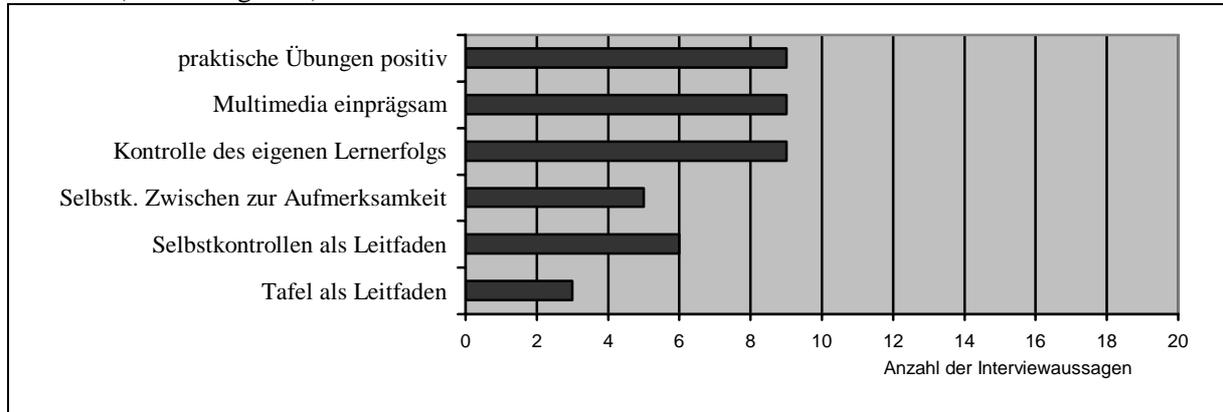


Abbildung 4.47: Interviewstudie – Lernerfolg mit dem Lehr-Lern-System durch verschiedene Komponenten

Typische Beispielantworten

praktische Übungen positiv

- und auch die Übungen dann wo man das ganze dann nochmal praktisch mit Rechnen und so ausprobiert das finde ich auch sehr gut.
- wenn man ein bisschen was selber macht einfach aufs gerate Wohl sage ich jetzt mal, dann schaut was passiert und dann sieht man eben, was passiert und dann kann man auch leichter verstehen, warum das so ist und vielleicht mal nachlesen, welche Theorie dahinter steckt.

Multimedia einprägsam

- Ja. Also ich find halt alles, was man so praktisch irgendwie sieht oder in der Hand hat oder irgendwie wenn da irgendwas passiert, ist halt nicht so rein so trocken, theoretisch ist, find ich, kann ich mir halt viel besser merken. Da ist halt sofort: „Ah, da war ja das und das.“
- Ja, ja eben, dass man das graphisch, also zum Beispiel, das hat mir gut gefallen, mit dem Reaktor, wenn der kaputt geht, wie das dargestellt war, fand ich schön, ich wusste nicht genau, wie das geht, genau, was da alles schief gehen kann, und auch diese Kurven da. Die man beeinflussen kann durch bestimmte Parameter. Fand ich gut ja. Das ist eindrucksvoll und das erhärtet auch das Wissen finde ich. Und macht Spaß irgendwie.

Kontrolle des eigenen Lernerfolgs

- Und vor allem die Selbstkontrolle danach, sehr sinnvoll, weil man da erstmal rauskriegt, hab ich da wirklich den Text jetzt verstanden, hab ich was gelernt, oder bin ich dabei, was zu lernen

Nachbearbeitung in dem aktiven Teil

Die Studierenden investierten wenig Zeit in die Nachbearbeitung, sie wird jedoch auch als weniger notwendig erachtet (Abbildung 4.48).

Interviewfrage: Wie groß war die Nachbearbeitungszeit außerhalb der Veranstaltung?

Typische Beispielantworten

Nachbereitungszeit war weniger notwendig

- Ja auch eher weniger. Aber man hätte weniger gebraucht.
- Die war dann kürzer, viel kürzer fand ich. Weil man das ja gleich während der Vorlesung auch dann gemacht hat. Auch mit der CD oder so. Das hat man dann halt GELERNT, faktisch gleich, da musste man ja dann nicht mehr nacharbeiten. Kaum was. Also ich hab mal in Physikbüchern nachgeschaut, aber im Prinzip war das ja alles drin, das war ja sehr gut erklärt alles.
- Nein. Gar nicht. Weil man halt die Selbstkontrollen nebenbei dann gelöst hat oder dann danach, nachdem man's gelesen hatte.
- Also im Vergleich zur klassischen Vorlesung sicherlich, weil man da einfach die Sachen die am besten macht, ich unten im Cip-Pool sitze und wenn ich Fragen hab dann sag ich "Frau „xy“, können Sie mir das mal erklären", da brauch ich dann im Prinzip keine Nachbearbeitungszeit mehr weil ich ja alles vor Ort lösen kann.
- Ja das musste man bei euch ja zum Glück nicht. Sonst wär ich ja nicht hingegangen.

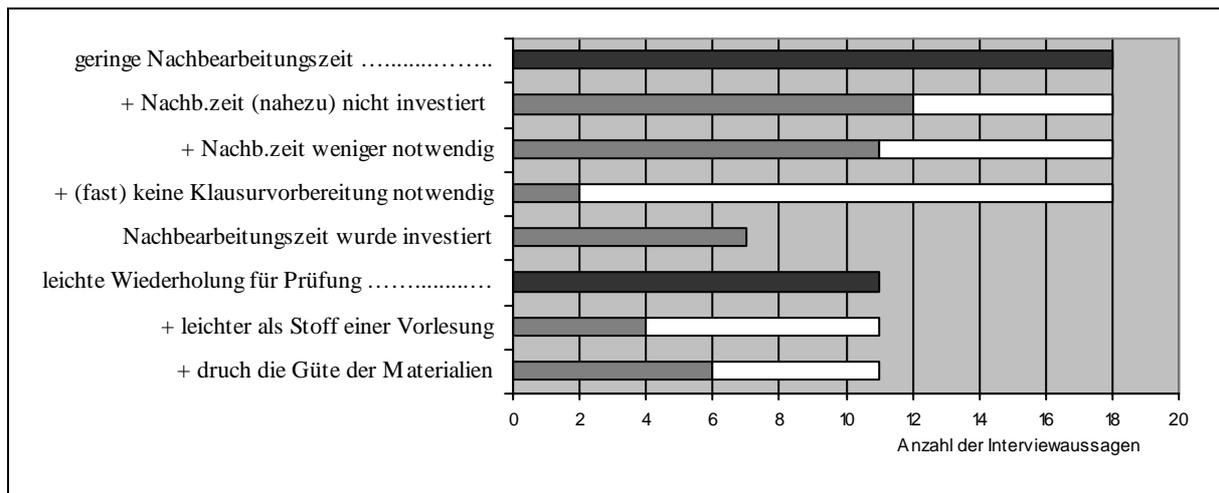


Abbildung 4.48: Interviewstudie – Nachbearbeitung in dem aktiven Teil der Physik der Materie

Weitere typische Beispielantworten

Zur Klausurvorbereitung wurde (fast) nicht nachbearbeitet

- Also, das Teilchen und Relativitätstheorie habe ich nicht so wirklich nachbearbeitet und dann Quantenmechanik habe ich noch das Skript ausgedruckt und gelesen das war eigentlich das, was mir am meisten gebracht hat in Quantenmechanik. Also es war ein bisschen so wie das von Teilchen aufgebaut. Also Relativitätstheorie und Teilchen habe ich die Ladungszahlen noch schnell gemerkt aber sonst eigentlich nicht wirklich was.

Nachbereitungzeit wurde investiert

- Ja, es geht. Ich muss sagen, dafür dass das Thema für mich - mein Vorwissen aus dem Leistungskurs war jetzt da nicht besonders groß - und insofern war schon ein bisschen Nachbearbeitungszeit gegeben, nicht wahnsinnig viel, aber einfach noch mal drüber gehen...
- Ich sag mal, auch ne halbe Stunde pro Veranstaltung wenn man nachschaut. Wobei man da jetzt ja auch noch online zugreifen kann im Cip-Pool auf die Beispiele.

leichte Wiederholung für Prüfung

- Es hat natürlich den Vorteil, dass ich praktisch das komplette Lernangebot noch mal da hab zum Nachbearbeiten, wenn ich's zu Hause anschauen möchte. Sofern man nicht gerade wie ich die CD nicht findet. (-: Aber es war vom Nachbearbeiten noch mal eigentlich ähnlich. Ich mein das Skript, das wir hatten auf Papier, war ja auch recht gut und ausführlich, und das war genauso okay eigentlich. War eigentlich fast besser, ich hab da weniger Fragen noch gehabt, wie ich sie mir aus meinen eigenen Mitschriften von der Quantenphysik also da hatte ich ein paar Stellen also so kleine Sachen wo ich Nachfragen hatte, und da hatte ich bei der Teilchenphysik glaube ich nur eine Sache, die mir unklar war.
- Genau also bei meiner eigenen Abschrift hatte ich mehr Nachfragen als aus dem Skript was natürlich auch dicker und aufwendiger als die Aufzeichnungen

leichte Wiederholung für Prüfung mit Hilfe der Materialien

- Und man setzt sich gleich mit dem Skript auseinander, da sieht man dann nicht, wenn man das Lernen anfängt, das Skript das erste Mal, sondern hat sich damit auseinandergesetzt, hat sich Notizen reingemacht, und schon angestrichen, und dass man maximal viel denke ich mit nach Hause nimmt.

Atmosphäre im aktiven Teil

Die Atmosphäre habe sich im Vergleich zum Vorlesungsteil noch verbessert. Meist wird als Grund der Austausch unter den Studenten genannt (Abbildung 4.49).

Interviewfrage: Beschreiben Sie die Atmosphäre in der Veranstaltung. Wie war die Arbeitsatmosphäre?

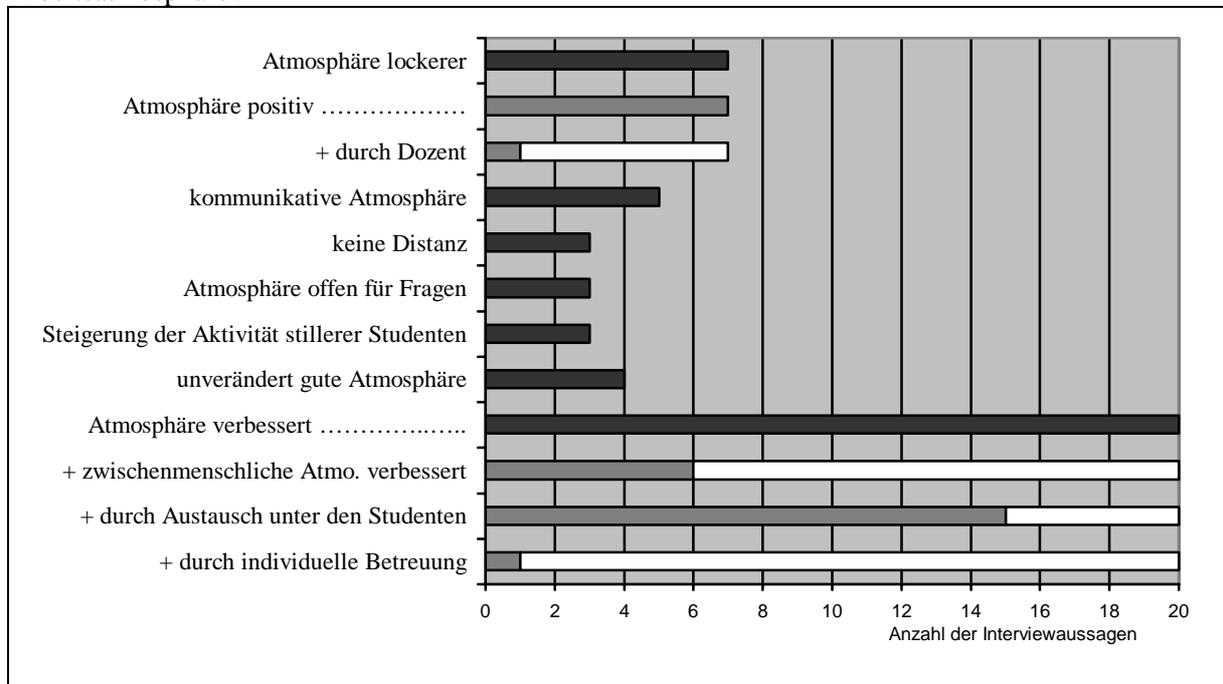


Abbildung 4.49: Interviewstudie – Atmosphäre im aktiven Teil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

positive Atmosphäre

- familiär, freundlicher, angenehmer
- das liegt natürlich auch einfach am Lehrstuhl, dass alles sehr nett ist und das alles so nett gestaltet ist und der Professor auch gut mit macht, also der ist ja auch offen für so etwas. Die Atmosphäre an sich ist nett.

keine Distanz

- man hat irgendwie nicht so die Scheu, weil es Gruppenarbeitdynamik hat, und ich glaube, der Dozent ist nahbarer. Man hat einfach eine geringere Hemmschwelle.

Atmosphäre offen für Fragen

- Weill halt INSGESAMT eben mit Ihnen, dem Dozenten, viel familiärer war als bei so ner Vorlesung, da ist halt die Distanz immer da, die war halt da nicht. Deswegen denke ich mir, wenn jemand generell Probleme hat Fragen zu stellen, oder sich in ner Vorlesung eher so passiv zurücknimmt, dann ist es ja positiv für so jemanden, weil dann kann man Fragen stellen ohne Probleme.

Steigerung der Aktivität stillerer Studenten

- vor allem solche, die im ersten Teil recht ruhig waren, haben dann im zweiten Teil ganz gut mitgearbeitet und waren irgendwie interessierter dabei, also da, glaube ich, gab es schon Unterschiede bei den Studenten.

zwischenmenschliche Atmosphäre verbessert

- Man ist halt in der Gruppe immer vertrauter geworden. So das Zwischenmenschliche.
- Aber ich seh schon wirklich nen qualitativen Sprung in der Zwischenmenschlichkeit, also das hat sich verändert.
- weil man eben sich da eben viel geborgener fühlt dann. Also man kennt eben die Leute ein bisschen, lernt sie besser kennen

Atmosphäre besser durch Austausch unter den Studenten

- Gut ja doch. Grad wenn man nebeneinander am Computer sitzt da fragt man halt mal schnell den Nachbarn. Oder auch überhaupt wenn wir diese Selbstkontrolle und so gemacht haben, dann macht man das ja auch immer so bisschen zusammen.
- Ja es war ein bisschen lockerer als im anderen Teil, weil man doch zusammengearbeitet hat, zusammen am Computer, wenn's nicht geklappt hat, und im Seminarraum, bei den Aufgaben da hat man eher zusammengearbeitet.

- Die ist kommunikativer geworden. ... man saß so nebeneinander am Computer hat sich da ausgetauscht irgendwelche Fragen und da war also auch ... ja ist die Kooperation gestiegen.
- Dann in der Teilchenphysik war's natürlich besser, weil man ja auch dann gleich in der Gruppe drüber sprechen konnte, was man jetzt gelesen hat und so, wie das ist.
- Die war gut. (-: Es war noch kommunikativer.
- Da war's auf jeden Fall ein Stückchen besser als bei der Quantenmechanik. Aufgrund dieser Lernkontrollen war's so ein Miteinander "Hey, hast du die vier, kannst du mir kurz erklären wieso", also es war auf jeden Fall besser. Ja das war interaktiv das ganze
- Also mir gefällt die Atmosphäre sehr gut. Es ist eine lockere Atmosphäre, man kann viel zwischenfragen, man kann sich unterhalten mit dem Nachbarn, wenn man was nicht versteht oder auch über die Tische hinweg, und was ich auch sehr gut find ist dass die Dozenten auch irgendwie merken wenn was unklar ist und herkommen, das war ja heute zum Beispiel so da kam dann der Herr „xy“ her, ist irgendwas unklar?, wobei wir hatten das dann schon geklärt. Doch. Also sowohl die Interaktion zwischen den Studenten als auch zwischen Dozenten und Studenten ist gut.
- Natürlich, wir haben ja auch über die Bänke kreuz und quer geredet.
- Die Nichtgeographen, die da drin waren, hat man ja auch kennengelernt, irgendwie zwangsläufig, deswegen denke ich eben dass es gut war, und dass man ja auch mit den Leuten zusammengearbeitet hat, und ja auch alle mitgerissen wurden so war eigentlich auch wenig Ablenkung, so denke ich das das alles sehr positiv war.

Arbeitsatmosphäre im aktiven Teil

Die Arbeitsatmosphäre wird im Vergleich zum Vorlesungsteil als motivierter beschrieben (Abbildung 4.50).

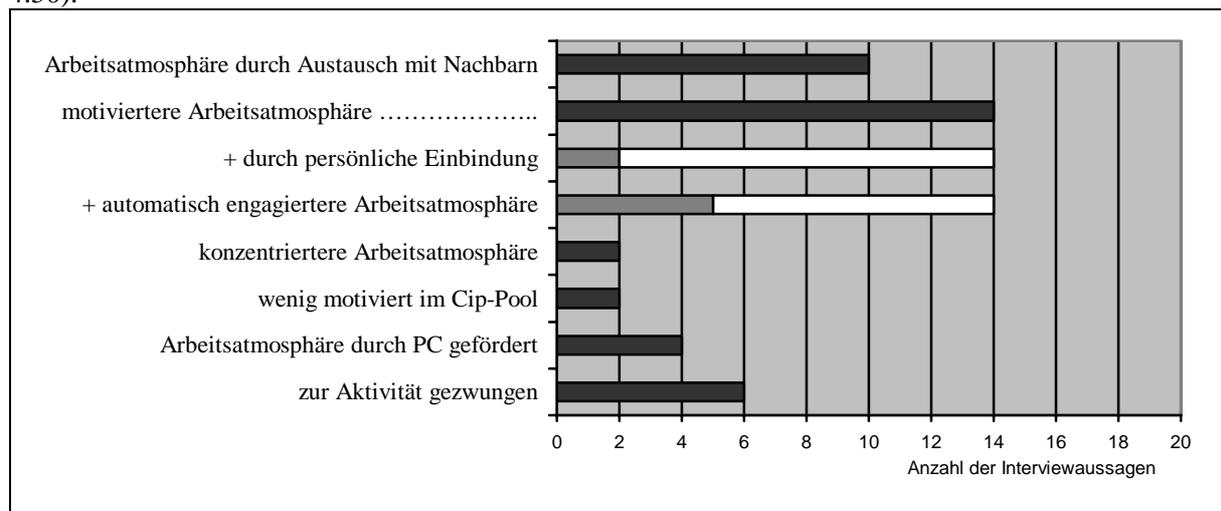


Abbildung 4.50: Interviewstudie – Arbeitsatmosphäre im aktiven Teil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

Arbeitsatmosphäre durch Austausch mit Nachbarn

- es haben sich ja eigentlich alle mit der Materie beschäftigt, deswegen gingen dann die Diskussionen oder so meist auch über den Stoff, da war wenig jetzt physikfremdes diskutiert oder unterhalten.

motiviertere Arbeitsatmosphäre

- Die Teilchen, da war man schon eher motiviert, weil das war... da hab ich dann auch mehr verstanden irgendwie. Während der Veranstaltung. Und bei Quantenmechanik wie gesagt da war ich auch nicht so motiviert. Weil ich eben nichts zu Hause getan hab.

motiviertere Arbeitsatmosphäre durch persönliche Einbindung

- da hat man dann persönlich so zu sagen noch eine Bindung, man hat noch etwas offen, man möchte noch irgendein Problem lösen und es wieder einfach auf einer persönlicheren Ebene und da glaube ich, dann schaut man auch gerne mal was nach.
- man ist dann schon mehr gefordert dann auch, Eigenverantwortung zu übernehmen eigentlich.

automatisch engagiertere Arbeitsatmosphäre

- Ist natürlich höher, weil man da sich gleich selber anstrengen muss, indem man's lesen muss und verarbeitet und so ist's natürlich anders als wenn ich nur dasitz' und konsumiere, irgendwas erzählt er mir, und ich schreib's mit. Ist natürlich viel höher gewesen. Weil man gleich dabei war.

Arbeitsatmosphäre gefördert durch Computer

- noch kommunikativer, der Austausch war noch mehr unter den Studenten, weil man eben auch am Computer zusammen gearbeitet hat... direkt am Computer seine Versuche durchgeführt hat oder so, war man dann natürlich aktiv am Arbeiten so zu sagen und das hat viel mehr Spaß gemacht, als einfach nur mit zu schreiben.
- ich war am Anfang ein bisschen erstaunt, dass es wirklich so klappt, wenn man jetzt da was zu zweit oder dritt, da wirklich an dem Laptop dran sitzt, weil {in einem anderen Fall} hatten wir auch so Veranstaltungen mit Computer oder Übungen, wo wir das mit dem Computer machen mussten und da war eigentlich kein Lernerfolg vorhanden. {Dort} war es so, da hatten wir eben zu bestimmten Sachen eben auch Übungen, die sollten wir dann bearbeiten, die Übungsaufgaben, und das ging, aber es war jetzt nicht so, dass man jetzt dann den Stoff jetzt gelernt hätte oder die Zeit gehabt hätte, um das nachzubearbeiten und zu lernen, sondern da lief es dann immer so ab: Man hat halt gekuckt, welche Konstanten sind gegeben und dann hat man das halt durchprobiert, die Aufgabe gelöst und dann kam irgendwann halt die Aufgabe raus, also man hat im Prinzip die Formeln abgetippt und dann gekuckt, da kommt xyz, der motzt dann schon rum, wenn es nicht funktioniert und dann halt solange, bis dann ein Ergebnis heraus gekommen ist und dann hat man das halt abgegeben. Aber jetzt gelernt hat man dabei eigentlich nicht sehr viel. Man hat halt da die Übungen gemacht und ja, das war es dann.

zur Aktivität gezwungen

- Positiv fand ich, dass man gezwungen wird eigentlich, sich wirklich mit dem Thema auseinanderzusetzen, dass es nicht funktioniert, aus dem Fenster zu schauen. Dass man einfach gezwungen wird, sich damit zu beschäftigen, und wenn man sich damit beschäftigt, dann ist es einfach auch schon Lernen. Dass man sich schwer dem entziehen kann.

Tempo

Das Tempo wird zum großen Teil als angemessen bezeichnet (Abbildung 4.51).

Interviewfrage: Wie beurteilen Sie das Tempo in der Veranstaltung?

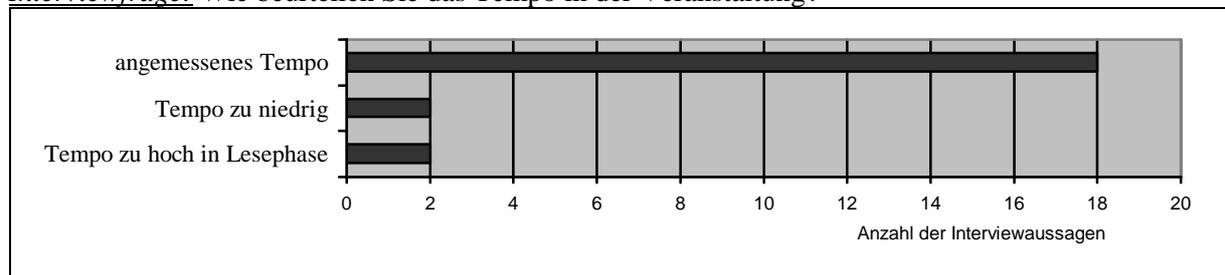


Abbildung 4.51: Interviewstudie – Tempo im aktiven Teil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

Tempo angemessen

- Das Tempo war auch wieder okay, ich denke mal da kann man auch... ich weiß nicht ob man da viel falsch machen kann weil der eine liest schneller der andere liest langsamer
- War voll ausreichend. Also, die Stunden, die Sie uns da zum Lesen oder Computerbearbeiten gegeben haben, waren gut berechnet.
- Ja das war selbstbestimmt. War gut.
- Also ich fand es vom Tempo her gut. Man konnte gut mitarbeiten.
- Also für mich war es OK, ich weiß auch nicht, was die anderen immer wieder so lange gemacht haben ☺. Aber ich mein, das war jetzt auch nicht irgendwie schlimm, wenn wir da ein bisschen Pause hatten

Stellungnahmen zur Idee hinter der aktiven Form

Die Studierenden bekräftigten die Verwirklichung des Konzeptes, dass sie tatsächlich effektiv in der Veranstaltungszeit lernen und sich die Nachbearbeitungszeit verkürzt (Abbildung 4.52). Außerdem schätzen sie eine spätere Wiederholung der Inhalte für eine Prüfung, Staatsexamen oder Diplom, als leicht ein.

Interviewfrage: Es ergibt sich die These, dass in der Physik der Materie das Lernen effektiv in der Veranstaltungszeit stattfand und sich die Nachbearbeitungszeit im Vergleich zur Vorlesung reduziert hat. Was sagen Sie dazu?

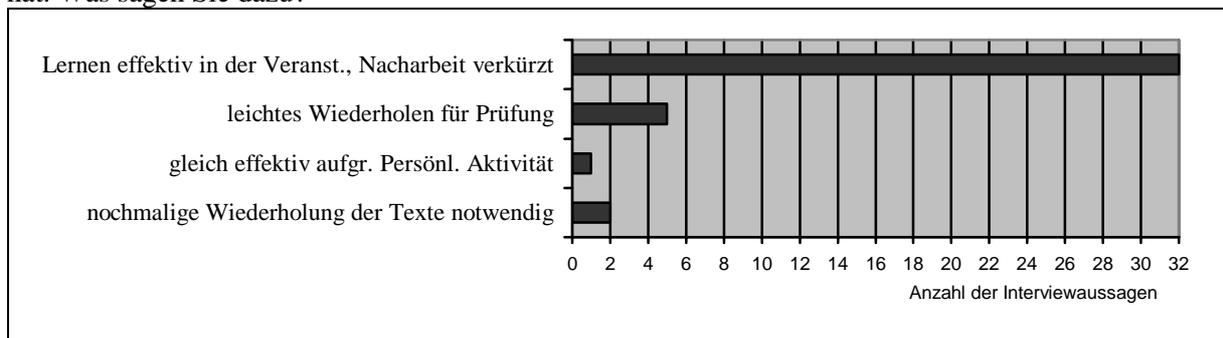


Abbildung 4.52: Interviewstudie – Stellungnahme zur Idee hinter der aktiven Form

Typische Beispielantworten

Lernen effektiv in Veranstaltung, Nacharbeit verkürzt

- Vor allem es ist ja auch insgesamt 6 h oder relativ viel Vorlesung pro Woche, und wenn man jedes Mal daheim viel lernen muss, dann ist es sehr zeitaufwendig die ganze Vorlesung. Und deswegen was schon gut gewesen ist im zweiten Teil, wo man in der Vorlesung selbst viel gelernt hat und dann die Nachbearbeitung bleibt zwar nie ganz aus aber jedenfalls deutlich geringer als jetzt wenn man nur mitschreibt.
- Da bin ich ganz sicher, ich seh's ja an mir selber. Ich bin jetzt wie gesagt ganz ehrlich nicht immer so aktiv da gewesen wie ich hätte sollen, aber was ich mitgenommen habe - also zum Beispiel Zeitdilatation, das hatte ich total cool durchgerackert, das war alles, ja hingegen Quantenmechanik, ich wusste, Elektron hat die Eigenschaft Ort nicht, aber ich musste alles von Urschleim noch mal genau noch mal durch und wie kommt man darauf, also es war schon, Zeitersparnis und auch effektiver mit den CDs oder auch Übungsgruppen.
- Dadurch dass man effektiver mitarbeitet weil man also man ist ja quasi gezwungen mitzuarbeiten. Weil man ja nicht mehr jemandem zuhört sondern das selber steuert. Dass man dadurch eben viel mehr mitbekommt.
- Das Gute ist, dass man's gleich mitnimmt und nicht erst 2 Wochen vor der Klausur. So mit dem Stress da nur drei Stunden zu schlafen
- im Endeffekt gehts doch darum, dass man was lernt. Und wenn ich bei ner normalen Vorlesung so gesehen in der Vorlesung nichts lerne und alles zu Hause nochmal nachpauken muss, brauche ich natürlich zu Hause viel mehr Zeit als wenn ich jetzt schon hier was lerne und auch was übe mit den Übungen und mit den Verständnisfragen.

Kooperatives Lernen

Die Studierenden verwirklichten kooperatives Lernen und bewerteten es als lernförderlich (Abbildung 4.53).

Interviewfragen: Ein besonderes Merkmal in der Physik der Materie war die Möglichkeit, Partner- und Gruppenarbeit wahrzunehmen.

Haben Sie in Partner- und Gruppenarbeit gearbeitet? Wie beurteilen Sie die Gruppenarbeit in der Physik der Materie bezüglich des Lernerfolgs, der Motivation, des Interesses?

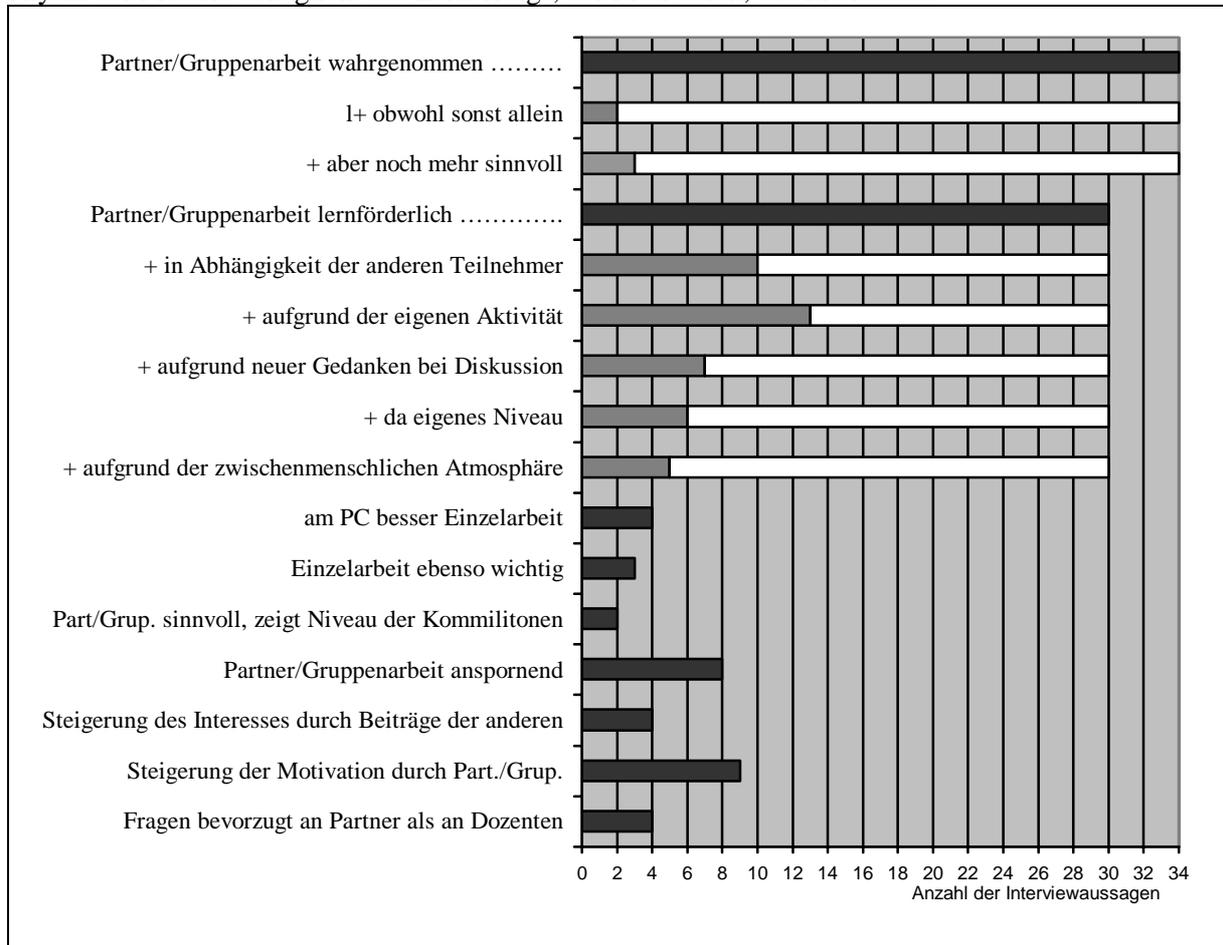


Abbildung 4.53: Interviewstudie – Kooperatives Lernen in dem aktiven Teil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

Partner/Gruppenarbeit wurde wahrgenommen, obwohl sonst allein

- Ich neig zunächst mal nicht dazu das zu machen also ich bin eher jemand, der sich selber durchwurstelt. Aber es ist glaube ich nicht schlecht. Weil man wenn man's so richtig macht kommt man sich komisch dabei vor erst mal

Partner/Gruppenarbeit lernförderlich in Abhängigkeit der anderen Gruppenteilnehmer

- Also ich hatte sehr Glück, weil ich einen sehr guten Partner hatte, von daher war der Lernerfolg sehr groß. Wenn man einen sehr unmotivierten Partner hat, oder einen der "Whwhwhw..." dann glaub ich ist es nicht so groß. Ich denke es kommt immer auf den Partner an. Ich hatte Glück.

Partner/Gruppenarbeit lernförderlich aufgrund der eigenen Aktivität

- Es ist ja eigentlich immer förderlich wenn man diskutiert was man da macht.
- aber wenn man's wirklich macht muss man sich dann nachher wirklich noch mal genau vergewissern was man wirklich hat also da kann man nicht so wischi waschi drüber gehen, sondern muss halt ausformulieren, wenn man dann erklärt und erzählt und darüber redet, und die Dinge konkretisieren. Und das ist glaube ich schon lernförderlich.
- Ja, es war schon lernförderlich insofern, weil man ja drüber diskutiert, was einem unklar war, konnte man ja dann abklären mit Ihnen. Das war schon lernförderlich, weil man sich ja in der Diskussion Gedanken drüber gemacht hat. Und dann konnte man das gleich klären.

- Also mir hilft das schon also ich muss da immer irgendwie drüber reden, und es muss gar nicht unbedingt irgendetwas Neues von jemand anderem kommen sondern dadurch dass ich das irgendwie mal gesagt habe dann - weiß nicht was das für ein Lerntyp ist - dann kann ich's mir besser merken. Und deswegen hat's mir schon was gebracht.
- Ich glaub schon, dass das viel bringt, wenn man selber auch noch mal was erklären muss. Weil erst wenn man das versucht, dem anderen zu erklären, also, wenn ich ihm was erklären muss, meinem Nachbarn, dann merk ich, wenn ich was erklären muss, ob ichs verstanden hab. Aber ich kanns nicht erklären, wenn ichs nicht verstanden hab. Und anders rum ist es wahrscheinlich genauso, von daher gesehen, glaube ich schon, dass das was bringt.
- das Wichtige ist eigentlich, dass man selbst versucht, die Sachen zu formulieren. Man lernt immer, wenn mich einer fragt „erklär mir was“, dann mach ich das immer, weil ich weiß in dem Moment, wo ichs ihm erklär, muss ich wieder drüber nachdenken. Und es bringt viel mehr als einfach nur Zuhören, weil das geht nicht, da schaltet man ab, da wird man nicht gefordert.
- Dann kann man selber irgendwie noch einmal sagen, was man weiß praktisch und dann fühlt man sich nachher auch sicherer wahrscheinlich. Also mir geht es auf alle Fälle so, wenn ich ein bisschen darüber reden kann oder so was, was ich ..., wie ich das sehe, ob das so ist und so was und dann ..., dann verankert sich das besser im Gehirn.

Partner/Gruppenarbeit lernförderlich aufgrund der zwischenmenschlichen Atmosphäre

- man aquiriert viel schneller Wissen und wenn das Wissen so zu sagen, von Gesicht zu Gesicht nahe gebracht wird, dann passt man anders auf, weil dann schaut man nicht einfach weg oder schaut aus dem Fenster. Das macht man nicht, weil das ist unhöflich

Partner/Gruppenarbeit anspornend

- Ja doch, Motivation - ja grad wenn ich jetzt grad nicht so viel Lust hab, oder da sitzt einer neben mir, der sagt das ist doch so und so, dann komm ich auch mit rein, als wenn ich so ganz alleine da sitz und dieses Arbeitsblatt sehe und wenn ich jetzt die erste Frage nicht ganz beantworten kann "Hmm,)-:" und das ist schon angenehmer, wenn einer neben einem sitzt.
- Ja! Weil er war immer schneller als ich, und (-:
- Also negativ auf gar keinen Fall, und positiv - ja man will halt nicht dumm dastehen. Vor dem Nachbarn und deswegen sagt man bemüht sich vielleicht, dass man's schneller kapiert oder dass mans generell gleich kapiert.
- man möchte auch verstehen, was der andere meint und man möchte auch, wenn der jetzt noch einmal nachfragt „hast du es kapiert?“ oder so, dass man dann nicht sagt „äh was?“, sondern das man wirklich sich so zu sagen ..., man möchte das einfach auch wieder geben.
- Man kann sich einfach auch im positiven Sinne profilieren, wenn man sagt „du, das erkläre ich dir das nächste Mal“, dann fühlt man sich einfach toll, wenn man dann sagt „ah, das habe ich noch nachgeschaut und das weiß ich jetzt, wie das geht“ und so und kann das dem anderen erklären und man hat einfach so ein kleines Erfolgserlebnis. Also von dem her, ist es absolut sinnvoll, da eben Gruppenunterricht zu machen, gruppendynamisch zu arbeiten.
- Man kann sich nämlich dann direkt auch messen, dass man weiß, wo steht man gegenüber dem Partner. Dementsprechend halt, wenn man weiter hinten steht, das auf zu holen. Lernerfolg also gut.

Steigerung des Interesses durch Beiträge der anderen Gruppenmitglieder

- wenn man irgendwie ins Gespräch kommt, irgendjemand stellt eine Frage oder so, dann ist man gleich in einer Diskussion und dann ist es natürlich wesentlich interessanter alles, denke ich, also wie wenn man da für sich sein Süppchen kocht.

Steigerung der Motivation durch Gruppenarbeit

- es war schon locker, klar, mal etwas anderes, als wenn da jeder vor seinen Blatt da sitzt und nur durchliest,
- wenn die gesamte Zeit praktisch Gruppenarbeit ist, dann ist man ständig irgendwie im Thema und redet halt immer über das Thema, egal, ob jetzt tiefer oder nicht so tief, aber man redet über das Thema und widmet praktisch die Zeit nur dem und das ist nachher halt ..., also das motiviert dich dann auch, wenn du so ein bisschen ..., irgends was vielleicht selber mal erklären kannst, wenn es jemand anderes nicht verstanden hat oder so was.
- Es ist vielleicht dadurch ganz nett, dass man immer wieder mal ein bisschen ratschen kann, ja gemeinsam irgendetwas lustig finden kann
- Es hat einfach Spaß gemacht. Und was Spass macht, motiviert, das ergibt sich von selbst. und auch der Lernerfolg stellt sich dann ein. dem kann man sich dann gar nicht versperren, auch wenn du es krampfhaft versuchen würdest, es funktioniert nicht.

Fragen, die man lieber an den Partner stellt als an den Dozenten

- Mit nem Partner zusammen das nochmal durchzusprechen und typische Studentenbarrieren zu überwinden, so Gedankenbarrieren, die ein Dozent vielleicht gar nicht so mitkriegt, wenn der das alles schon beherrscht, das ist vielleicht günstig, wenn man sagt, machen wir jetzt auch so drauf, dass man sagt, also die Frage halte

ich jetzt für so bescheuert, da möchte ich meinen Dozenten jetzt wirklich nicht mit belasten. Das heisst, da fragt man lieber den Kommilitonen. Das finde ich ganz gut.

- der Austausch war einfach da. Und das war sehr angenehm und auch sehr förderlich, weil man eben an Kommilitonen doch mal eine etwas banalere Frage stellt als an den Dozenten.
- bei einem Banknachbarn hast du auch wahrscheinlich weniger Hemmungen, dass du nachher auch einfach total dumme Fragen stellst, also dass du wirklich sagst: „Ja, wie war das jetzt? Ist da jetzt das Minus oder ist das jetzt Plus?“ oder irgend so was, einfach so normale Sachen, die du eigentlich ..., wo man denkt, das muss man eigentlich wissen und so was und das kann ich fast die Dozentin nicht fragen, das ist echt peinlich.

Beziehung zum Dozenten

Das Erklärungs-niveau des Dozenten sei „studentennah“ (Abbildung 4.54). Dass dem Dozenten die Routine vieler Jahre Lehre fehlt, wird als positiv empfunden.

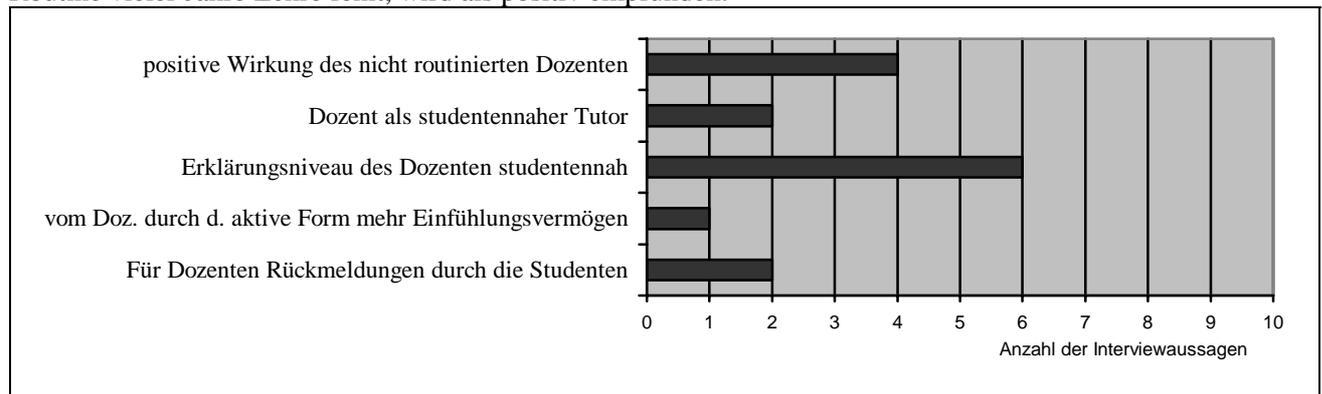


Abbildung 4.54: Interviewstudie – Beziehung zum Dozenten in dem aktiven Teil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

Positive Wirkung des nicht routinierten Dozenten

- Und mir kam es auch noch so vor, weil Sie da nicht wahnsinnig so die Routine haben, wie es viele Dozenten immer haben in den Vorlesungen, die das einfach so runterknallen und die Ihre vorgefertigten Sätze, die Sie seit fünf Jahren sagen irgendwie runterleiern, weil Sie so manchmal zwischendrin auch kurz überlegt haben und irgendwie an einer Skizze etwas hergeleitet haben, das war irgendwie halt anders als in einer normalen Vorlesung.

Dozent als studentennaher Tutor

- was ich wichtig fand, ist, man hat nicht dieses Gefühl, Dozent und Studenten, sondern irgendwie ist es halt eher, man fühlt sich als Team eher, würde ich sagen. Also der eine weiß halt einfach mehr und vermittelt es und man ist irgendwie ..., also das ist für mich so das Entscheidende eigentlich. Man hat nicht so das Gefühl, da vorne steht jemand und der hat eh schon irgendwie den Kontakt zu den Studenten verloren

Erklärungs-niveau der Dozentin studentennah

- Gut bei Ihnen würd ich's jetzt ein bisschen anders einschätzen da ist es immer gleich sehr einleuchtend. Aber normalerweise ist das mit dem Professor ja immer so, dass das ein anderes Niveau ist und dann hat man's immer noch nicht verstanden. {Unter den Studierenden geht das dann echt schneller.}
- du kannst dann auch gut erklären, das find ich schon auch, was viele nicht können.

Vom Dozenten durch die aktive Form mehr Einfühlungsvermögen gefordert

- man muss dann auch einmal als Dozent mehr Einfühlungsvermögen haben und dann sagen, jetzt mach mal ruhig und wir lösen das schon in der Gruppenarbeit... eine Sache des Dozenten, wie der das halt einfach managt, dass der solche Leute dann halt einfach gesondert noch einmal beiseite nimmt und sagt, dass kriegen wir schon

Für Dozenten Rückmeldung durch die Studenten

- als Vortragender oder als Leitender viel schneller, wo stehen denn meine Studenten als wenn man einfach vorne vorträgt.

Hauptunterschiede zwischen der aktiven Form und der Vorlesung

Als Hauptunterschiede zwischen der aktiven Form der Physik der Materie zu einer traditionellen Vorlesung werden das aktive Lernen, die Selbstkontrolle der eigenen Leistung, der Kontakt zu dem Dozenten, die Effektivität, die Kommunikation und die Qualität der Lernmaterialien genannt (Abbildung 4.55).

Interviewfrage: Welches waren für Sie die entscheidenden Merkmale, die die aktive Veranstaltungsform der Physik der Materie von einer herkömmlichen Vorlesung – typische Mathe/Physikvorlesung - unterscheiden?

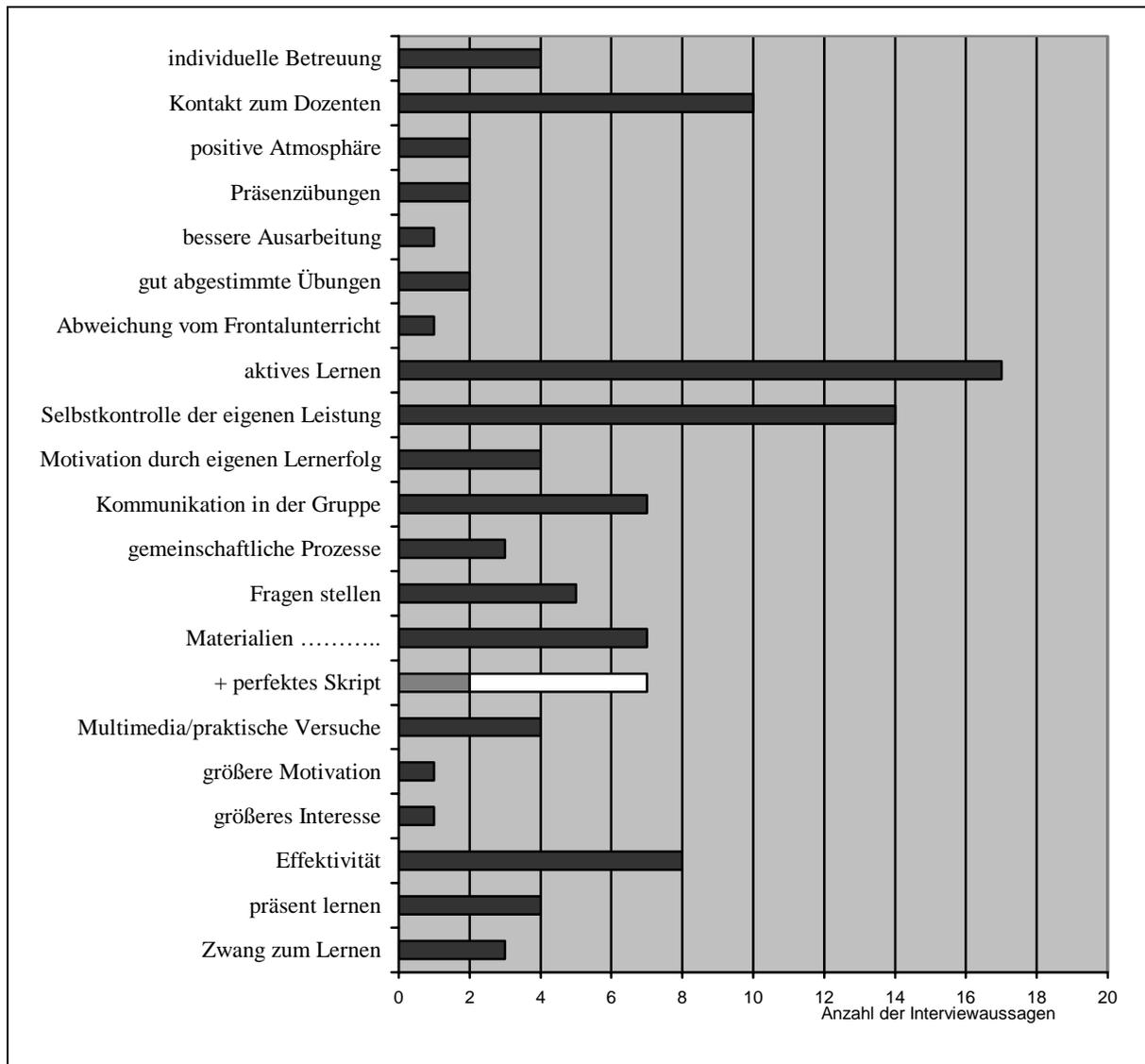


Abbildung 4.55: Interviewstudie – Hauptunterschiede zwischen dem aktiven Teil der Physik der Materie und der traditionellen Vorlesung

Typische Beispielantworten

Unterschied zu üblicher Vorlesung: individuelle Betreuung

- man wird direkt angesprochen und es wird sich aber auch direkt ..., auf der anderen Seite, die schöne Seite, es wird sich immer auch direkt um dich gekümmert. Also, wenn du Probleme hast, man wird viel mehr angestoßen, etwas zu tun und das ist, glaube ich, der große Vorteil.

Unterschied zu üblicher Vorlesung: Kontakt zum Dozenten

- und dass eben die Interaktion mit dem Dozenten auch permanent eigentlich da ist,

- Ihr habt ja keine Ahnung, wie vielen Leuten ich schon empfohlen habe, sich das anzuhören, wenn die irgendwas mit Physik machen wollen. Ich mein das EHRlich, es gibt nirgends einen besseren Betreuungsfaktor.
- dass man jederzeit auch außerhalb der Vorlesung euch oder dich auch fragen hat können, dass du dir Zeit genommen hast auch, so mal was zu erklären, ja das fand ich auch sehr gut.

Unterschied: aktives Lernen

- wenn ich das klar machen muss, was so zu sagen einfach die großen Unterschiede sind, so, dass er sich nicht einfach vorstellt, dass er jetzt die nächste halbe Stunde Musik hören kann oder so, sondern das er sich einfach aktiv mit der Sache auseinandersetzen wird, automatisch, weil ihm so zu sagen schon etwas hingelegt wird und gesagt wird: „Lies das durch, du wirst nachher darüber reden müssen!“

Fragen stellen

- dass man halt Fragen stellen kann, die halt jetzt nicht direkt was mit der Vorlesung so zu sagen zu tun haben, sondern etwas abweichen, die man dann diskutieren kann.

Zwang zum Lernen

- in der aktiven Stunde war man halt doch irgendwie gezwungen, weil dann hieß es ja „jetzt macht`s den Versuch“ mit Selbstkontrollen und dann will man ja auch nicht einfach dasitzen und ist quasi gezwungen, da wieder mitzudenken.

Einschätzung der Präsenz

Die Präsenz in der Veranstaltung sei besonders wichtig für die Interaktion, für Rückfragen zwischen Student und Dozent, für den Austausch zwischen den Studierenden, außerdem sei die Präsenz wichtig, da ein Aufschieben des Lernens durch die regelmäßigen Termine nicht möglich sei, und sie sei wichtig für die eigene Motivation (Abbildung 4.56).

Interviewfrage: Wie beurteilen Sie Ihre persönliche Präsenz in der Veranstaltung?

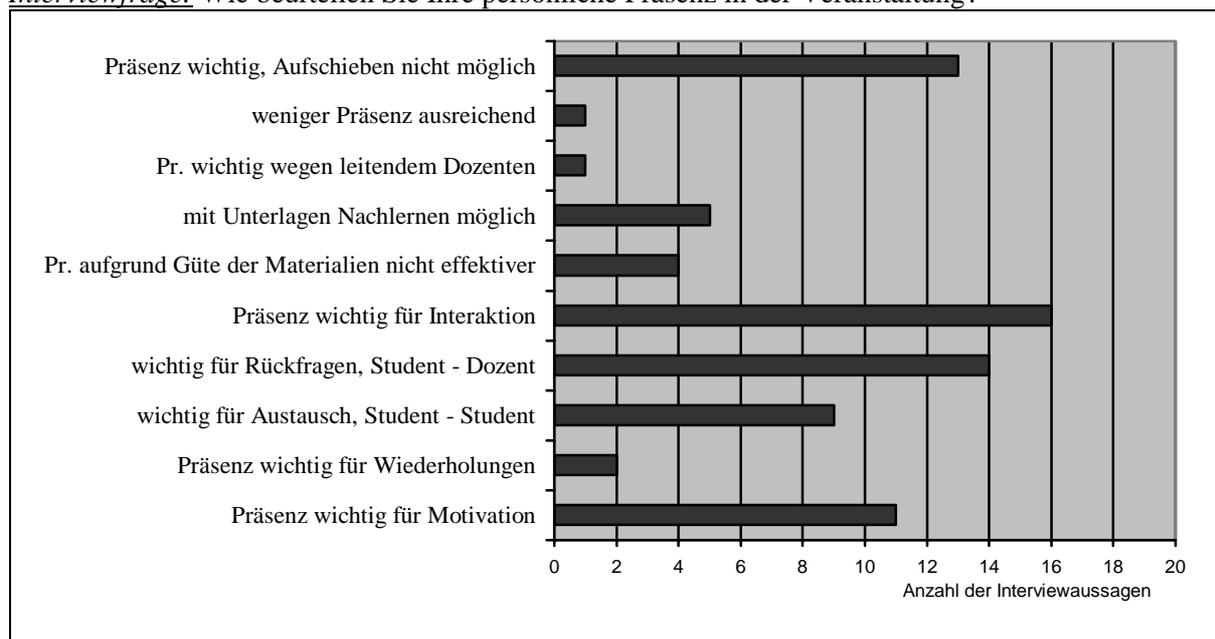


Abbildung 4.56: Interviewstudie – Einschätzung der Präsenz in dem aktiven Teil der Physik der Materie

Typische Beispielantworten

Präsenz wichtig, Aufschieben nicht möglich

- Na, die Präsenz ist schon wichtig. Ja, weil daheim schiebt man's dann doch nur auf. Dann macht man's halt wieder kurz vor der Prüfung und dann halt geballt, ... Also ich hätte das sonst mir nicht so regelmäßig angeschaut, und das ist ja doch besser wenn ich's dann vor der Prüfung nur wiederholen muss.
- Ich denke, dass es definitiv effektiver ist. Ich stell mir vor ich krieg ne CD und ein Buch, ich würd mich nicht hinsetzen. Grad wenn ich den Schein nicht brauch, dann würd ich das nach hinten schieben, weil schon allein im Semester jeden Dienstag Übungsblätter abzugeben sind oder sonst irgendwas wo man sagt das muss man noch machen, also der innere Schweinehund ist da groß bei mir, insofern würd ich mich da nie hinsetzen von mir aus und da sagen, jetzt lese ich mir das mal durch
- Für mich ist es persönlich eigentlich immer ganz gut die Veranstaltung, weil allein daheim mache ich eher weniger, daheim muss man sich selber aufraffen und mir persönlich fällt das eher schwer, und deswegen ist es auf jeden Fall besser in die Vorlesung zu gehen.

- ich glaub sie ist wichtig. Weil ich glaub (-: es liegt in der menschlichen Natur, das auf den letzten Drücker zu machen, es sei denn man ist halt konsequent und diszipliniert. Ich glaub hätten Sie mir die CD in die Hand gedrückt und gesagt, "okay „xy“, in drei Wochen sehen wir uns wieder", ich hätt's am Abend vorher versucht irgendwie hinzukriegen wenn ich ganz ehrlich bin. ...- diese Präsenz - einfach dass man weiß "okay jetzt sollte ich". Wenn ich weiß, okay in drei Monaten muss es fertig sein, ... ich hätte für jedes Referat drei Wochen Zeit gehabt. Wann hab ich's gemacht, den Abend vorher. Es ist jetzt nicht so dass ich mich von vielen anderen so sehr unterscheidet. Deswegen denke ich ist die Präsenz schon. wichtig.
- ich glaub das Problem ist, dass man zu Hause das eher ein bisschen (-: auf später verschiebt und auf nächste Woche verschiebt und deswegen ist es schon ganz gut wenn's von der Zeit eigentlich ist.

weniger Präsenz ausreichend

- Wahrscheinlich wäre so viel Präsenz nicht nötig gewesen. Sondern jede Woche eine Stunde bei der man Fragen stellen kann.

Präsenz wichtig wegen des leitenden Dozenten

- es ist immer noch eine Lernveranstaltung und da muss schon noch irgendwo jemand da sein, der den Überblick behält und das Wissen irgendwie noch einmal erklären kann.

Präsenz aufgrund der Güte der Materialien nicht effektiver

- 10 Da muss ich ehrlich sagen, dass es bei mir jetzt eigentlich das gleich ist. Aber generell also so 95% also die Richtung grob - sind die Skripte und die Kontrollen dementsprechend gut gemacht dass das sehr leicht verständlich war, nicht zu kompliziert zum Lesen war und ich kann nur sagen perfekt. Und das Interesse ist grad weil mir die Art von Physik nicht so liegt sag ich mal - ist wirklich geweckt worden. Also ich muss wirklich sagen, die Kontrollen und die Skripte, das war also... das hab ich noch nie erlebt, dass es so was gibt. Das war also wirklich klasse.

Präsenz wichtig für Rückfragen, Student - Dozent

- dann les ich's halt durch, wenn ich's dann doch mal tue, wenn ich ne Frage hab, ja und dann? Entweder da les ich weiter und lass die Frage oder ich schreib sie auf dann komm ich hier rein. Das fand ich schon sehr angenehm schon das selber lesen aber im Prinzip mit Betreuung. Dass jederzeit jemand da ist, der mir Fragen beantworten kann so dass ich nicht an nem Thema hängen bleib, oder einfach Schwamm drüber mach und weiterles, sondern direkt das Problem lösen kann.
- Die ist also eindeutig wichtig. Weil ich einfach gerne frag. Also merkt man glaube ich (-: Also es interessiert mich. Wenn's nur die CD wäre, dann wär's ja wieder vorlesungsartig, weil ich hab dann ja wieder diese Feedbackmöglichkeiten nicht. Die Interaktion die brauch ich einfach, es hält einen auch irgendwo wach im Kopf, weil man halt davon abgehalten wird nur über das Skript so drüber drüber drüber zu lesen und am Schluss nicht mehr zu verstehen. Das heißt ich hab mir Gedanken gemacht und das hält einen wach.
- Ich fand, die Präsenz war sehr wichtig. Na ja, ich mein, man kann's daheim lesen, das hab ich ja zum Teil auch gemacht, weil ich ja immer später kam da hatte ich nachgelesen. Aber ich find, wenn man das vor Ort gelesen hat, und gleich drüber gesprochen hat war viel besser. Also es ist schon besser, wenn man da jemanden noch hat. Mit dem man dann sprechen kann. Sei es denn in der Gruppe oder auch mit Ihnen. Das ist egal, man verinnerlicht das doch dann besser, wenn man dann drüber gesprochen hat noch mal. Als wenn man das da allein dann liest, da kann ich auch ein Buch einfach lesen, daheim. Ja, das ist schon deutlich besser.
- man kann halt schneller was fragen wenn ne Frage ist, man muss sich jetzt nicht selbst raussuchen
- Also der Vorteil ist für mich von der Veranstaltung, wenn man ne Frage hat, kann man die gleich stellen und kriegt sie geklärt, und so muss ich das aufschreiben und selber durchlesen und dann wieder hinfahren und fragen.

Präsenz wichtig für Austausch, Student - Student

- Oft habe ich gedacht, ich hab was verstanden. Dann kam der „xy“ hier rüber und hat gefragt "Du hier sag mal, hier bei der Frage, verstehst du das?" Und dann: Hm, ne doch nicht. Müssen wir noch mal lesen.

Präsenz wichtig für Motivation

- Also, allein kann man so was nicht durcharbeiten glaube ich. Das ist ja... das ist ja ganz langweilig (-:
- Klar. also wie gesagt ich fands superspannend wie das mit der Scheune, das macht die Motivation aus eigentlich, weil nur zu Hause und auswendig zu lernen was im Skript steht ist viel langweiliger als sich da son knackiges Ding auszudenken.
- Ich glaube, Motivation und Interesse hat sich da schneller eingestellt. In der Gruppe oder in der Präsenz. Weil man da eben gleich sich auseinander gesetzt hat mit dem Thema. Und bei dem anderen Verfahren daheim lesen einfach nur, ... kommt dann vielleicht langsamer einfach. Find schon, dass sich das einfach schneller einstellt.

Zusammenfassung der Beurteilung des Lehr-Lern-Systems der „Physik der Materie“

Der Einsatz des Lehr-Lern-Systems wird als sehr positiv bewertet.

- ⇒
- Der selbst eingeschätzte Lernerfolg in der Veranstaltung ist groß, das Lernen findet effektiv in der Veranstaltungszeit statt, die eingeschätzte notwendige Nachbearbeitungszeit ist gering.
 - Die für das Gelingen des Veranstaltungskonzeptes notwendige Präsenz wird von den Studierenden akzeptiert und als positiv angesehen.
 - Die Atmosphäre hat sich im Vergleich zu der bereits im Vorlesungsteil sehr gut bewerteten Atmosphäre noch verbessert. Ein Grund hierfür ist der gegenseitig Austausch unter den Studierenden, der in dem Lehr-Lern-System gefördert wird. Kooperatives Lernen wurde verwirklicht und befürwortet.
 - Die beiden für die Studierenden wichtigsten Unterschiede zu der traditionellen Vorlesungsform sind das aktive Lernen und die Selbstkontrolle der eigenen Leistung.

4.3.2 : Ergebnisse der Fragebögen

Dieses Kapitel beschreibt die Ergebnisse des Vergleichs zwischen einer traditionellen Vorlesung* und dem Lehr-Lern-System der „Physik der Materie“ mit Hilfe zweier Fragebögen. Zunächst werden die Ergebnisse des Fragebogens zur traditionellen Vorlesung (Anhang 6), anschließend die Ergebnisse des Fragebogens zur aktiven Form der „Physik der Materie“ (Anhang 7) mit Einsatz des Lehr-Lern-Systems dargestellt. Die beiden Fragebögen wurden mit Hilfe der Kategorien konzipiert, die aus der im vorangegangenen Kapitel 4.3.1 vorgestellten Interviewstudie gewonnenen werden konnten.

Die wichtigsten Aspekte des Vergleichs zwischen der traditionellen Vorlesung und der aktiven Form der „Physik der Materie“ sind:

- Die Nachbearbeitung für die traditionelle Vorlesung,
- die Hauptunterschiede zwischen den beiden Veranstaltungsstilen sowie
- die Gründe für den hohen Lernerfolg in der aktiven Form.

a) Ergebnisse des Evaluierungsbogens zur Beurteilung einer traditionellen Vorlesung

Im Folgenden sind die Diagramme abgebildet für

- die Bewertung einer traditionellen Vorlesungsform
- die Atmosphäre in einer traditionellen Vorlesung
- die Nachbearbeitung
- die Beurteilung des Dozenten.

Es wurden 34 Fragebögen eingereicht.

Dargestellt werden die durchschnittlichen Mittelwerte der Bewertungsskala von 1 = „sehr geringe Zustimmung“ bis 5 = „sehr hohe Zustimmung“. Die Balken sind bei Zustimmung dunkel eingefärbt, bei Ablehnung hell.

* eine beliebige traditionelle Vorlesung, nicht der Vorlesungsteil der „Physik der Materie“

Bewertung einer traditionellen Vorlesungsform

Bei der Bewertung einer traditionellen Vorlesungsform werden besonders „Veranstaltungen in kleinerem Rahmen“ mit einem höheren Lernerfolg bewertet, es wird bestätigt, dass die Studierenden „keinen Einfluss auf das Tempo“ haben, ebenso „keine Wiederholungsmöglichkeit“, und „erst bei der Übung zeigen sich Verständnisprobleme“ (Abbildung 4.57).

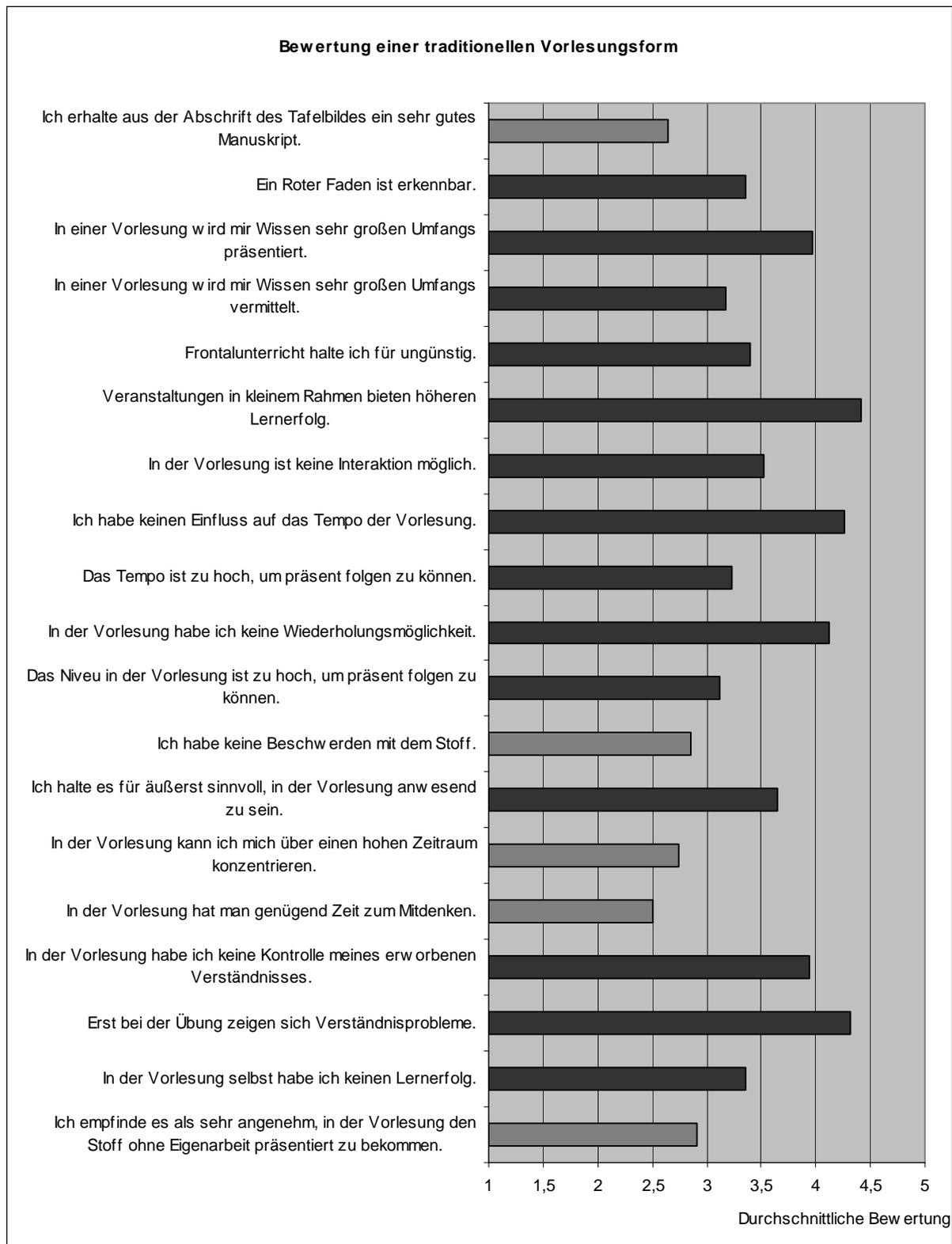


Abbildung 4.57: Fragebögen – Bewertung der traditionellen Vorlesungsform

Atmosphäre

Die Studierenden gaben an, dass in der Vorlesung nicht „viele Fragen gestellt“ werden, eine „produktive Arbeitsatmosphäre in der Vorlesung nicht aufkomme“, und das „allgemeine Arbeitsverhalten durch Passivität charakterisiert sei“ (Abbildung 4.58).

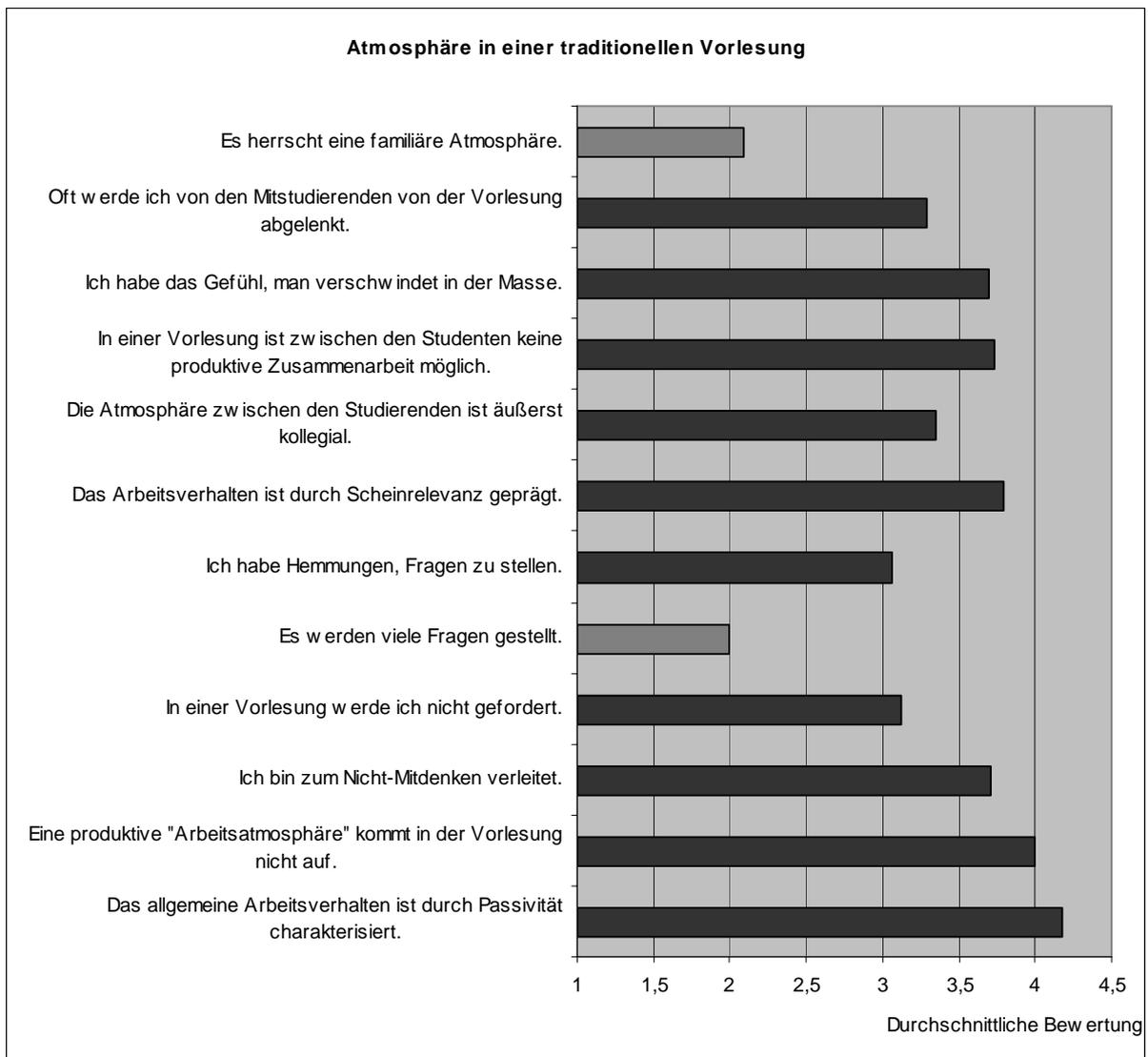


Abbildung 4.58: Fragebögen – Atmosphäre in einer traditionellen Vorlesung

Nachbearbeitung

Die Studierenden „nehmen es in Kauf, dass sie zum Semesterende für die Prüfung enorm viel lernen müssen, da sie nicht regelmäßig nachgearbeitet haben“, und sie erachten „die regelmäßige Nachbearbeitungszeit für das Verständnis als dringend notwendig“ (Abbildung 4.59).

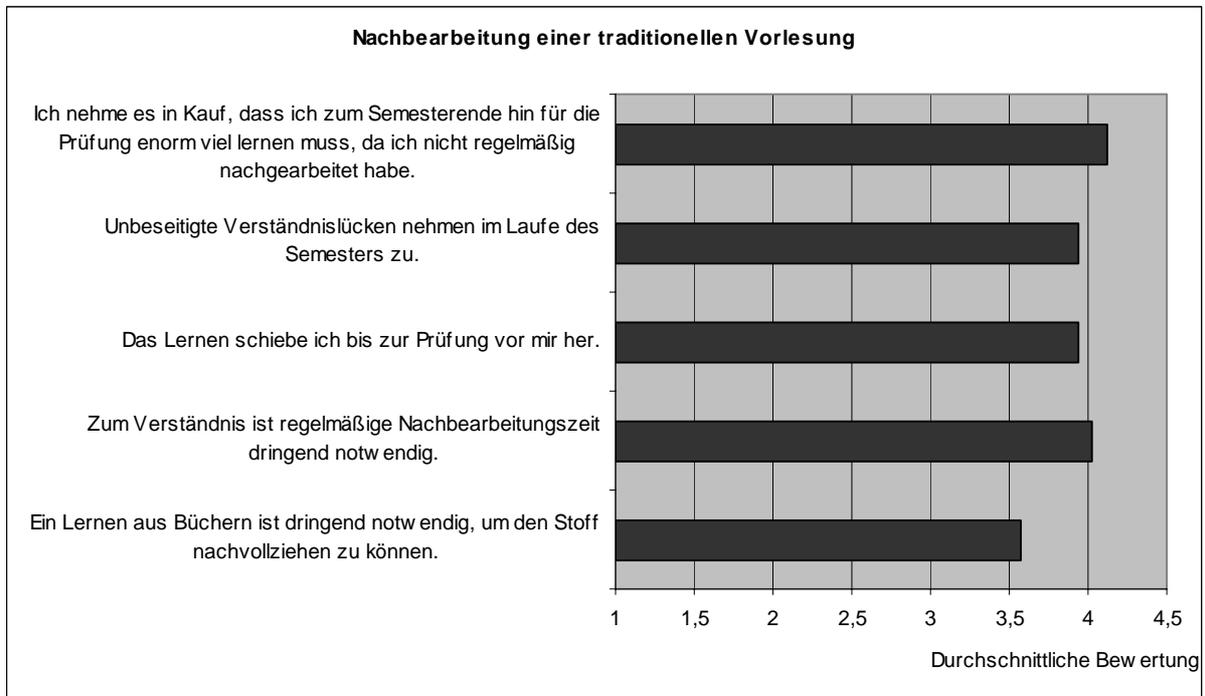


Abbildung 4.59: Fragebögen – Nachbearbeitung einer traditionellen Vorlesung

Beurteilung des Dozenten

Der Lernerfolg sei „sehr abhängig von der Gestaltung des Dozenten“ (Abbildung 4.60).

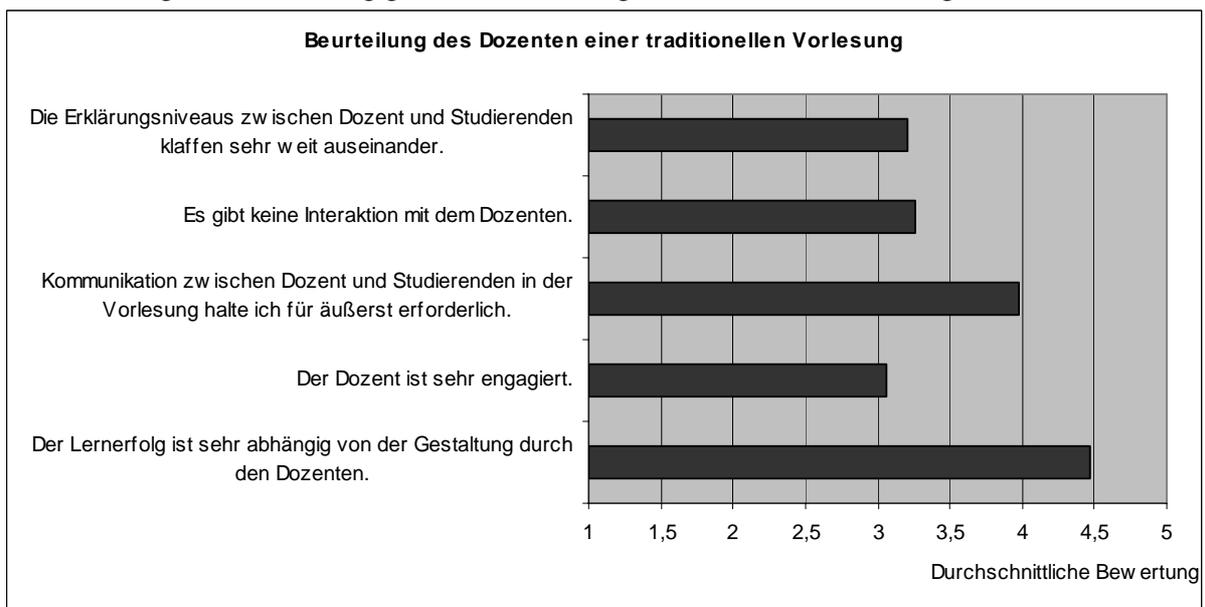


Abbildung 4.60: Fragebögen – Beurteilung des Dozenten einer traditionellen Vorlesung

Zusammenfassung der Beurteilung einer traditionellen Vorlesung

Die Erkenntnisse der Interviewstudie werden durch die Ergebnisse des Fragebogens bestätigt.



Ergebnis:

- Kumulatives Lernen findet nicht statt, die Studierenden lernen erst kurz vor der Prüfung.
- Die Arbeitsatmosphäre in der traditionellen Vorlesung ist durch Passivität charakterisiert.
- Die Beziehung der Studierenden untereinander ist distanziert.
- Es fehlen die Möglichkeiten für Interaktionen und Zusammenarbeit, die Wiederholbarkeit und die Kontrolle des eigenen Lernerfolgs.

b) Ergebnisse des Evaluierungsbogens zur Beurteilung des Lehr-Lern-Systems der „Physik der Materie“

Im Folgenden sind die Diagramme abgebildet für

- die Bewertung der in der aktiven Form eingesetzten Elemente,
- das kooperative Lernen,
- die Beurteilung des Dozenten,
- die Atmosphäre,
- die Beurteilung des Tempos,
- die Präsenz und die Unterlagen,
- der Lernerfolg,
- die Nachbearbeitung,
- die Hauptunterschiede zu einer traditionellen Vorlesung.

Es wurden 32 Fragebögen eingereicht.

Bewertung der in der aktiven Form eingesetzten Elemente

Erfragt wurde die Bewertung

- der Texte und Tafel (Abbildung 4.61)
- der Selbstkontrolle (Abbildung 4.62)
- der Übungen (Abbildung 4.63)
- des Web-Kurses (Abbildungen 4.64 und 4.65).

(Diese Bewertung stellt im Gegensatz zu der die drei Entwicklungszyklen begleitenden Evaluation eine abschließende Gesamtbewertung im Rückblick dar, die im Einklang mit den Einzelergebnissen pro Thema steht.)

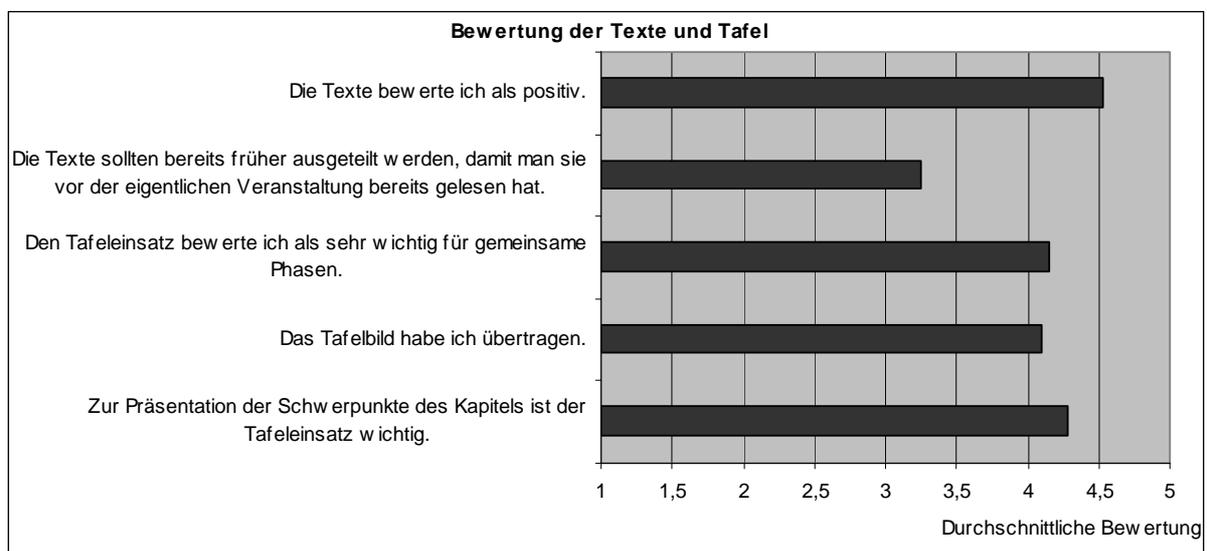


Abbildung 4.61: Fragebögen – Bewertung der Texte und Tafel in der aktiven Form der Physik der Materie

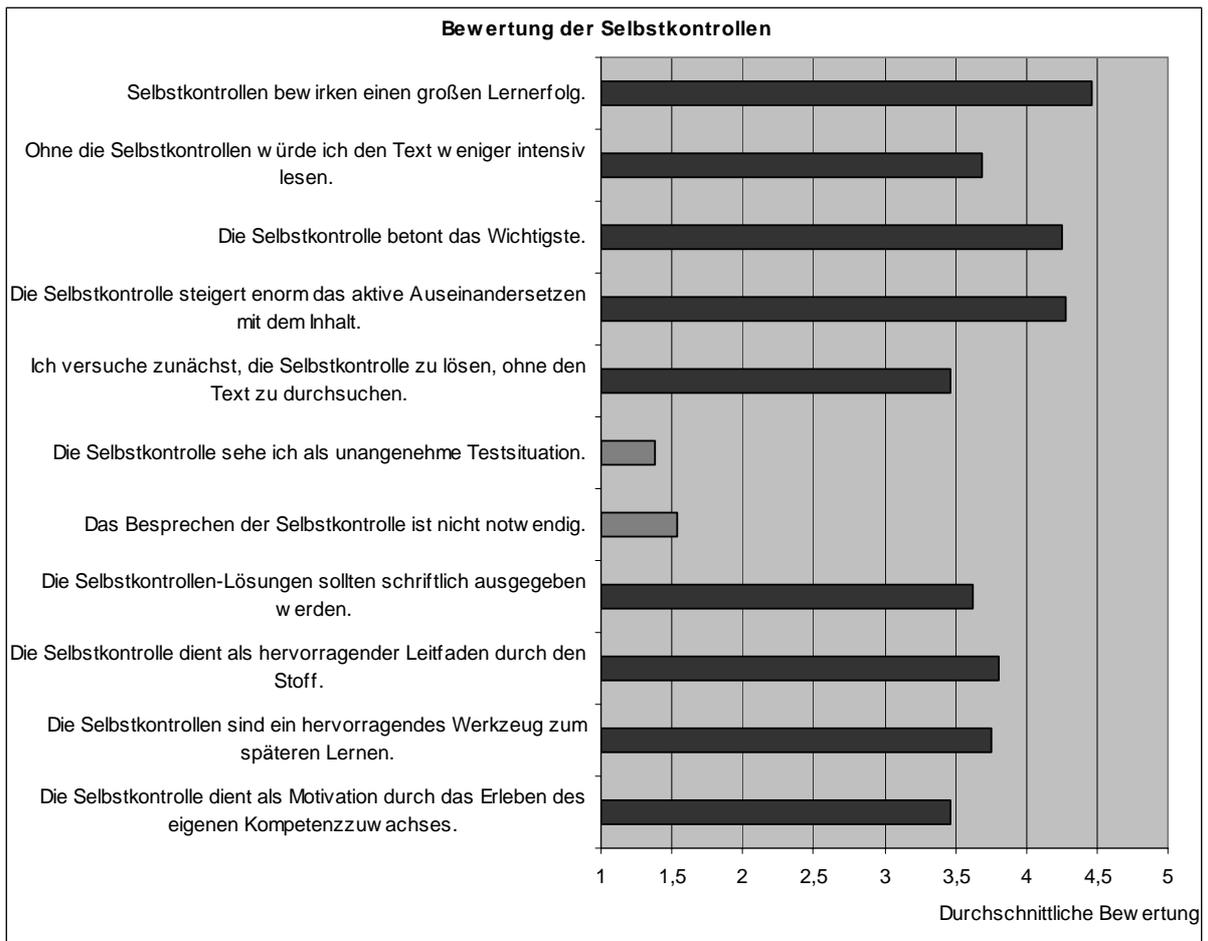


Abbildung 4.62: Fragebogen – Bewertung der Selbstkontrollen in der aktiven Form der Physik der Materie

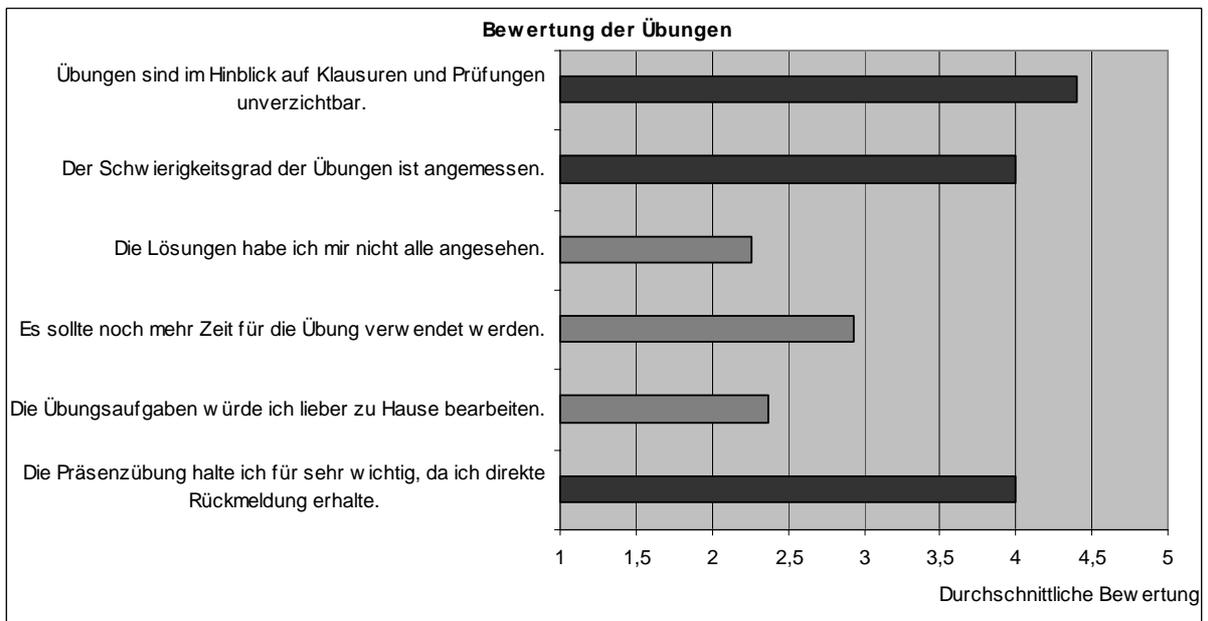


Abbildung 4.63: Fragebogen – Bewertung der Übungen in der aktiven Form der Physik der Materie

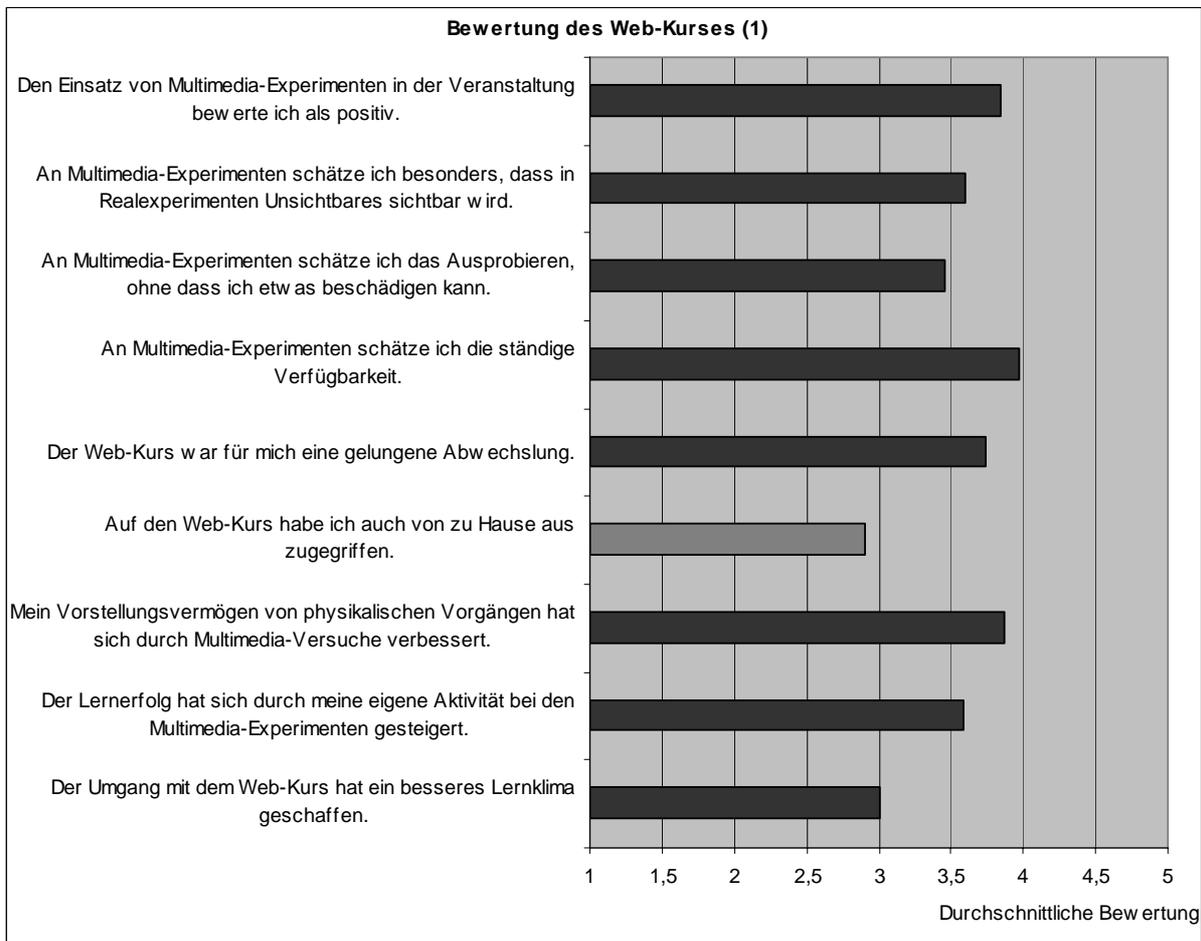


Abbildung 4.64: Fragebögen – Bewertung des Web-Kurses in der aktiven Form der Physik der Materie (1)

⇒ Ergebnis: Die vier Graphiken (Abbildungen 4.61 bis 4.64) spiegeln die große Zufriedenheit der Studierenden mit den Texten, Selbstkontrollen, Übungen und dem Web-Kurs wider, ebenso mit dem Umgang mit diesen Elementen.

In der folgenden Graphik, Bewertung des Web-Kurses (2) (Abbildung 4.65), wird noch einmal spezieller auf den Web-Kurs eingegangen, so auf die Texte, die in die Seiten eingebettet sind, und die Durchführung der Computer-Übung im Cip-Pool mit dem Tutor als Betreuer.

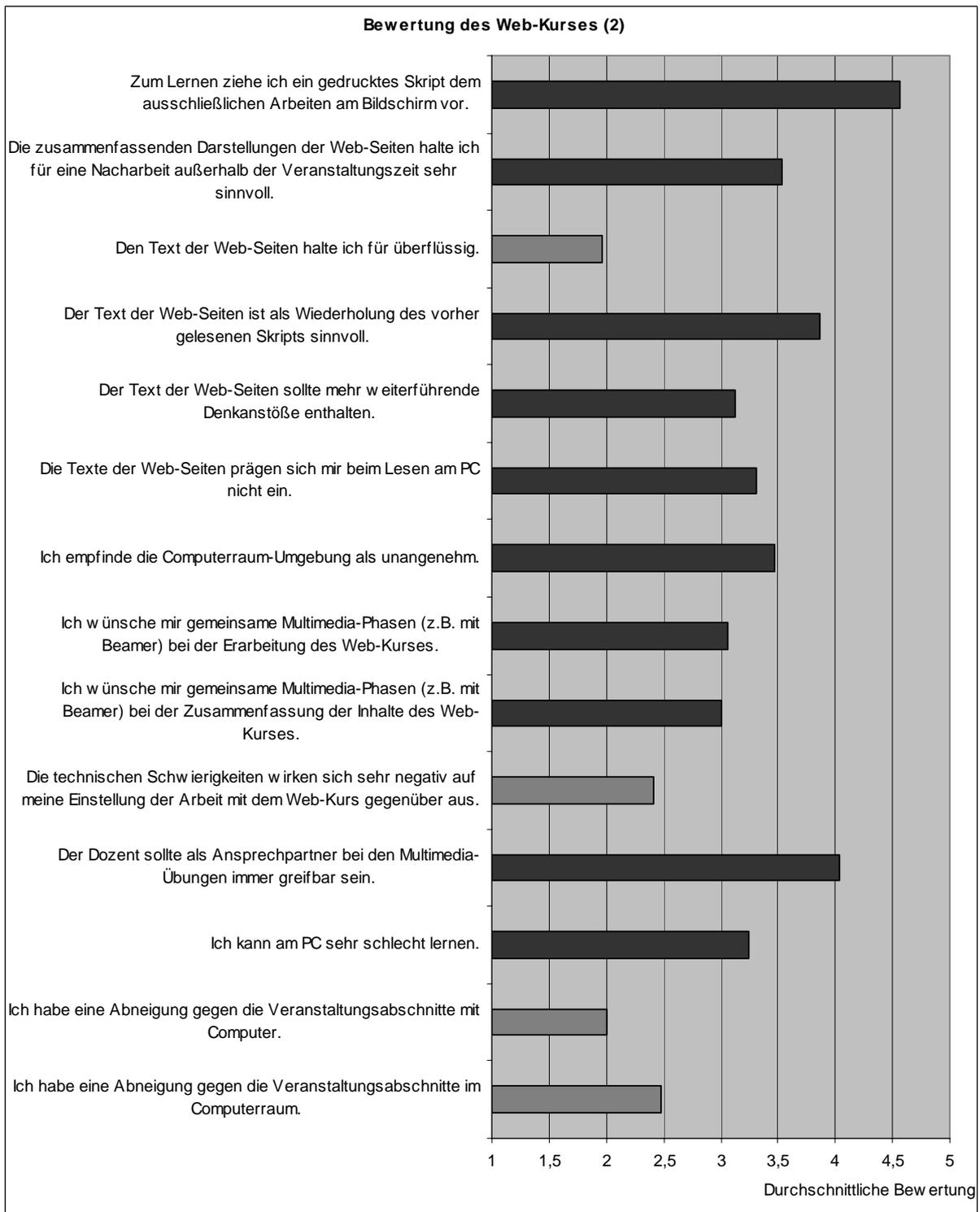


Abbildung 4.65: Fragebögen – Bewertung des Web-Kurses in der aktiven Form der Physik der Materie (2)

⇒ Ergebnis: Es wird deutlich, dass zum Wissenserwerb die Arbeit mit ausgedruckten Basistexten ausschlaggebend ist, die Texte auf den Web-Seiten nicht ausreichen. Dies spricht auch für die Entwicklung zusätzlicher Texte zu der CD im Abschnitt „Relativitätstheorie“. Auch wird das Problem deutlich, dass die Umgebung des Cip-Pools oft als unangenehm empfunden wird. Die Alternative, die Computer-Übung mit Notebooks im Seminarraum stattfinden zu lassen, bietet sich an.

Kooperatives Lernen

Es zeigt sich, dass die Studierenden oft alleine anstatt in der Gruppe lernen, obwohl sie die in dem Lehr-Lern-System geförderten Phasen kooperativen Lernens als sehr lernförderlich bewerten. Die hohe Bewertung der unterschiedlichen Aspekte ist in den Graphiken abzulesen (Abbildungen 4.66 und 4.67).

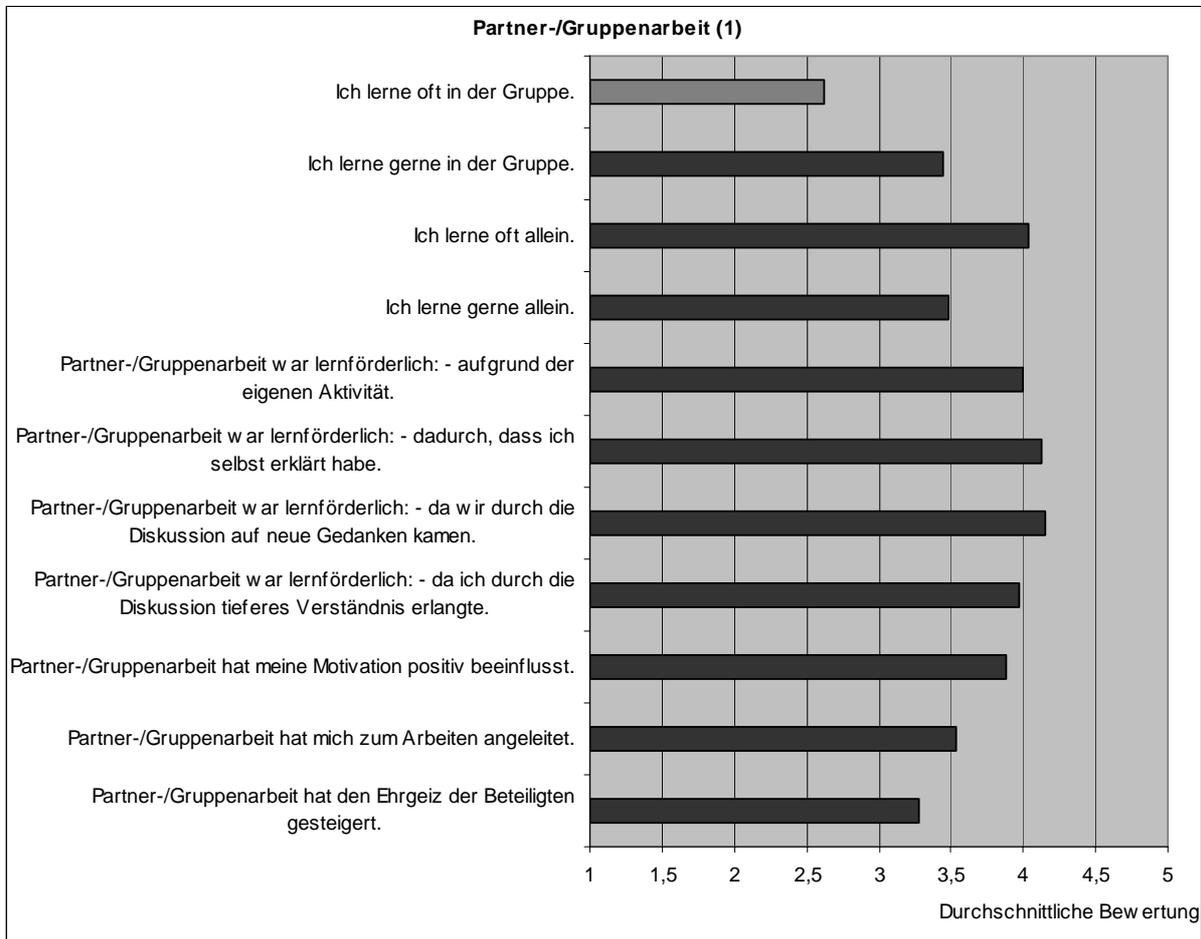


Abbildung 4.66: Fragebögen – Bewertung der Partner-/Gruppenarbeit in der aktiven Form der Physik der Materie (1)

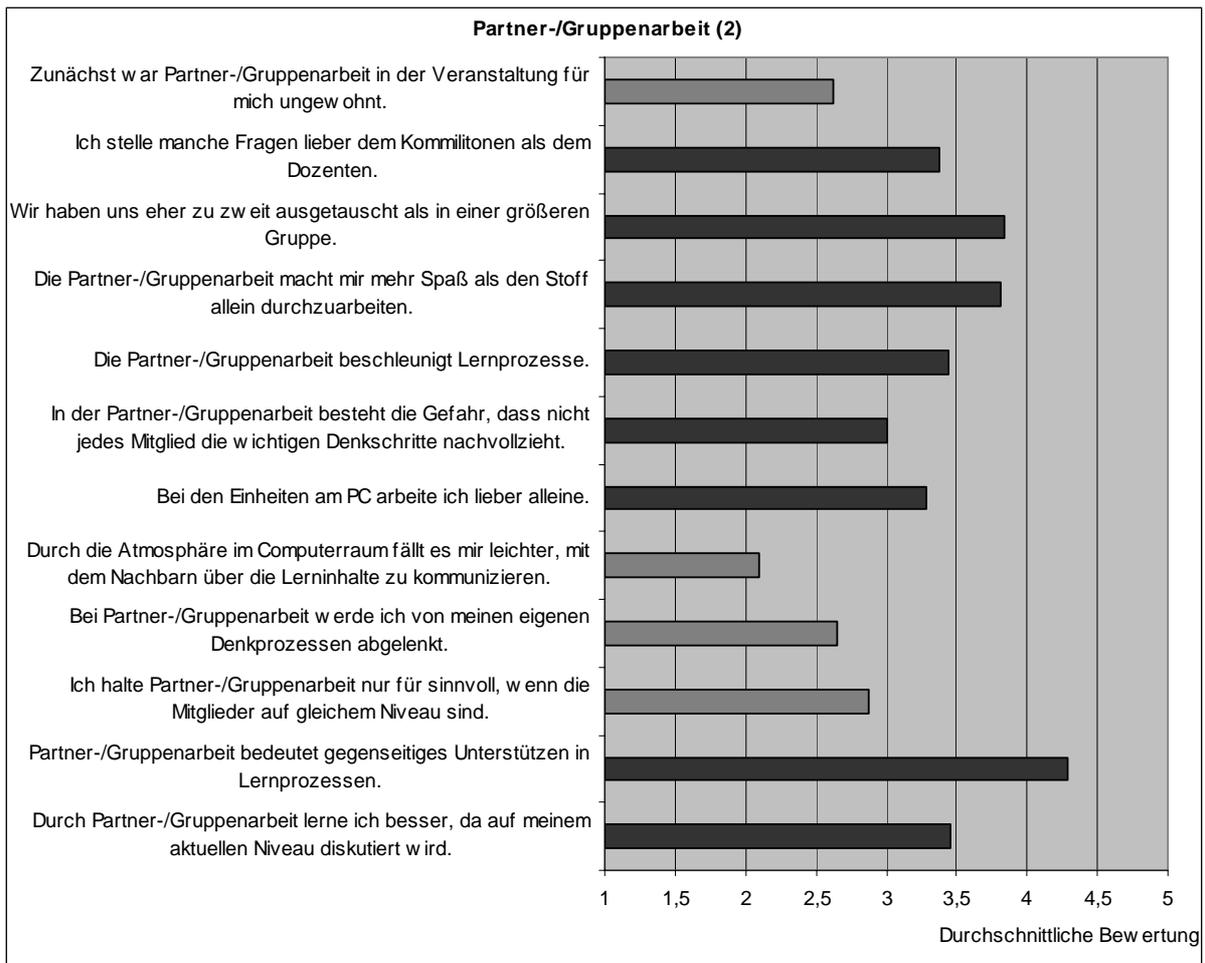


Abbildung 4.67: Fragebögen – Bewertung der Partner-/Gruppenarbeit in der aktiven Form der Physik der Materie (2)

⇒ Ergebnis: Es lässt sich aus den beiden Graphiken zur Bewertung der Partner-/Gruppenarbeit ablesen, dass diese Phasen in der Veranstaltung bei der Bearbeitung der Selbstkontrollen, Übungen und Computer-Übungen als besonders lernförderlich angesehen werden.

Beurteilung des Dozenten

Besonders positiv wird das „studentenangemessene“ Erklärungsniveau des Dozenten bewertet, ebenso die individuelle Betreuung durch den Dozenten (Abbildung 4.68).

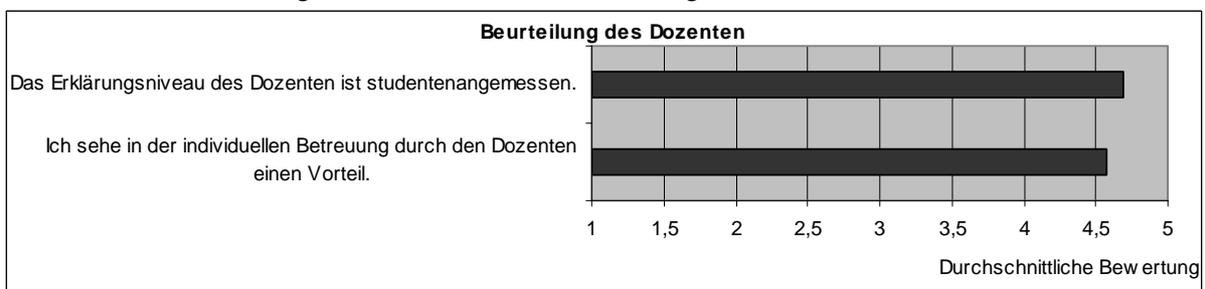


Abbildung 4.68: Fragebögen – Beurteilung des Dozenten in der aktiven Form der Physik der Materie

Atmosphäre

Eine besonders hohe Bewertung erfährt die „Zwischenmenschlichkeit“, von der die Atmosphäre geprägt sei, dass die Studierenden sehr kollegial miteinander umgehen, die Atmosphäre aufgelockert sei und dass die Veranstaltung „großen Spaß“ mache (Abbildung 4.69).

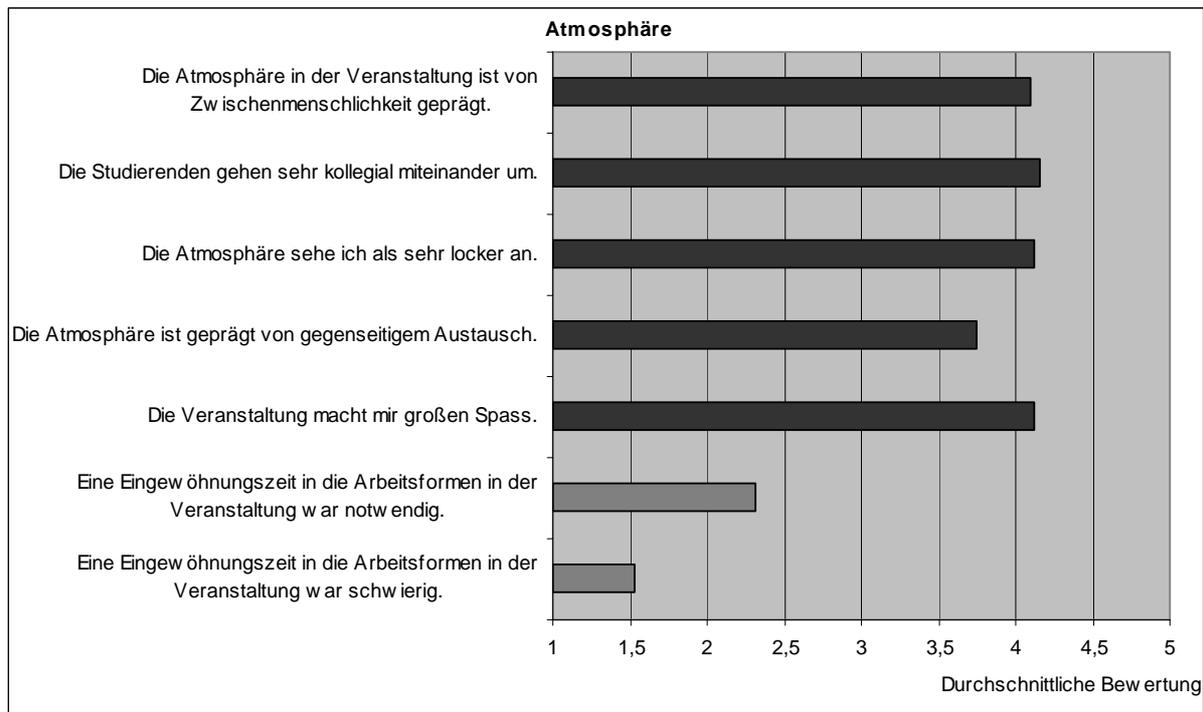


Abbildung 4.69: Fragebögen – Bewertung der Atmosphäre in der aktiven Form der Physik der Materie

Beurteilung des Tempos

Das Tempo wird als angemessen beurteilt, während die eigene Arbeitsgeschwindigkeit als relativ hoch eingeschätzt wird (Abbildung 4.70).

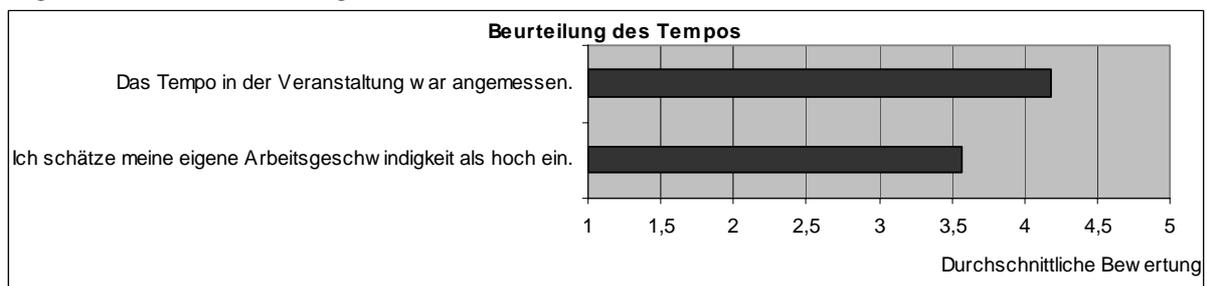


Abbildung 4.70: Fragebögen – Beurteilung des Tempos in der aktiven Form der Physik der Materie

Präsenz und Unterlagen

Die Materialien werden als sehr gut beurteilt und fördern eigenständiges Lernen. Die Präsenz in der Veranstaltung wird als sehr effektiv beurteilt und einem Lernen ohne eine solche Präsenzveranstaltung deutlich vorgezogen – herausragend durch die festgelegten Termine, durch die zu regelmäßigem Lernen gezwungen werde (Abbildung 4.71).

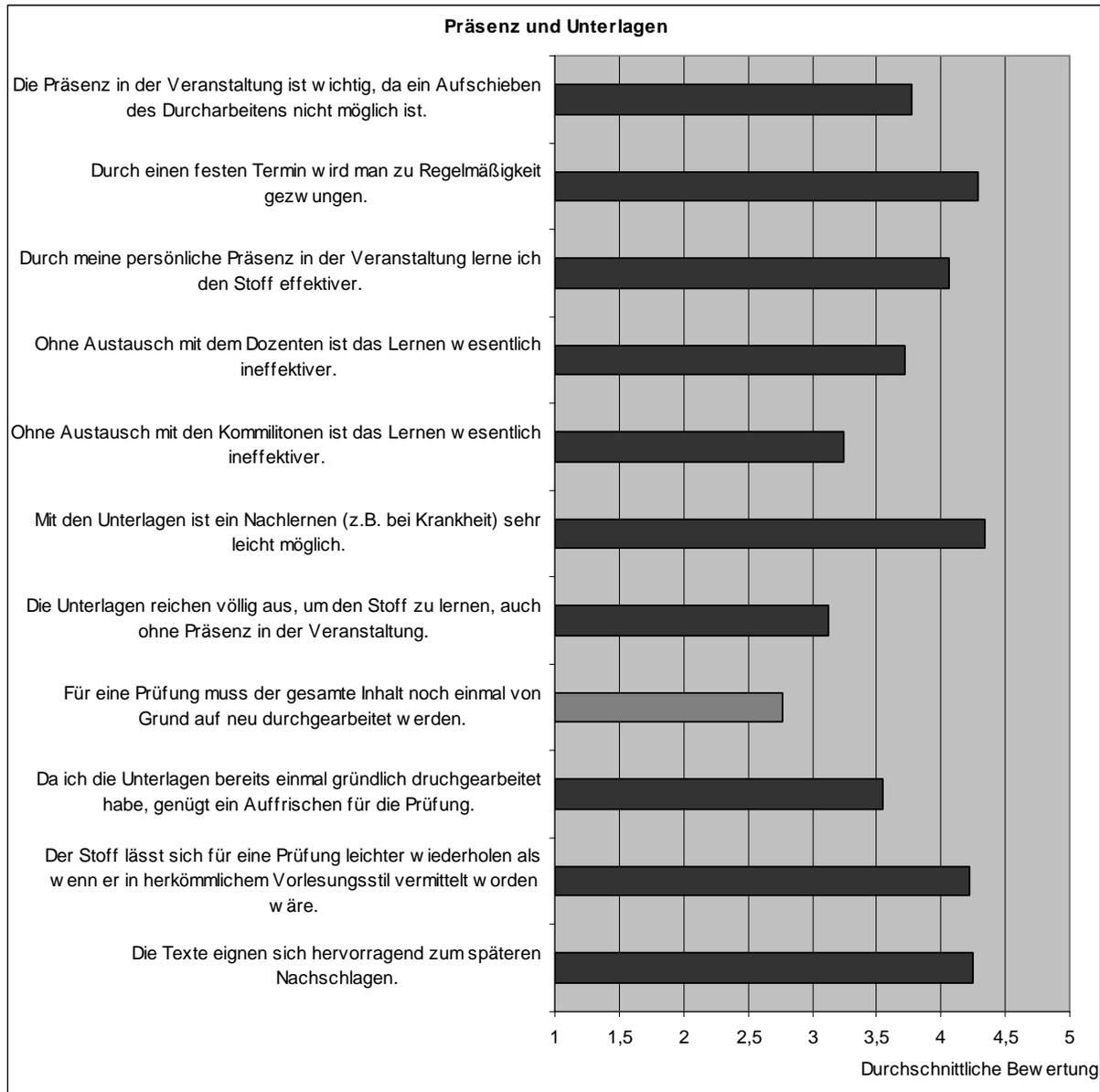


Abbildung 4.71: Fragebögen – Bewertung der Präsenz und der Unterlagen in der aktiven Form der Physik der Materie

Beurteilung des Lernerfolgs

In der folgenden Graphik (Abbildung 4.72) sind die Gründe für den Lernerfolg ersichtlich.

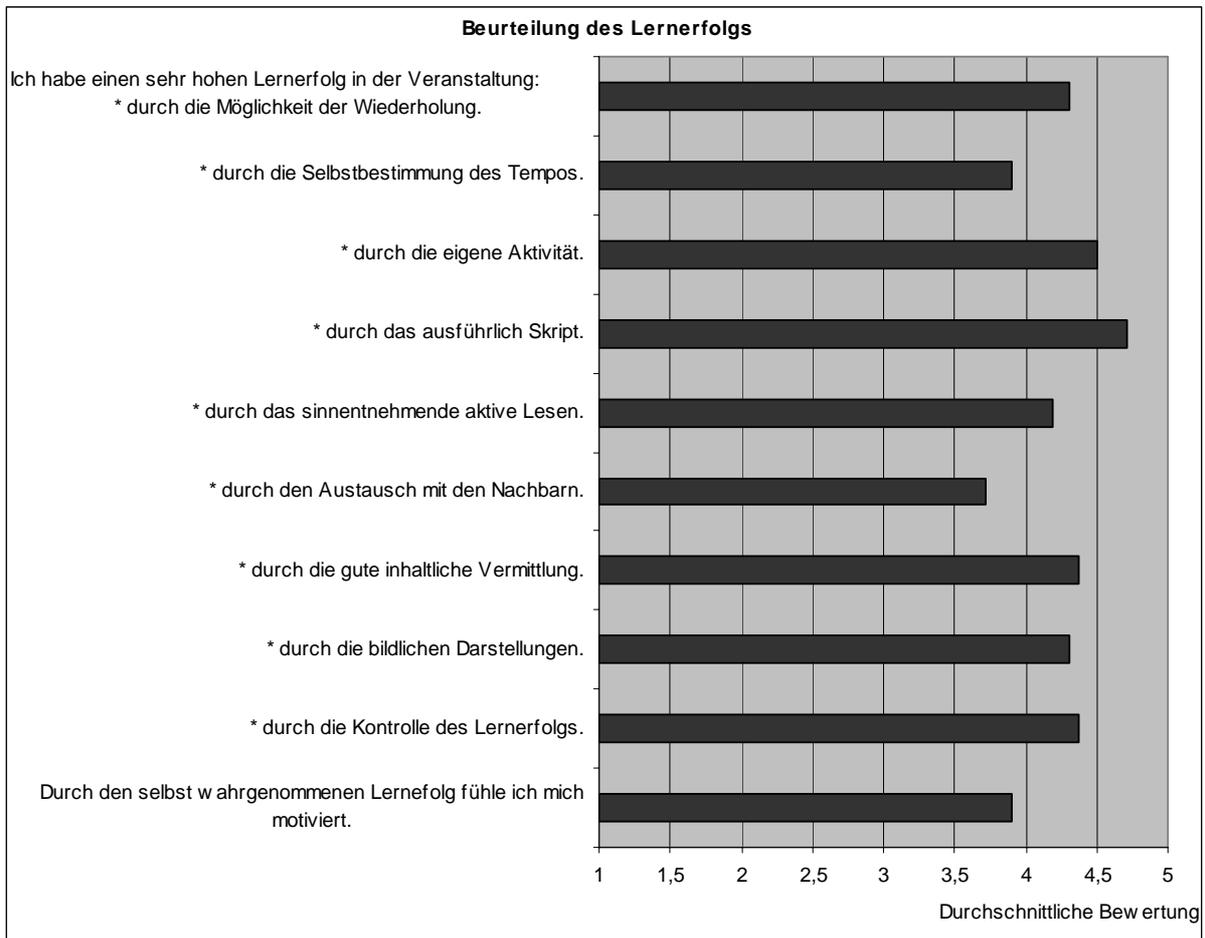


Abbildung 4.72: Fragebögen – Beurteilung des Lernerfolgs in der aktiven Form der Physik der Materie

Nachbearbeitungszeit

Mittlere Zustimmung erfährt die Einschätzung der Notwendigkeit einer Nachbearbeitungszeit, jedoch sei diese durch das effektive Lernen in der Veranstaltung verkürzt (Abbildung 4.73).

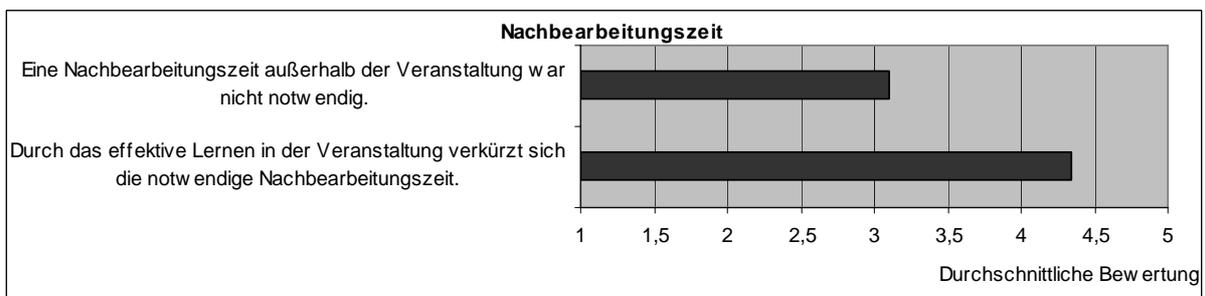


Abbildung 4.73: Fragebögen – Beurteilung der Nachbearbeitungszeit in der aktiven Form der Physik der Materie

Hauptunterschiede zu einer traditionellen Vorlesung

Die Hauptunterschiede zur traditionellen Vorlesung sind in folgender Graphik (Abbildung 4.74) abzulesen.

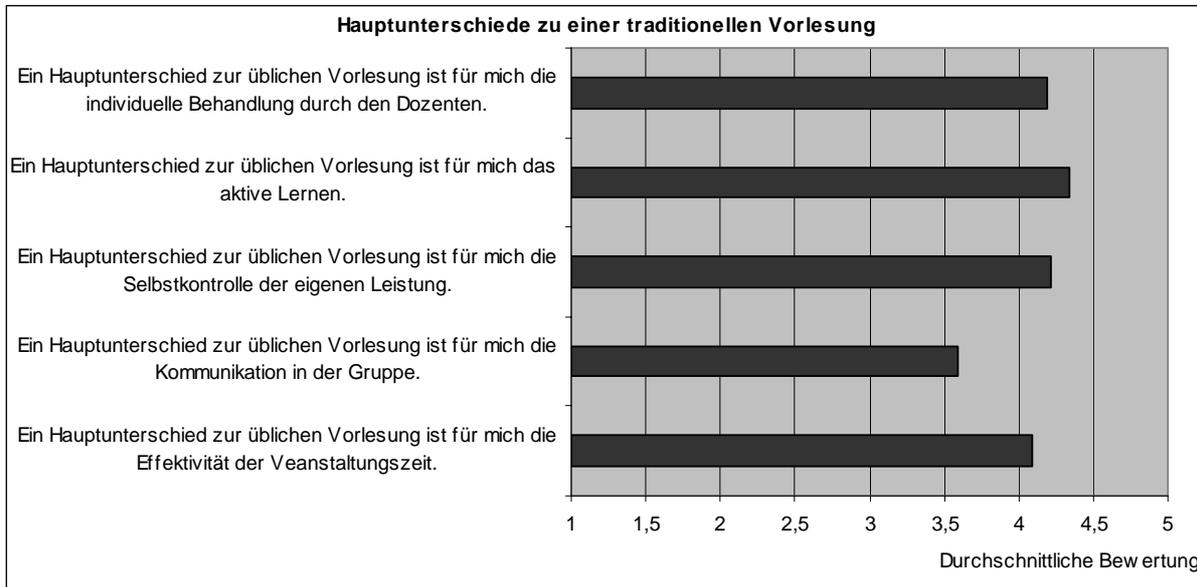


Abbildung 4.74: Fragebögen – Hauptunterschiede zwischen der aktiven Form der Physik der Materie und einer traditionellen Vorlesung

Zusammenfassung der Beurteilung des Lehr-Lern-Systems

Die positiven Ergebnisse der formativen Evaluation sowie der Interviewstudie setzen sich fort:

⇒ Ergebnis: Mit Hilfe der Ergebnisse der Fragebögen der Vergleichsuntersuchung lässt sich abschließend bestätigen, dass der Einsatz des Lehr-Lern-Systems auf große Akzeptanz der Studierenden stößt, dass sie die Veranstaltung sehr gerne besuchen, die Materialien sehr positiv beurteilen und die Kommunikation untereinander und auch mit dem Dozenten wünschen.

4.3.3: Ergebnisse der Wissenstests

Der Wissenserwerb wurde mit Hilfe jeweils eines Wissenstests nach einem Themenabschnitt überprüft. Außerdem wurde zu Beginn des SS04 und des SS05 jeweils mit Hilfe eines Eingangstests die Vergleichbarkeit der Leistungen der jeweils an dem Semester teilnehmenden Populationen bestätigt.

Die Tests, die durchgeführt wurden, sind in chronologischer Reihenfolge:

- Teilchenphysik WS03
- Festkörperphysik WS03/04
- Eingangstest SS04 (*)
- Quantenphysik (Vorlesung) SS04 (*)
- Teilchenphysik SS04 (*)
- Kernphysik WS04/05
- Festkörperphysik WS04/05
- Eingangstest SS05 (*)
- Teilchenphysik (Vorlesung) SS05 (*)
- Quantenphysik SS05 (*)
- Kernphysik WS05/06
- Festkörperphysik WS05/06.

In die Vergleichsuntersuchung (wie in folgender Abbildung 4.75 dargestellt) werden die mit (*) gekennzeichneten Wissenstest einbezogen.

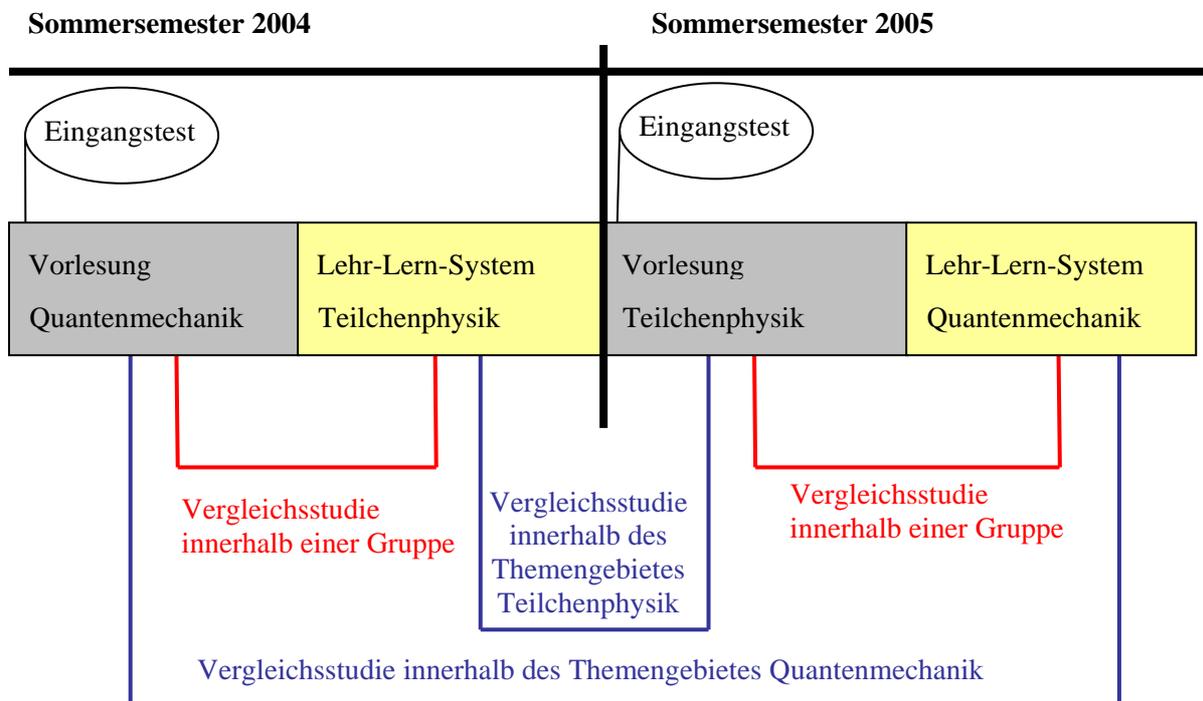


Abbildung 4.75: Design der Vergleichsuntersuchung SS04/SS05

Die Themen Quantenphysik und Teilchenphysik wurden gemäß dem Untersuchungsdesign jeweils einmal in der Vorlesungsform unterrichtet, jeweils einmal mit Hilfe des Lehr-Lern-Systems. In folgender Tabelle sind als Testergebnis die jeweils durchschnittlich erreichten Prozentwerte der erreichbaren Gesamtpunktzahl der Leistungstests angegeben:

Semester	Themengebiet	Unterrichtsstil	Testergebnis
SS04	Quantenmechanik	Vorlesung	26%
SS04	Teilchenphysik	Lehr-Lern-System	63%
SS05	Teilchenphysik	Vorlesung	35%
SS05	Quantenmechanik	Lehr-Lern-System	61%

Das dargestellte Untersuchungsdesign SS04/SS05 lässt nun folgende vier Vergleiche zu:

- Den Vergleich innerhalb der Gruppe teilnehmender Studenten im Sommersemester 2004,
- den Vergleich innerhalb der Gruppe teilnehmender Studenten im Sommersemester 2005,
- den Vergleich innerhalb des Themengebietes Quantenmechanik,
- den Vergleich innerhalb des Themengebietes Teilchenphysik.

a) Vergleich innerhalb der Gruppe teilnehmender Studenten im Sommersemester 2004

Zunächst soll der Vergleich innerhalb der Gruppe der am Sommersemester 2004 teilnehmenden Studierenden gezogen werden (Abbildung 4.76).

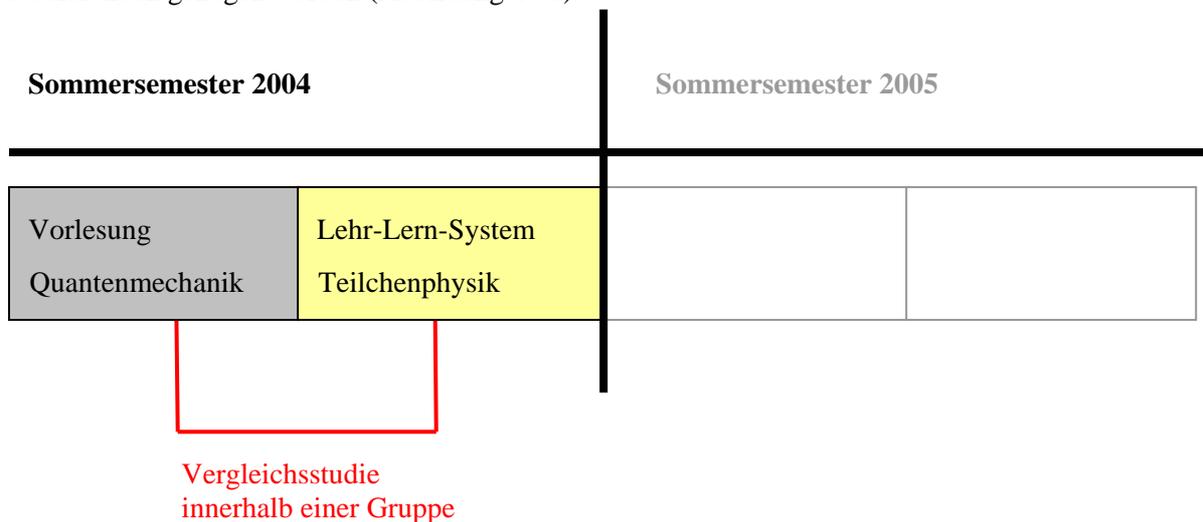


Abbildung 4.76: Vergleichsuntersuchung SS04/SS05 - Vergleichsstudie innerhalb der Gruppe der Teilnehmer im SS04

Vergleich innerhalb der Gruppe im Sommersemester 2004				Signifikanz*
Semester	Themengebiet	Unterrichtsstil	Testergebnis	<0.001 **
SS04	Quantenmechanik	Vorlesung	26%	
SS04	Teilchenphysik	Lehr-Lern-System	63%	

Es lässt sich eine signifikante Steigerung des Lernerfolgs innerhalb der Gruppe der Studierenden im SS04 von dem Testergebnis, das durchschnittlich in der Vorlesung im Themengebiet Quantenmechanik erzielt wurde, zu dem Testergebnis, das durchschnittlich mit dem Lehr-Lern-System im Themengebiet Teilchenphysik erzielt wurde, verzeichnen.

* Die Signifikanz wurde mit Hilfe des Mann-Whitney-Tests bestimmt. Zur Illustration wird im Folgenden die Markierung für eine sehr hohe Signifikanz des Wertes mit „***“ verwendet.

b) Vergleich innerhalb der Gruppe teilnehmender Studenten im Sommersemester 2005

Analog zu a) wird der Vergleich innerhalb der Gruppe der am Sommersemester 2005 teilnehmenden Studierenden gezogen (Abbildung 4.77).

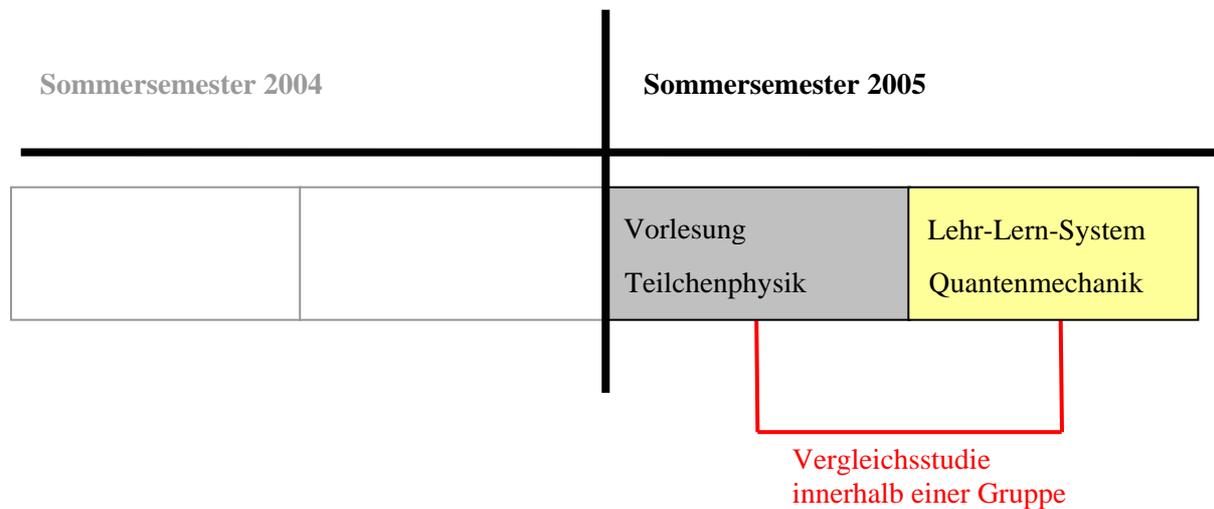


Abbildung 4.77: Vergleichsuntersuchung SS04/SS05 - Vergleichsstudie innerhalb der Gruppe der Teilnehmer im SS05

Vergleich innerhalb der Gruppe im Sommersemester 2005				Signifikanz
Semester	Themengebiet	Unterrichtsstil	Testergebnis	<0.001 **
SS05	Teilchenphysik	Vorlesung	35%	
SS05	Quantenmechanik	Lehr-Lern-System	61%	

Wie in dem Untersuchungsdesign SS04/SS05 festgelegt wurde, wurde im SS05 zunächst Teilchenphysik in Form einer Vorlesung unterrichtet, daraufhin die Quantenmechanik mit dem Lehr-Lern-System.

Auch innerhalb der Gruppe der Studierenden im SS05 lässt sich eine signifikante Steigerung des Lernerfolgs von dem Testergebnis, das durchschnittlich in der Vorlesung im Themengebiet Teilchenphysik erzielt wurde, zu dem Testergebnis, das durchschnittlich mit dem Lehr-Lern-System im Themengebiet Quantenmechanik erzielt wurde, feststellen.

c) Vergleich innerhalb des Themengebietes Quantenmechanik

Der Vergleich innerhalb des Themengebietes Quantenmechanik ist in Abbildung 4.78 dargestellt. Vergleicht man die Testergebnisse, die in den Themengebieten Quantenmechanik erzielt wurden, zeigt sich eine signifikante Steigerung des Lernerfolgs von dem Testergebnis, das durchschnittlich in der Vorlesung im SS04 erzielt wurde, zu dem Testergebnis, das durchschnittlich mit dem Lehr-Lern-System im SS05 erzielt wurde.

Vergleich innerhalb des Themengebietes Quantenmechanik				Signifikanz
Semester	Themengebiet	Unterrichtsstil	Testergebnis	<0.001 **
SS04	Quantenmechanik	Vorlesung	26%	
SS05	Quantenmechanik	Lehr-Lern-System	61%	

der Vorlesung im SS05 erzielt wurde, und dem Testergebnis, das durchschnittlich mit dem Lehr-Lern-System im SS04 erzielt wurde. Auch in dieser vierten Variante der Vergleichsmöglichkeiten des Untersuchungsdesigns zeigt sich die Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems bezüglich des Lernerfolgs deutlich.

Im Folgenden wird der Vergleich für jede Frage der Tests in den Themengebieten Quantenphysik und Teilchenphysik beschrieben.

Beide Tests waren anspruchsvoll, die einzelnen (Teil-)Antworten wurden mit Hilfe einer dreistufigen Skala bewertet: 2=Sehr gut, 1=gut, 0=neutral, falsch oder nicht beantwortet. (Eine Antwort wird als neutral bewertet, wenn ein Teil der Antwort richtig, ein Teil falsch ist, oder die Aussage sich nicht auf die Fragestellung bezieht, wie in der folgenden Beispielaufgabe.)

Die Bewertung sei an folgender Frage illustriert:

tt19) a) Welche Teilchen werden laut der Yukawa-Theorie zwischen Nukleonen ausgetauscht? Welche Ladungen müssen sie tragen?

Antwort für 2 Punkte: Pionen: positiv, negativ, neutral (vollständig richtig),

Antwort für 1 Punkt: positiv, negativ (teilweise richtig, unvollständig),

Antwort für 0 Punkte: „Yukawa war Japaner“ (nicht auf die Frage bezogen).

Bewertung des Quantenphysik-Tests

Im Folgenden werden die Antworten auf die Fragen des Quantenphysik-Tests vorgestellt und auf die Bewertung eingegangen.

Für eine Frage werden die Antworten in verschiedenen Dimensionen erwartet, die im Folgenden pro Frage aufgeführt werden. Die Argumentation pro Dimension wird mit Hilfe der dreistufigen Skala bewertet. Entsprechende gefundene Kategorien der Antworten sind skizziert. Auffälligkeiten der Gruppe im Vorlesungsteil (SS04) sind als Kommentare eingefügt.

Frage	Verlangte Dimensionen	Antwort-Kategorien
<i>qt1 Welche Vorstellungen verbinden Sie mit den Zuständen der Elektronen im Atom?</i>	qt1a) Quantenzahlen (z. B. Energie)	Energieniveaus Übergang zwischen 2 Energieniveaus Schalenmodell Grundzustandsenergie Lage der Energieniveaus Ionisation
	qt 1b) Aufenthaltswahrscheinlichkeiten	Elektronenwolken
	qt 1c) Zustandsfunktion Psi	Zustandsfunktion
	Anmerkung zum SS 04, Vorlesung * „Zustand“ wird im Sinne eines angeregten Zustandes verstanden	
<i>qt 2 Beschreiben Sie in Ihren eigenen Worten, was man unter „Präparation“ versteht. Geben Sie ein Beispiel an.</i>	qt 2a) Präparation einer Eigenschaft	Eigenschaft Messgrößen Beispiele
	qt 2b) Messanordnung	Präparation des Versuchs
	qt 2c) Ziel der Präparation	Test Versuchsergebnis
	Anmerkung zum SS04, Vorlesung: * Präparation wird stark auf den Versuch bezogen. * Nur zwei Studierende erkennen Präparation von Eigenschaften, Anfangsbedingungen	

<i>qt 3 Können Sie im Doppelspalt-Experiment ein Elektron so präparieren, dass es an einer ganz bestimmten Stelle auf dem Schirm landet? Was ist die Bedeutung von $\Psi(x) ^2$?</i>	qt 3a) Antwort	Bewertung in Kombination mit der Argumentation
	qt 3b) $ \Psi ^2$	Wahrscheinlichkeitsdichte Statistik und. Einzelereignisse Skizzen Experimentbeschreibung und Versuchsergebnis Heisenberg
	Anmerkung zum SS04, Vorlesung * Fast alle Teilnehmer gaben die richtige Antwort, wussten auch, dass man Wahrscheinlichkeiten angeben kann.	
<i>qt 4 An welcher Stelle ein einzelnes Elektron auf dem Schirm auftrifft, kann man nicht vorhersagen. Wenn ich mit einem Würfel würfle, kann ich das Ergebnis ebenfalls nicht vorhersagen. Gibt es zwischen den beiden Situationen einen Unterschied?</i>	qt 4a Präparation	Beschreibung der Präparation der Versuchsanordnung
	qt 4b Messwerte	Genau sechs mögliche Ergebnisse bei Würfel Beschreibung der Messergebnisse bei quantenphysikalischem Experiment auf dem Schirm
	qt 4c Wahrscheinlichkeitsverteilung	Aussehen der Wahrscheinlichkeitsverteilung für Würfelereignisse und für quantenphysikalisches Experiment
<i>qt 5 Hat ein Elektron zu jedem Zeitpunkt einen festen Ort (den man eventuell nicht kennt)?</i>	qt 5a Antwort	Bewertung in Kombination mit der Argumentation
	qt 5b Argumentation	Nichtlokalität Messbarkeit des Ortes Streuung der Messwerte Interferenzmuster vs. Ortseigenschaft
	Anmerkung zum SS04, Vorlesung * Nur fünf Studenten entscheiden sich dafür, dass das Elektron keinen festen Ort zu jedem Zeitpunkt hat. * Drei meinen, der Ort wäre nicht bestimmbar. * Drei Studenten geben richtig an, dass es sich um eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit handelt, bei einem der drei ist sicher, dass damit die Elektronenwolke im Atom gemeint ist.	
<i>qt 6. Jemand behauptet, dass ein Elektron im Doppelspalt-Experiment immer entweder durch den rechten oder durch den linken Spalt geht. Nehmen Sie zu dieser Aussage Stellung!</i>	qt 6a Antwort	Bewertung in Kombination mit der Argumentation
	qt 6b Argumentation	Skizze Interferenzmuster Interferenzmuster ungleich der Summe des Einzelbelichtens Messung des Ortes Eigenschaft Ort und „festen Ort haben“ Klassisches Verhalten und Teilcheneigenschaft Vorstellung Welle
	Anmerkung zum SS04, Vorlesung * Es entscheiden sich mehr Studenten für die Zustimmung. * Auf die Möglichkeit des Nacheinanderbelichtens wird nie eingegangen. * Zwei Studenten argumentieren, dass sich das Elektron nicht teilt, zwei weitere erinnern sich an eine mögliche Messung * Drei Studierende nennen ohne weitere Ausführung das Argument, dass das Elektron die Eigenschaft Ort nicht besitzt. Diese drei Studierenden berichten nur noch über die Messung, es ist also nicht feststellbar, inwieweit sie das Argument verstanden haben.	

<p><i>qt 7 In der Veranstaltung haben wir die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation besprochen. Geben Sie in Ihren Worten wieder, was sie bedeutet.</i></p>	<p>qt 7a Gleichzeitige Präparation</p>	<p>Gleichzeitige Präparation</p>
	<p>Anmerkung zum SS04, Vorlesung * Die Gleichzeitigkeit wird öfter genannt als in der SS05-Population! * Es wird weniger auf die Präparation oder auch Zuweisung eingegangen als auf die Bestimmung im Sinne von Messung. In diesem Sinne werden Impuls und Ort auch nur von einem Studenten als Eigenschaften verstanden.</p>	
	<p>qt 7b Zusammenhang zwischen Δx und Δp</p>	<p>Ort genau -> Impuls ungenau Impuls genau -> Ort ungenau Zusammenhang der beiden Größen Beispiele</p>
<p><i>qt 8 Was ist die Bedeutung der Größen Δx und Δp in der Unbestimmtheitsrelation?</i></p>	<p>Intervall</p>	<p>Streuung, Messwerte Abweichung Bereich Bedeutung für die Güte der Präparation</p>
	<p>Anmerkung zum SS04, Vorlesung * Es wird auf die Abweichung eingegangen, auf Bestimmung und Messung und auf Genauigkeit. * Nur ein Student nennt die Präparation. * Die Streuung von Messwerten wird nicht erkannt.</p>	
<p><i>qt 9 Erläutern Sie, welche Rolle die Wellenfunktion $\Psi(x)$ in der Quantenmechanik besitzt.</i></p>	<p>qt 9a Sinn der Wellenfunktion</p>	<p><i>Siehe Balkendiagramm</i></p>
	<p>qt 9b Auflösung des Welle/Teilchen-Dualismus</p>	<p>Welle/Teilchen Ausbreitung als Welle Aufenthaltswahrscheinlichkeit, Ort Aufenthaltswahrscheinlichkeit als Teilcheneigenschaft mathematisches Aussehen</p>
	<p>Anmerkung zum SS04, Vorlesung * Von drei Studenten wird die Aufenthaltswahrscheinlichkeit angegeben. * Nur ein Student erwähnt die Berechnung mit Ψ und auch das Quantenobjekt als Welle. * Oft wird die Aufgabe nicht bearbeitet Anmerkung zum SS05, Lehr-Lern-System * Die Streuung von Messwerten wird erkannt</p>	
<p><i>qt 10 a) Wie kann ich (mathematisch) herausfinden, ob ein Ensemble von Quantenobjekten, das durch die Wellenfunktion $\Psi(x)$ beschrieben wird, die Eigenschaft „kinetische Energie“ besitzt?</i></p>	<p>Anwendung des Operators der kinetischen Energie, Eigenwertgleichung erfüllt</p>	<p>Operator der kinetischen Energie (Mess)wert Wellengleichung Eigenwertgleichung</p>
<p>Anmerkung zum SS04, Vorlesung * Diese Frage wurde oft nicht beantwortet.</p>		

<p>qt 10b) Geben Sie eine Wellenfunktion $\Psi(x)$ für ein Ensemble an, das auf die Eigenschaft „kinetische Energie“ präpariert ist.</p>	$\Psi_{E_{kin}}(x) = A(t) e^{\frac{i}{\hbar}(\sqrt{2mE_{kin}}x)}$	<p>Wellenfunktion Ansätze</p>
	<p>Anmerkung zum SS04 Niemand hat die Wellenfunktion angegeben.</p>	
<p>qt 11 Für welche physikalische Eigenschaft steht der Operator</p> $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + V(x)$	<p>Operator für die Gesamtenergie als Summe aus Operator der kinetischen Energie und Operator der potentiellen Energie</p>	<p>Gesamtenergie Kinetische Energie Potentielle Energie Beschreibung in der Schrödinger-Gleichung</p>
<p>qt 12 Elektronen können sich in einem Überlagerungszustand befinden. Können Sie erklären, was man darunter versteht und ein Beispiel dafür geben?</p>	<p>Zusammensetzung von Psi und Beispiel</p>	<p>Interferenz Doppelspalt Schrödingers Katze Formel</p>
	<p>Anmerkung zum SS04 Meist keine Antwort.</p> <p>Anmerkung zum SS05 Überwiegend richtige Antworten. Bei den nicht richtigen Antworten ist jedoch eine positive Tendenz deutlich</p>	
<p>qt 13 Geben Sie in eigenen Worten wieder, worum es bei Schrödingers Katze geht.</p>	<p>qt 13a Überlagerungszustand</p>	<p>Versuchsaufbau Überlagerungszustand mathematisch Überlagerungszustand erläutert</p>
	<p>qt 13b Eigenschaft</p>	
	<p>qt 13c Grenze zwischen klassischer Physik und QM</p>	<p>Vergleich zwischen QM und klassischer Physik Einfluss der Messung Überlagerung, Interferenz bei Katze, entweder tot oder lebendig: Keine Kenntnis über tot oder lebendig: Übertragung auf Quantenobjekt:</p>
	<p>Anmerkung zum SS04 Übertragen auf Quantenobjekte Vermehrte Beschreibung des Versuchs, auch fehlerhaft, sowie Wahrscheinlichkeit und Nichtkenntnis bei geschlossenem Deckel.</p> <p>Anmerkung zum SS05 Mehr Interpretation des Experimentes und Bezugnahme auf QM als bloße Schilderung des Versuchsaufbaus und -ablaufs.</p>	

In der folgenden Darstellung sind jeweils auf der y-Achse der Graphik die einzelnen Fragen für den Quantentest (qt) aufgetragen, auf der x-Achse die durchschnittlich erreichte Prozentzahl pro Aufgabe (Abbildung 4.80). Pro Aufgabe sind die Ergebnisse der Teilnehmer der Vorlesung im Sommersemester 04 (hellblau) und die Ergebnisse der Teilnehmer des Sommersemesters 05 mit Einsatz des Lehr-Lern-Systems (dunkelviolett) aufgetragen. Die Tabelle links neben der Graphik zeigt eine Kurzfassung der Fragen und die Werte für die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Ergebnissen des SS04 und des SS05 bezüglich der jeweiligen Frage. Signifikante Unterschiede sind mit „*“ gekennzeichnet, hoch signifikante Unterschiede mit „**“.

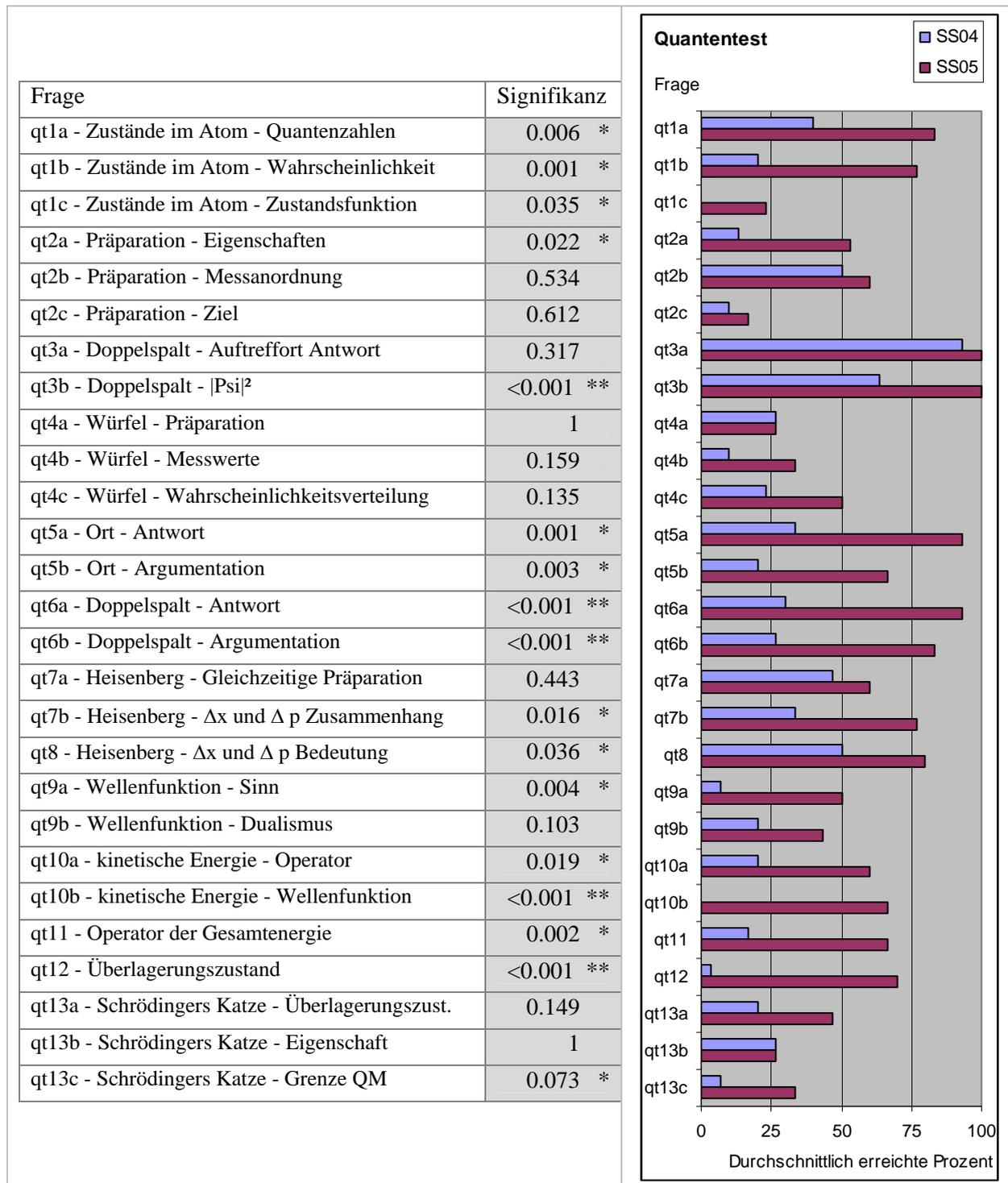


Abbildung 4.80: Vergleichsuntersuchung SS04/SS05 – Ergebnisse der Aufgaben der Wissenstests zum Thema Quantenmechanik

Im SS05, als das Lehr-Lern-System eingesetzt wurde, wurden großteils signifikant bessere Ergebnisse der einzelnen Fragen erzielt als im SS04, als das Thema Quantenmechanik als Vorlesung unterrichtet wurde.

Bewertung des Teilchenphysik-Tests

Im Folgenden werden die Antworten auf die Fragen des Teilchenphysik-Tests skizziert.

Frage	Antwort-Kategorien
tt3) Welche Teilchen sind in der uns umgebenden Materie enthalten?	Atombausteine, Elektron, Proton, Neutron, Quarks Austauschbosonen im Atom Andere Teilchen des „Teilchenzoos“ (falsch)
tt4) Welche Masse hat das Neutrino?	Nahe Null Zahlenangabe
tt5) Bei welchem Experiment bzw. physikalischem Prozess wurde erstmals die Existenz von Neutrinos angenommen? Warum?	Beta-Zerfall Fehlende Energie/Impuls
tt6) Welches sind die echten Elementarteilchen?	Unteilbar ohne innere Struktur
tt7a) Welche Eigenschaften charakterisieren ein Teilchen?	Eigenschaften, Quantenzahlen
tt7b) Wie verändern sie sich, wenn man das entsprechende Antiteilchen betrachtet?	Teilweise Vorzeichenumkehr
tt8) Welches ist das Antiteilchen des Neutrons?	Antineutron Neutron (falsch) Neutrino (falsch)
tt9a) Welche Wechselwirkungen kennen Sie?	Gravitation Elektromagnetische Wechselwirkung Schwache Wechselwirkung Starke Wechselwirkung
tt9 b) Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Wechselwirkungen.	Stärke Reichweite Verschiedene Austauschbosonen
tt10 a) Welche Austausch-Bosonen werden in den oben genannten Wechselwirkungen ausgetauscht?	Gravitation – Graviton Elektromagnetische Wechselwirkung – Photon Schwache Wechselwirkung – W^+ , W^- , Z^0 Starke Wechselwirkung - Gluonen
tt10b) An welche Eigenschaft ("Ladung") koppeln die jeweiligen Austausch-Bosonen?	Graviton – Masse Photon – elektrische Ladung W^+ , W^- , Z^0 – schwache Ladung Gluon - Farbe
tt10c) Was wissen Sie über ihre Massen?	Graviton keine Masse Photon keine Masse W^+ , W^- , Z^0 Masse, Zahlenwerte Gluon keine Masse
tt11) Um welche Wechselwirkungen handelt es sich bei den folgenden Reaktionen, und woran erkennen Sie dies? a) $\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma$	Elektromagnetische, da Gamma beteiligt Andere (falsch)
tt11 b) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$	Schwache, da Neutrino beteiligt Andere (falsch)
tt12) Kann Paarerzeugung im Vakuum auftreten? Begründung?	Aufnahme des Rückstoßes, Energie/Impulserhaltung

<i>tt13) Wie groß muss die Energie eines Gammaquants mindestens sein, damit es zu einer Elektron-Positron-Paarbildung kommt?</i>	Größer als $2 \cdot \text{Elektronenmasse} \cdot c^2$ Varianten (fehlerhaft) Zahlenwert
<i>tt14) Was geschieht bei einer Zerstrahlung mit der kinetischen Energie der beiden Teilchen?</i>	Energie der Lichtquanten Anderes (falsch)
<i>tt15) Welche Erhaltungsgrößen kennen Sie, die bei Teilchenreaktionen berücksichtigt werden?</i>	Energie, Impuls, Baryonenzahl, Leptonenzahlen, Drehimpuls, Spin, Ladung Erhaltung der Masse (falsch)
<i>tt16) Woraus besteht das Proton?</i>	Quarks uud
<i>tt17) Nennen Sie die Zusammenhänge zwischen den folgenden Begriffen: Baryon, Hadron, Meson, Quark, Antiquark!</i>	„besteht aus“ „ist ein“
<i>tt18) Wie kann es sein, dass Myonen der kosmischen Strahlung eine große Strecke durchfliegen, obwohl sie aufgrund ihrer mittleren Lebensdauer schon längst zerfallen sein müssten?</i>	Zeitdilatation Längenkontraktion Argumentation
<i>tt19 a) Welche Teilchen werden laut der Yukawa-Theorie zwischen Nukleonen ausgetauscht? Welche Ladungen müssen sie tragen?</i>	Pionen, +,-,0
<i>tt19 b) Warum?</i>	Wechselwirkung zwischen Nukleonen gleicher Ladung und ungleicher Ladung.
<i>tt20) Nennen Sie ein Beispiel für ein seltsames Teilchen!</i>	Strange-Quark Teilchen mit Strange-Quark
<i>tt21) Kann ein Quark als freies Teilchen beobachtet werden? Begründung?</i>	Farbladung Confinement
<i>tt22) Wie unterscheiden sich "Spin-Quantenzahl" und "Spin"?</i>	Formel Einheit Vektor
<i>tt23a) In welche beiden Teilchenarten lassen sich die Teilchen aufgrund der Spinquantenzahl einteilen?</i>	Fermionen Bosonen Ganz/Halbzahlige Spins
<i>tt23b) Nennen Sie je zwei Beispiele!</i>	Nukleonen, Leptonen, andere Mesonen, Austauschbosonen Anderes (falsch)
<i>tt24) Was wissen Sie über das Higgs-Teilchen?</i>	Noch nicht entdeckt Begründung für Massen Higgs-Party
<i>tt25) Wenn es Galaxien aus Antimaterie geben sollte, woran müsste dies beobachtbar sein?</i>	Zerstrahlung bei Zusammentreffen einer Materie- und einer Antimaterie-Galaxie

In dem Balkendiagramm der folgenden Darstellung sind jeweils auf der y-Achse die einzelnen Fragen für den Teilchentest (tt) aufgetragen, auf der x-Achse die durchschnittlich erreichte Prozentzahl pro Aufgabe (Abbildung 4.81). Für jede Frage sind die Ergebnisse der Teilnehmer im Sommersemester 04 (hellblau), als im Themengebiet Teilchenphysik das Lehr-Lern-System eingesetzt wurde, und die Ergebnisse der Teilnehmer der Vorlesung im Sommersemester 05 (dunkelviolet) aufgetragen. Die

Tabelle links neben der Graphik zeigt eine Kurzfassung der Fragen und die Werte für die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Ergebnissen des SS04 und des SS05 bezüglich der jeweiligen Frage. Signifikante Unterschiede sind mit „*“ gekennzeichnet, höchst signifikante Unterschiede mit „**“.

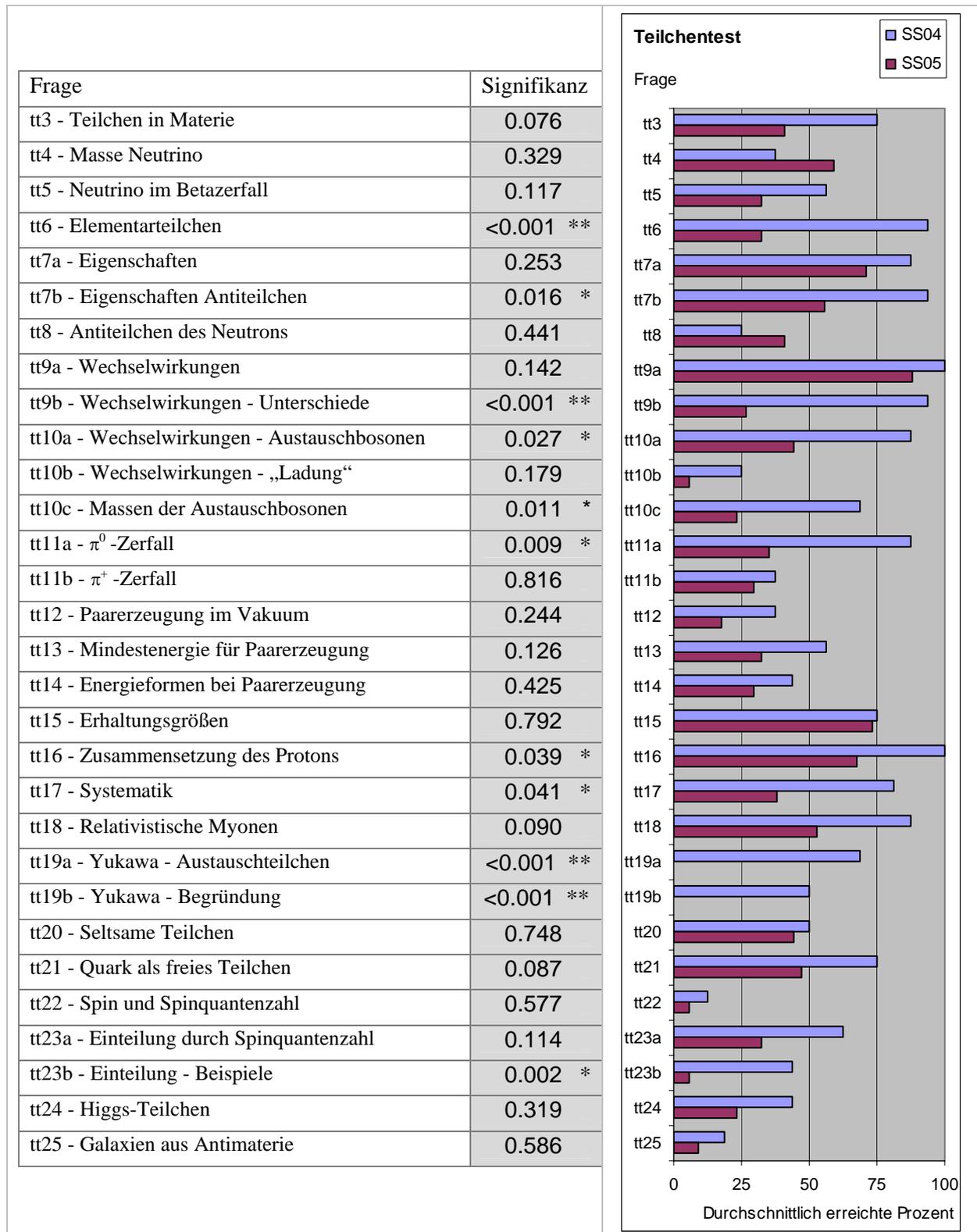


Abbildung 4.81: Vergleichsuntersuchung SS04/SS05 – Ergebnisse der Aufgaben der Wissenstests zum Thema Teilchenphysik

Ein Vergleich zeigt, dass die Teilnehmer des SS04, als das Lehr-Lern-System eingesetzt wurde, im Mittel pro Frage ein besseres Ergebnis erzielen konnten. Die Ausnahme bildet die Frage nach dem Antiteilchen des Neutrons*.

Einige Unterschiede sind signifikant, besonders bei der Frage tt6 nach den „echten“ Elementarteilchen sowie bei der Frage tt9b nach den Gemeinsamkeiten und Unterschieden der Wechselwirkungen, für deren Beantwortung ein tieferes Verständnis für die Zusammensetzung der Materie und die Wechselwirkungen gefordert sind, und der Frage tt19 nach den Austauschteilchen der Yukawa-Theorie, die ein spezielles Wissen erfordert, das sich die Teilnehmer des SS04 aneignen konnten.

* Ohne tieferen Einblick in die Teilchenphysik könnte man die richtige Antwort „Antineutron“ geben, mit einem tieferen Wissen bezüglich Teilchen und Antiteilchen könnte man vermuten, dass das Neutron und das Antineutron identisch wären, so wie aus den Antworten der Teilnehmer im SS04 zu ersehen. Erst die speziellen Kenntnisse aller Quantenzahlen hätten die Unterscheidung zwischen Neutron und Antineutron mit Hilfe der Baryonenzahl ermöglicht.

Kapitel 5 : Bedeutung des Konzepts für die Hochschulen

Diese positiven Ergebnisse der Untersuchung sollten Konsequenzen für die Gestaltung der Veranstaltungen der Hochschullehre haben.

Im März 2006 formulierte die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) die Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik. Nachfolgend wird die Situation geschildert, wie sie der Studie der DPG entspricht, und die Thesen und ihre Erfüllung in der lernaktiven, tutoriell gestützten Form der Physik der Materie werden vorgestellt [DPG, 2006].

Im Zuge der Schaffung eines europäischen Bildungsraumes, dem so genannten Bologna-Prozess, sind die deutschen Universitäten aufgerufen, neue Studiengänge auch für das Lehramt an Schulen auszuarbeiten. Dies wird gerade bei der Einführung von Bachelor und Master interessant (wie sie auch der Ludwig-Maximilians-Universität bevorsteht).

Dass Lehrer eine Aufgabe von hoher Bedeutung für die Gesellschaft haben, so fordert die DPG, muss jedem Angehörigen der Universität bewusst gemacht werden. Den angehenden jungen Lehrkräften muss eine optimale Ausbildung gewährleistet werden. Die Praxis hat jedoch laut der Studie der DPG gezeigt, dass die Lehrerausbildung in erheblichem Umfang als „Anhängsel“ an einen Studiengang der Fachphysik betrachtet wird.

Aufgrund der Qualität der Lehre und Ausbildung im Fach Physik in Deutschland bestand ursprünglich der Anspruch, den angehenden Lehrern die gleiche fachliche Ausbildung zu bieten wie den angehenden Fachphysikern. Unberücksichtigt blieben dabei jedoch nicht nur die unterschiedlichen Ziele der beiden Ausbildungen sondern auch, dass die im Rahmen eines Lehramtsstudiums für die Vermittlung der rein fachlichen Inhalte der Physik verfügbare Zeit zunehmend weniger ausreicht. Die Zeit, die den Fachphysikern in Semesterwochenstunden bzw. ECTS-Kreditpunkten zur Verfügung steht, ist etwa dreimal so groß wie für die Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Die Umsetzung des Bologna-Prozesses und die begleitenden Vorgaben der Kultusministerkonferenz wie der Länderministerien erhöhen noch den Zeitdruck in der Fachausbildung.

Für die DPG ergibt sich die Konsequenz: Die notwendigen zeitlichen und inhaltlichen Freiräume für die Umsetzung der folgenden Thesen werden durch ein Studium geschaffen, das speziell auf die moderne Lehre der Physik in der Schule ausgerichtet ist. Sowohl die *Formen der Lehre* als auch die Inhalte (Curricula) sollen, basierend auf den Thesen, von den Hochschullehrern in der Fachphysik neu gestaltet werden.

Einer der vorgeschlagenen Schritte auf dem Wege eines eigenständigen Physikstudiums für Lehrkräfte ist die Gestaltung der Übungen mit eigens konzipierten Arbeitsformen. Die Physik der Materie geht über diese Übungsgruppen hinaus und beinhaltet die Konzepte übergreifend auf die gesamte Veranstaltung, die speziell für das Realschullehramt entwickelt wurde.

Sechs Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik werden von der DPG gefordert, die sich in der Gestaltung der Physik der Materie als eine lernaktive, tutoriell gestaltete Lehrform widerspiegeln:

- *These 1:* Gefordert wird die stärkere Vermittlung von Gesamtzusammenhängen in der Physik statt der reinen Orientierung der Lehre an der Fachsystematik. Besonders berücksichtigt werden die Hintergründe der Schüler durch Fernsehen, Computerspiele, Naturerlebnisse usw.
⇒ Auf „publikumswirksame“ Phänomene wird eingegangen. Beispiele hierfür sind

- der Naturreaktor von Oklo,
- die Forschung am Reaktor in Garching als Exkursion,
- die populärwissenschaftliche Beschreibung von Teilchen als „Quarks-Band“ mit Videoclips (<http://www.quarks.de/dyn/10238.phtml>),
- die Zeitreise durch das Universum (<http://www.physik.uni-mainz.de/lehramt/lehssystem/Tour/TourFr32.html>),
- die Reise durch die Dimensionen „Powers of Ten“ (<http://microcosm.web.cern.ch/Microcosm/P10/german/>) etc.

In der Physik der Materie wird in Bereichen innerhalb der Physik auf die Betonung gebietsübergreifender Konzepte bzw. Querverbindungen Wert gelegt – wie z.B. die Querverbindung zwischen

- Kristallstrukturbestimmung in der Festkörperphysik und Streuexperimenten in der Quantenmechanik oder
- der (in)elastischen Verformung eines Kristalls und des (in)elastischen Stoßes.

Diese Verbindungen werden mit entsprechenden Diskussionsanleitungen von den Studierenden erarbeitet.

- *These 2:* Betonung des analysierenden Lernens der Schüler, ausgehend von Beobachtung über Fragen hin zum Verstehen.
 ⇒ Wie gefordert wird in der Physik der Materie inhaltlich verstärkt auf experimentelle Beobachtungen eingegangen, die in multimedialen Experimenten durchgeführt und variiert werden können, und ausgehend von diesen experimentellen Befunden die Theorie erschlossen. Zum Beispiel führen die Beobachtungen im quantenphysikalischen Experiment „Interferometer“ über eigene Fragen und intensive Diskussionen schließlich zu dem theoretischen Hintergrund der Nichtlokalität von Quantenobjekten.
- *These 3:* Lehrer gestalten ihren Unterricht so, wie sie selbst Physik in den Veranstaltungen der Hochschullehre erfahren haben. Dies sollte Konsequenzen für die Gestaltung der Veranstaltungen der Hochschullehre haben. Die Hochschullehrer sollen solche Lehrformen entwickeln oder weiterentwickeln.
 ⇒ Dies ist für die Physik der Materie geschehen: Die angehenden Lehrer eignen sich Erfahrungen an
 - im analysierenden Denken aus These 2,
 - in der Erarbeitung der physikalischen Inhalte in den angewandten Lehr-Lern-Formen und den gewählten Sozialformen,
 - im Einsatz neuer Medien im Unterricht, nachdem sie selbst Erfahrungen mit dem Umgang mit Web-Texten und anderen Anleitungen und der Ansicht und Durchführung von multimedialen Experimenten gewinnen konnten.
- *These 4:* Die den Lehramtsstudierenden im Studium der Physik zur Verfügung stehende Zeit ist geringer als für die Fachphysiker. Es ist ein Gebot der Effizienz, die Studienordnung so zu gestalten, dass die knappe Zeit optimal ausgenutzt wird.
 ⇒ Das Projekt der Physik der Materie gestaltet zwar nicht die Studienordnung, jedoch die Lehrveranstaltung selbst effektiver als die traditionellen Vorlesung: Das Lernen geschieht in der Veranstaltung, so dass die notwendige Nachbearbeitungszeit entfällt.
- *These 5:* Kritik an der Durchführung der Lehramtsausbildung als ausgedünnter Teil der Fachausbildung Physik, so dass der eigene Wert der Lehramtsausbildung verkannt wird und als eine Folge das Selbstwertgefühl der angehenden Lehrkräfte schädigt statt stärkt. Die unterschiedliche Ausbildung muss professionalisiert und auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der Schulform eingegangen werden.
 ⇒ Die Materialien und ihr Einsatz in der Physik der Materie wurden speziell für die Bedürfnisse der Studierenden des Realschullehramtes und der Physik als Nebenfach entwickelt.

- *These 6:* Forderung für die Lehrerausbildung in Physik von Seiten eines forschungsaktiven Physikprofessors der Physikfakultät, um Qualität, Aktualität und fachliche Weiterentwicklung zu garantieren. Eine Verzahnung der Fachdidaktik und der Fachwissenschaft ist Voraussetzung.
 ⇒ Die Physik der Materie wurde bisher (mit Ausnahme des SS04) zusätzlich zu dem Tutor von einem Professor für Physik betreut, und die Einbeziehung von aktueller Forschung wurde gewährleistet.

Vorgestellt wurden das Lehr-Lern-System und die jeweils aktuellen Zwischenergebnisse regelmäßig auf den Tagungen der DPG und der GDChP (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik). Der hohe Entwicklungsaufwand ist vor allem dann zu rechtfertigen, wenn neben dem Erfolg an der Universität München eine erfolgreiche Dissemination an andere Hochschulen erfolgt.

Erste Ansätze zur Dissemination deuten darauf hin, dass auch dieses wichtige Problemfeld erfolgreich bearbeitet werden kann.

Ende des WS04/05 fand eine Demonstration des Lehr-Lern-Systems an der Universität Würzburg statt, über die im Anhang 8 berichtet wird. Veranstalter war Professor Dr. Kircher.

Mit Hilfe eines für diese Gruppe entwickelten Fragebogens (Anhang 9) evaluierten die Teilnehmer die Probeveranstaltung. Die Ergebnisse dieser Evaluation zeigen eine sehr hohe Lernzufriedenheit der Studierenden mit dem Konzept, sie schätzen ihren Lernerfolg hoch ein.

Besonders gefielen die Aktivität, die Selbständigkeit und Selbstbestimmbarkeit, das eigene Tempo, die Experimente und deren Bearbeitung, die Arbeit in Kleingruppen, die Atmosphäre, die gute Erklärung des Inhalts.

Als Grund, wieder eine derartige Veranstaltung zu besuchen, wurde vor allem der Vergleich mit einer traditionellen Vorlesungsform angeführt: Mit dem Lehr-Lern-System sei „viel mehr gelernt worden“, man „schalte nicht ab“, könne sich besser konzentrieren, erlange tieferes Verständnis, die Veranstaltung sei effektiver.

An der Universität Braunschweig wurde im WS05/06 eine Vorlesung über Mechanik für Studierende des Lehramts nach den Konzepten des Lehr-Lern-Systems umgesetzt. Ansprechpartner, Entwickler der Materialien und gleichzeitig Tutor ist Prof. Dr. Rainer Müller. Die Evaluation mit Hilfe des Fragebogens, der auch in Würzburg eingesetzt wurde, belegt auch in diesem Fall einen erfolgreichen Einsatz der tutoriell gestützten Veranstaltungsform.

Kapitel 6 : Zusammenfassung

Mit Hilfe des Untersuchungsdesigns SS04/SS05 konnte der Vergleich zwischen einer traditionellen Vorlesungsform und der aktiven Form der „Physik der Materie“ mit Einbindung des Lehr-Lern-Systems realisiert werden. Der Vergleich wurde mit Hilfe einer Interviewstudie durchgeführt.

Innerhalb der Interviewstudie beurteilten die Studierenden, ob die angebotene **Vorlesungsphase** eine typische Vorlesung sei, wie sie sie aus ihrem Studium kannten. Als Ergebnis lässt sich unter anderem festhalten, dass

- der Lernerfolg im Vorlesungsteil der Physik der Materie größer eingeschätzt wird als in anderen Vorlesungen - mit anderen Worten, die Überlegenheit der lernaktivierenden Anteile über die Vorlesungsanteile kann nicht auf Vorlesungen niedriger Qualität zurückgeführt werden,
- eine Nachbearbeitungszeit notwendig sei,
- die Atmosphäre besser beurteilt wird als in anderen Vorlesungen.

Als Gründe für die bessere Atmosphäre werden genannt:

- die Kommunikation und Kooperation in den Präsenzübungen,
- die „kleine Gruppe“,
- die „Offenheit für Fragen“,
- die „geringere Distanz zum Dozenten“.

Im Unterschied zu der Vorlesungsphase beurteilten die Studierenden die **Phase der aktiven Form** folgendermaßen:

- Der Lernerfolg wird als sehr hoch eingeschätzt,
- die notwendige Nachbearbeitungszeit habe sich erheblich reduziert bzw. entfällt,
- die Atmosphäre habe sich noch verbessert.

Als Gründe für die Verbesserung der Atmosphäre im Vergleich mit der Vorlesungsphase werden genannt:

- „Mehr Austausch unter den Studenten“,
- Motivation durch das Erleben des eigenen Kompetenzzuwachses.

Aufgrund der Interviewstudie wird festgestellt, dass sich aus Sicht der Studierenden in einer typischen traditionellen Vorlesung der Lernerfolg nicht in der Veranstaltungszeit einstellt. Die Nachbearbeitung der besuchten Vorlesung wird als dringend notwendig erachtet, es herrschen Hemmungen, in der Vorlesung Fragen zu stellen, und es bestehe keinerlei realistische Interaktionsmöglichkeit für die Studierenden. Anstatt die notwendige Nacharbeit regelmäßig zu investieren, werde das Lernen bis hin zur Prüfung aufgeschoben. Die allgemeine Atmosphäre bezüglich der eigenen Arbeitshaltung in einer typischen traditionellen Vorlesung wird als passiv beschrieben. Die Beziehung zwischen den Studierenden und zu dem Dozenten sei distanziert.

Für das Vergleichsdesign wurde der jeweils vorgesehene Vorlesungsabschnitt im Vorlesungsstil unterrichtet. Insbesondere die Atmosphäre jedoch wurde von Studierenden als untypisch für eine Vorlesung bewertet, sie sei kommunikativ. Auch der selbst wahrgenommene Lernerfolg wurde teils als höher eingestuft, teils aber auch als gering. Auch eine Nachbearbeitungszeit sei notwendig, wurde jedoch wenig investiert.

Der Lernerfolg in den entsprechend vorgesehenen Abschnitten mit dem Lehr-Lern-System empfinden die Studierenden als groß, Gründe seien die eigene Aktivität und die Kombination der Materialien. Wieder wurde nur eine sehr geringe Nachbearbeitungszeit investiert und auch als weniger notwendig erachtet. Die Atmosphäre sei positiv, sie habe sich noch verbessert im Vergleich mit der bereits gelobten Atmosphäre im Vorlesungsabschnitt. Auf sie wirke sich besonders der Austausch unter den Studierenden aus.

Als Hauptunterschiede zwischen den Abschnitten der „Physik der Materie“ unter Anwendung des Lehr-Lern-Systems zu einer traditionellen Vorlesung werden vorrangig das aktive Lernen, die Selbstkontrolle der eigenen Leistung und der Kontakt zum Dozenten genannt.

Die bis hierhin formulierten Ergebnisse resultieren aus der Einschätzung der Studierenden. Der tatsächliche Lernerfolg durch das Lehr-Lern-System wurde mit Hilfe von Wissenstests innerhalb des entwickelten Untersuchungsdesigns gemessen.

Für die Studierenden, die im Sommersemester 04 (SS04) die „Physik der Materie 1“ besuchten, wurde das Themengebiet Quantenmechanik im Stil einer traditionellen Vorlesung unterrichtet. Daraufhin wurde das Themengebiet Teilchenphysik mit dem Lehr-Lern-System unterrichtet. Für die Teilnehmer im SS05 wurde zunächst das Themengebiet Teilchenphysik im Stil der traditionellen Vorlesung behandelt, anschließend die Quantenmechanik mit dem Lehr-Lern-System.

Im Anschluss an jeden Themenkomplex wurde das Wissen der Studierenden überprüft.

Die Ergebnisse, welche die Studierenden in den jeweils abschließenden Tests erbrachten, zeigen die deutliche Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems bezüglich des Lernerfolgs. Angegeben ist die durchschnittlich erreichte Prozentzahl der zu erwerbenden Punkte in dem jeweiligen Test:

Semester	Themenkomplex	Unterrichtsstil	Testergebnis
SS04	Quantenmechanik	Vorlesung	26%
SS04	Teilchenphysik	aktive Form	63%
SS05	Teilchenphysik	Vorlesung	35%
SS05	Quantenmechanik	aktive Form	61%

Zieht man den Vergleich innerhalb je eines Semesters, so lässt sich die Steigerung des Lernerfolgs sowohl in der Gruppe der Studierenden im SS04 als auch in der Gruppe der Studierenden im SS05 zwischen den beiden Unterrichtsformen verzeichnen.

Ein Vergleich innerhalb des Themenkomplexes Quantenmechanik zeigt einen größeren Lernerfolg bei der Gruppe, die mit dem Lehr-Lern-System lernte. Ebenso verhält es sich mit dem Vergleich innerhalb des Themengebietes Teilchenphysik.

Mit Hilfe dieses Untersuchungsdesigns ist es möglich geworden, die Überlegenheit des Lehr-Lern-Systems im Vergleich zu einem traditionellen Vorlesungsstil herauszustellen.

Zusammenfassend lassen sich die wichtigsten Ergebnisse des dreijährigen Forschungsprojektes formulieren:

Die benötigte Studierzeit außerhalb der Veranstaltung hat sich erheblich reduziert, die Arbeitszeit der meisten Teilnehmer beschränkt sich auf den Veranstaltungszeitrahmen. Die Akzeptanz des Lehr-Lern-Systems der aktiven Veranstaltung durch die Studierenden ist groß, das herrschende Lernklima wird gelobt.

Der mit Hilfe von Tests gemessene Umfang des erworbenen Wissens ist deutlich größer als in der herkömmlichen Vorlesungsform. Das Lehr-Lern-System zeigt deshalb eine größere Lernwirksamkeit als die traditionelle Vorlesung.

Als Ausblick eröffnet sich die Anwendung des Konzeptes universitätsübergreifend für die Hochschullehre: Die Deutsche Physikalische Gesellschaft fordert eine Neukonzeption der Ausbildung der zukünftigen Lehrkräfte in Physik, für die das Lehr-Lern-System offensichtlich prädestiniert ist.

Literaturverzeichnis

Anderson, T. (2004): "Toward a theory of online learning". In T. Anderson & F. Elloumi (Eds.), *Theory and practice of online learning* (pp. 33-60).
Internet: http://cde.athabasca.ca/online_book/index.html

Barg, J. A., Schul, Y. (1980): „On the cognitive benefits of teaching “. *Journal of Educational Psychology*, 72, 593-604

Baumgartner P. (2004), „Didaktik und Reusable Learning Objects (RLO's)". In: D. Carstensen & B. Barrios (Hrsg.) *Campus 2004 – Kommen die digitalen Medien an den Hochschulen in die Jahre?* (311-327) Münster Waxmann

Baumgartner P. & Bergner I. (2003) "Ontological stratification of virtual learning activities – Developing a new categorization scheme".
Internet: <http://iol3.uibk.ac.at:8080/files/peter/peter/artivles/icl-categorization.pdf>

Bauer, S (1991) „Physikalische Praktika aus Sicht der Studenten – statistische Analyse einer Umfrage“. *Zulassungsarbeit, Didaktik der Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München.*

Benington, H.D. (1956) "Production of Large Computer Programs", in: *Proc. ONR Symposium on Advanced Programming Methods of Digital Computers*, June 1956, pp. 15-27

Boehm, B.W. (1984) "Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications", in: *IEEE Software*, Jan. 1984, pp. 75-88]

Boehm, B. W. (1988): "A spiral model of software development and enhancement". *IEEE* 21 (2). pp. 61-72.

Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (1999): "How people learn. Brain, mind, experience, and school". Washington, D.C.: National Academy Press.

Budde, R., Kantz K., Kuhlkamp K., Züllighoven H., "Prototyping – An Approach to Evolutionary System Development", Berlin: Springer-Verlag, 1992

Burge, E. J., Rogerts, J. M. (1993): "Classroom with a difference: A practical guide to the use of conferencing technologies. Distance Learning office, Field Services and Research". Ontario Institute for Studies in Education (Affiliated with the University of Toronto).

Daft R.L. & Lengel R.H. (1986): "Organizational information requirements, media richness, and structural design". *Management Science* 32(5), 554-571

Damon, W., Phelps, E. (1989): „Critical distinctions among three approaches to peer education“. *Internal Journal of Educational Research*, 13, 9-19

Dansereau, D. F. (1988): "Cooperative learning strategies". In: C. E. Weinstein, E. T. Goetz & P. A. Alexander (Eds.). *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction and evaluation*. New York: Academic Press. pp. 103 - 120.

Deci E.L. & Ryan R.M. (1985): "Intrinsic motivation and self-determination in human behaviour". New York: Plenum Press

Deutsche Physikalische Gesellschaft DPG (2006) "Thesen für ein modernes Lehramtstudium im Fach Physik". Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V., März 2006

DIN ISO 9126, „Informationstechnik – Beurteilen von Softwareprodukten, Qualitätsmerkmale und Leitfadens zu deren Verwendung“, 30.9.91. In Balzert, Helmut: Lehrbuch der Software-Technik, Heidelberg, Berlin, Spektrum Akademischer Verlag, 1998

Döring N. (2002): „Sozialpsychologie des Internet. Die Bedeutung des Internet für Kommunikationsprozesse, Identitäten, soziale Beziehungen und Gruppen“. Göttingen: Hogrefe

Fairley, R. E. (1985): "Software Engineering Concepts", McGraw-Hill, New York.

Girwidz, R. (2001): „Bildmedien im Physikunterricht“. Habilitationsschrift, Didaktik der Physik, Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Graef, R., Preller, R.-D. (Hrsg.) (1994): „Lernen durch Lehren“. Rimbach: Verlag im Wald.

Hesse, F. W. , Grassowski. B., Hron. A. (1997): "Netzbasiertes kooperatives Lernen". In: L. J. Issing, P. Klimsa (Hrsg.). Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Weinheim: Beltz. S. 283-297.

Hinze, U. (2004): „Computergestütztes kooperatives Lernen“. Waxmann Verlag GmbH, Münster

Issing. L. J., Klimsa. P. (2002): "Information und Lernen mit Multimedia und Internet". Weinheim: Beltz.

Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1995): „Cooperative learning and nonacademic outcomes of schooling. The other side of the report card“. In J. E. Pedersen & A. D. Digby (Eds.) Secondary schools and cooperative learning (pp. 81-150). New York: Garland.

Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (1999): "Learning together and alone: Cooperative, competitive and individualistic learning". Boston, MA: Allyn and Bacon.

Keller, J.M. (1994): "Development and Use of the ARCS Model of Motivational Design". Enschede: Twente Univ. of Technology.

Levine, J. M., Resnick, L. B. & Higgins, E. T. (1993): "Social foundations of cognition." Annual Review of Psychology, 44, 585-612.

Kieback A., Lichter H., Schneider-Hufschmidt M., Züllighoven H. (1992) „Prototyping in industriellen Software-Produkten“, in: Informatik-Spektrum 15: 65-77.

Mandl, H., Gräsel, C. (2000): "Instruktionale Ansätze zum problemorientierten multimedialen Lernen in der Medizin". In: Bichler & Mattauch (Hrsg.). Multimediales Lernen in der Medizinischen Ausbildung – Ein elektronischer Symposiumsband. Heidelberg: Springer.

Mandl. H., Spada. H. (1988): "Wissenspsychologie". München-Weinheim: Psychologie Verlags Union. (S. 146-147).

Metzger Ch. & Schulmeister R. (2004): „Interaktivität im virtuellen Lernen am Beispiel von Lernprogrammen zur Deutschen Gebärdensprache“. H.O. Mayer & D. Reichel (Hrsg.), Handlungsorientiertes Lernen und eLearning (S. 265-297).

- Müller, R. Wiesner H. u. a. (2002) „milq“. CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Leipzig.
- Neber, H. (2001): „Kooperatives Lernen“. In D. H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie, Psychologie Verlags Union, Weinheim (S. 361-366)
- Neumann P., Hoene C. (1999) „Multimediale Einführung in die Spezielle Relativitätstheorie“ Zulassungsarbeit, Didaktik der Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- O'Donnel, A. M., Dansereau, D. F. (1992): „Scripted cooperation in student dyads: A method for analyzing and enhancing academic learning and performance“. In R. Hertz-Lazarowitz & N. Miller (Eds.), Interactions in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning (pp. 120-141). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Oshima J., Scardamalia M., Bereiter C. (1996): “Collaborative learning processes associated with high and low conceptual progress”. Instructional Science, 24. pp. 125 - 155.
- Rehm A. (2006): „Erhaltungsgrößen in Teilchenreaktionen“, Zulassungsarbeit, Didaktik der Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Reinmann, G. (2005): „Blended Learning in der Lehrerbildung“, Pabst Science Publisher, Lengerich
- Reinmann, G. (2005): „Innovation ohne Forschung?“ Unterrichtswissenschaft, 33. Jg, 2005, H. 1
- Reinmann-Rothmeier G. & Mandl H. (Hrsg.) (2001): „Virtuelle Seminare in Hochschule und Weiterbildung. Drei Beispiele aus der Praxis“. Bern: Huber
- Renkl, A. (2001): „Lernen durch Lehren“. In D. H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie, Psychologie Verlags Union, Weinheim (S. 413-418)
- Resnick L. B. (1991): „Shared cognition: Thinking as social practice“. In L. B. Resnic, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), Socially shared cognition (pp. 1-22). Washington, DC: American Psychological Association.
- Rotluff, J. (1992): „Selbständiges Lernen: Arbeiten mit Leittexten“. Weinheim: Beltz
- Schnotz, W. Vosniadou, S., Carretero (1999): „New Perspectives on Conceptual Change“. Elsevier Science, Kidlington, Oxford.
- Slavin, R. E. (1989): „Cooperative learning and student achievement“. In R. E. Slavin (Eds.), School and classroom organization (pp. 129-156). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Slavin, R. E. (1990): „Cooperative learning: Theory, research, and practice“. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Slavin, R. (1993): „Kooperatives Lernen und Leistung: Eine empirisch fundierte Theorie“. In G. Huber (Hg.), Neue Perspektiven der Kooperation. Baltmannweiler: Schneider (S. 151-170)
- Traupel. J., Faessler. M., Schorn. B., Wiesner. H. (2005): „Selbstgesteuertes Lernen an der Hochschule - Entwicklung und Evaluation eines tutoriell und multimedial gestützten Lernsystems“. CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Berlin.

Tröndle. P., Fischer. F., Mandl. H., Koch. J., Teege. G., Schlichter. J. (1999): "Multimediales Lernen an der Universität". Forschungsbericht Nr. 107, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.

Weidenmann, B. (1994): „Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen“. Bern u. a.: Huber.

Wessner, M. (2001): „Software für e-Learning: Kooperative Umgebungen und Werkzeuge“. In R. Schulmeister & M. Wessner (Hg.), Virtuelle Universität – virtuelles Lernen. Opladen: Oldenburg, (S. 195-220)

Wittmann. Michael C., Steinberg. Richard N., Redish. Edward F., Morgan. Jeffrey T., Bao. Lei (2002): „Activity-Based Tutorials Research-Based Curriculum Development“. The American Journal of Physics, Vol 70, No. 3, March 2002 p. 223.

Anhang

Anhang 1: Fragebogen zur formativen Evaluation

Anhang 2: Interviewschema Prototyp

Anhang 3: Interviewschema Vergleichsstudie

Anhang 4: Test über Quantenphysik

Anhang 5: Test über Teilchenphysik

Anhang 6: Fragebogen zur traditionellen Vorlesung

Anhang 7: Fragebogen zur Physik der Materie

Anhang 8: Erprobung des Lehr-Lern-Systems in Würzburg

Anhang 9: Fragebogen für einen Einblick in das Lehr-Lern-System

Anhang 10: Materialien der „Physik der Materie“

Materie 1

Bitte nehmen Sie sich einige Minuten Zeit, um Ihrem subjektiven Erleben hinsichtlich der angegebenen Lehrveranstaltung in Form dieses Fragebogens Ausdruck zu verleihen. Bitte beachten Sie beim Ausfüllen folgende Antwortskalierung:

5 sehr hohe , 4 hohe, 3 mittlere, 2 geringe, 1 sehr geringe Zustimmung

Studienrichtung: _____

Geschlecht: _____ Semesteranzahl: _____ Geburtsdatum (Tag, Monat, Jahr): _____

		Manuskript				
		sehr hohe Zustimmung				sehr geringe Zustimmung
		5	4	3	2	1
71.	Die Abschrift des Tafelbildes habe ich durch eigene Notizen ergänzt.	<input type="radio"/>				
79.	Ich habe mich außerhalb der Veranstaltungszeit mit meinen Unterlagen beschäftigt.	<input type="radio"/>				
80	Meine Unterlagen sind zum Lernen nicht geeignet.	<input type="radio"/>				
81	Meine Unterlagen sind ausreichend, um den vermittelten Stoff zu wiederholen.	<input type="radio"/>				
82	Ich habe mich bislang mit meinen Unterlagen nur zwecks Bearbeitung der Übungsaufgaben beschäftigt.	<input type="radio"/>				
Übungen						
83	Ich habe alle Übungsaufgaben bearbeitet.	<input type="radio"/>				
84	Die Übungsaufgaben sind gut auf die Veranstaltung abgestimmt.	<input type="radio"/>				
85	Die Übung als Präsenzübung zu gestalten, hat mir gefallen.	<input type="radio"/>				
86	Die Übung als Präsenzübung zu gestalten, bedeutet für mich Zeitersparnis.	<input type="radio"/>				
42.	Die Übungsaufgaben haben die Wissenssicherung unterstützt.	<input type="radio"/>				
43.	Ich habe mich noch zusätzlich außerhalb der Veranstaltung mit den Übungsaufgaben auseinandergesetzt.	<input type="radio"/>				
87	Ohne Präsenzübung beschäftige ich mich nicht mit den Übungsaufgaben.	<input type="radio"/>				
44.	Das Austeilen der Musterlösungen war für mich hilfreich.	<input type="radio"/>				
	Die Partnerarbeit in der Übungsphase war lernförderlich.	<input type="radio"/>				
Veranstaltung		sehr hohe Zustimmung				sehr geringe Zustimmung
		5	4	3	2	1
94	Die Inhalte der Physik werden sehr verständlich vermittelt.	<input type="radio"/>				
95	Es ist ein Roter Faden zu erkennen.	<input type="radio"/>				
96	Die Veranstaltung orientiert sich in hohem Maße an experimentellen Erkenntnissen.	<input type="radio"/>				
97	Die Inhalte sind zu mathematisch.	<input type="radio"/>				
98	Ich werde während der Veranstaltung angeregt, aktiv mitzudenken.	<input type="radio"/>				
99	Während der Veranstaltung war ich die meiste Zeit mit Anfertigen der Mitschrift beschäftigt.	<input type="radio"/>				
100	Ich konnte der Veranstaltung gut folgen.	<input type="radio"/>				
101	Ich war oft verleitet, nicht mehr mitzudenken.	<input type="radio"/>				

102	An viele Zusammenhänge aus vorangegangenen Stunden kann ich mich nicht mehr erinnern.	<input type="radio"/>				
103	Um den in der Veranstaltung vermittelten Stoff zu verinnerlichen, ist ein hoher Zeitaufwand außerhalb der Veranstaltungszeit notwendig.	<input type="radio"/>				
26.	Außerhalb der Veranstaltungszeit habe ich ein hohes Maß an Zeit in die Bearbeitung und Nachbereitung investiert.	<input type="radio"/>				
27.	Das Thema der Veranstaltung interessierte mich persönlich.	<input type="radio"/>				
28.	Ich habe nach weiterführender Literatur gesucht, wenn mir bestimmte Inhalte noch nicht ganz klar waren.	<input type="radio"/>				
104	Ich habe an allen Terminen der Veranstaltung teilgenommen.	<input type="radio"/>				
105	Wenn nicht, Begründung:					
33.	Ich konnte mich in der Veranstaltung über einen großen Zeitraum konzentrieren.	<input type="radio"/>				
36.	Ich hätte mir einen höheren Einsatz von Demonstrationsexperimenten gewünscht.	<input type="radio"/>				
106	Der Diskussionsumfang mit dem Dozenten war sehr angemessen.	<input type="radio"/>				
	Prüfungsvorbereitung (Staatsexamen, Diplom)					
112	Ich brauche den Schein.	<input type="radio"/>				
113	Eine Prüfung, in der die Inhalte dieser Veranstaltung geprüft werden, steht bei mir bevor (spätestens im nächsten Semester).	<input type="radio"/>				
114	Ich habe die Vorlesung „Physik der Materie I“ bereits in einem früheren Semester besucht.	<input type="radio"/>				
115	Mein Engagement für diese Veranstaltung war sehr hoch.	<input type="radio"/>				
116	Ich habe mir vorgenommen, in dieser Veranstaltung viel zu lernen und bin bereit, auch viel zu investieren.	<input type="radio"/>				
	<i>Mein Plan zum Lernen auf die Prüfung (Staatsexamen/Diplom):</i>					
117	Ich werde mich auf die Prüfung allein vorbereiten.	<input type="radio"/>				
118	Ich werde mich für die Prüfung in einer Lerngruppe vorbereiten.	<input type="radio"/>				
119	Ich werde die Übungen durcharbeiten.	<input type="radio"/>				
120	Ich werde vorwiegend aus meinen Unterlagen der Veranstaltung lernen.	<input type="radio"/>				
121	Ich werde vorwiegend aus Büchern lernen.	<input type="radio"/>				
122	Weiteres:					
20.	Die Veranstaltung bot ein hohes Maß an individuellen Lernmöglichkeiten.	<input type="radio"/>				
21.	Die Veranstaltung bot genügend Möglichkeiten zur aktiven Teilnahme der Studierenden.	<input type="radio"/>				
22.	Die Veranstaltung ermöglichte eigenaktives Lernen.	<input type="radio"/>				
23.	Die Veranstaltung ermöglichte eine teamorientierte Arbeitsweise.	<input type="radio"/>				

Atmosphäre:		sehr hohe Zustimmung					sehr geringe Zustimmung				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
123	Durch die Präsenzübungen hat sich die Atmosphäre unter den Studierenden verbessert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
124	Durch die Präsenzübungen hat sich meine persönliche Einstellung zu den anderen Studierenden verbessert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
47.	<i>Die Atmosphäre unter den Studierenden war:</i>										
	respektvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	offen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	gesprächsbereit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	teamorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	kommunikativ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	distanziert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
127	<i>Meine persönliche Einstellung den anderen Studierenden gegenüber war:</i>										
	respektvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	offen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	gesprächsbereit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	teamorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	kommunikativ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	distanziert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
48.	<i>Das Lernverhalten der Studierenden war:</i>										
	motiviert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	leistungsorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	kreativ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	lösungsorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	gelangweilt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	uninteressiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
128	<i>Mein persönliches Lernverhalten war:</i>										
	motiviert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	leistungsorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	kreativ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	lösungsorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	gelangweilt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	uninteressiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
129	<i>Die Veranstaltungsform ermöglichte:</i>										
	Diskussionen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	Eigene Stellungnahmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	Individuelle Lernprozesse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	Gemeinsame Lernprozesse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
130	<i>Die Präsentationen des Dozenten waren:</i>										
	gut vorbereitet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	verständlich vorgetragen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	gut visualisiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
	fachlich reflektiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
53.	Was hat Ihnen bei dieser Veranstaltung gefehlt?										

54.	Was hat Ihnen an der Veranstaltung gefallen?	
131	Vergleichen Sie bitte diese Veranstaltung mit anderen Vorlesungen, die Sie in Ihrem bisherigen Studium der Physik besucht haben:	
132	Diese Veranstaltung ist eine typische Vorlesung, wie ich sie aus meinem bisherigen Studium der Physik kenne.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<p>Die folgenden Fragen beziehen sich <u>auf alle anderen Vorlesungen</u>, die Sie in Ihrem bisherigen Studium der Physik besucht haben:</p>		
133	In den Vorlesungen findet während der Vorlesungszeit kein aktiver Lernprozess statt.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
134	Das Lernen des Stoffs schiebt man vor sich her, bis die Prüfung naht.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
135	Die Übungsaufgaben sind der einzige Ansporn, mich mit dem Stoff zu befassen.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
136	Ich lerne besser in Vorlesungen, in denen die Übungen nicht auf die Vorlesung abgestimmt sind.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
137	Wenn ich nicht regelmäßig den in einer Vorlesung vermittelten Stoff aufarbeite, kann ich der Vorlesung bald nicht mehr folgen.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
138	Das eigentliche Aufnehmen des behandelten Stoffs findet in der Nacharbeit, nicht in der Vorlesung statt.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
139	Die Vorlesungsskripte sind nicht zum Lernen geeignet.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
140	Ich lerne aus Büchern, nicht aus meinen Vorlesungsskripten.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
141	In den von mir besuchten Vorlesungen war ein Roter Faden erkennbar.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
142	Ich kann Vorlesungen gut folgen.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
143	Ich bin oft verleitet, nicht mehr mitzudenken.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
144	Für Veranstaltungen, deren Schein man nicht benötigt, wird man außerhalb der Veranstaltung nicht aktiv.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
145	Elemente aus Vorlesungen, die Ihnen besonders gefallen haben:	

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Interviewschema Prototyp

Ich möchte im Folgenden mit Ihnen die herkömmliche Vorlesungsform mit der Materie-Form vergleichen. Dazu stellen Sie sich jetzt bitte eine Vorlesung vor, in der ein Professor an der Tafel oder am Projektor doziert.
Was finden Sie an der Vorlesung positiv, was negativ?

Die Materie-Veranstaltung setzt sich zusammen aus Texten, Selbstkontrolle, Übungsaufgaben und Übungen am Rechner mit Multimedia-Elementen (siehe Tabelle) und Zusammenfassungen an der Tafel.
Glauben Sie, dass Sie mit der Materie-Form besser lernen? Warum?

Nun wollen wir auf die einzelnen Komponenten eingehen, die in der Materie-Veranstaltung enthalten sind. Wie haben Sie jede einzelne Komponente erlebt, und wie beurteilen Sie Ihren Lernerfolg durch die Komponente?

	Wie erlebt?	Einschätzung Lernerfolg
Texte		
Tafel		
Selbstkontrolle		
Übungen		
Multimedia		

Jetzt wollen wir die Komponente „Multimedia,“ betrachten. Unter Multimedia verstehe ich die html-Seiten, die kapitelweise wie die Texte aufgebaut sind und in deren Führungstext Animationen und Simulationen eingebettet sind. In der Materie 1 im Sommer kam Multimedia zum Einsatz, in der Materie 2 im Winter dagegen nicht. Hier erhielten Sie nur die Texte, die Abbildungen enthalten.

Vergleichen Sie die Veranstaltungsteile mit und ohne Multimedia bezüglich des Vorstellungsvermögens, das Sie erlangt haben.

Wie schätzen Sie Ihren Lernerfolg ein, wenn Sie den Veranstaltungsteil mit Multimedia mit dem ohne Multimedia vergleichen?

Vergleichen Sie die beiden Veranstaltungsteile mit und ohne Multimediaeinsatz bezüglich ihrer Lernzufriedenheit (Spas).

Wie beurteilen Sie den Text der html-Seiten?

Vergleichen Sie die Multimedia-Elemente der Einheit Quantenmechanik und der Einheit Kernphysik.

Ein Extremum stellt die Arbeit mit der Relativitäts-CD dar, da hier auf die ausgeteilten Texte verzichtet wurde und Sie ausschließlich am Computer gearbeitet haben.
Beurteilen Sie diese freie Arbeit mit der CD.

Hätten Sie sich mehr Hilfen bei der Arbeit mit der CD gewünscht?

Zum Abschluss der Teilchenphysik haben wir uns einen Film (Quarks und co.) angesehen. Wir wollen nun Ihre Erfahrungen mit dem Film und den Multimedia-Elementen (Simulationen und Animationen) in den html-Seiten vergleichen.

	Film	Multimedia
Unterhaltungswert		
Wiedererkennungswert des Gelernten		
Vorstellungsvermögen		
Motivation		
Lernerfolg		

Nun wollen wir das Lernen in der Gruppe betrachten. Lernen Sie in Ihrem Studiengang außerhalb der Materie-Veranstaltung in Gruppenarbeit?

Wie sieht bei Ihnen in Ihrem Studiengang eine typische Woche aus:
Wie viele Vorlesungen besuchen Sie, wie lange lernen Sie?

Schätzen Sie das Verhältnis zwischen Einzelarbeit und Gruppenarbeit.

In der Materie-Veranstaltung gab es die Möglichkeit zur Gruppenarbeit einerseits bei der Arbeit mit den Multimedia-Elementen am Computer und andererseits bei der „Papierarbeit“, mit Selbstkontrolle und Übungsaufgaben. Haben Sie die Möglichkeit zur Gruppenarbeit genutzt?

Beurteilen Sie die Gruppenarbeit am Computer und mit „Papier“.

Für das Lesen der Texte und das Bearbeiten der Aufgaben auf dem Papier und am Computer haben manche Studenten viel Zeit benötigt, manche wenig.
War Ihnen das Lerntempo in der Materie zu schnell / langsam?

Wie sind Sie damit umgegangen?

Wie sollte der Materie-Veranstalter mit diesen unterschiedlichen Geschwindigkeiten umgehen?

Eine Idee hinter der Materie-Veranstaltung ist, dass man in der Zeit der Materie-Veranstaltung arbeitet. Bei einer Vorlesung wird zwar eine Mitschrift angefertigt, jedoch zu Hause der Inhalt nicht nacharbeitet und das Lernen wird vor sich hergeschoben.
Was ist Ihre Meinung zu dieser These?

Wenn Sie z.B. längere Zeit nicht anwesend waren: Könnten Sie genauso gut ausschließlich mit den Materialien lernen oder ist Ihre persönliche Präsenz in der Veranstaltung effektiver?

Wie haben Sie sich auf die Prüfung vorbereitet?

Interviewschema Vergleichsstudie

Das Interview verläuft so, dass ich unser Gespräch auf Band aufzeichne. Anschließend wird es von mir transkribiert. Alles, was Sie sagen, wird vertraulich behandelt. Ihr Name erscheint nirgends. Hierbei handelt es sich um keinen Test. Es gibt keine falschen und keine richtigen Antworten. Ihre Meinung ist gefragt. Üben Sie Kritik. Je ehrlicher Sie sind, umso besser wird die Materie-Veranstaltung in der Zukunft sein.

	Eine Vorlesung	Physik der Materie
Interesse am Thema		
Lernerfolg in der Veranstaltung		
Nachbearbeitungszeit		
Atmosphäre in der Veranstaltung		
Arbeitsatmosphäre		
Tempo		

„Eine Vorlesung“ beschreibt eine Vorlesungsform, wie Sie sie aus Ihrem Studium der Mathematik oder Physik kennen. Dabei doziert der Professor an der Tafel oder am Projektor. Stellen Sie sich eine **typische Vorlesung** aus Mathe/Physik vor. Welche Aspekte einer Vorlesung finden Sie positiv, welche negativ?

- Wie beurteilen Sie den Lernerfolg in der Vorlesung?
- Wie groß war die Nachbearbeitungszeit außerhalb der Vorlesung?
- Beschreiben Sie die Atmosphäre in der Vorlesung.
- Wie war die Arbeitsatmosphäre?
- Wie beurteilen Sie das Tempo in verschiedenen Vorlesungen?

Nun zum ersten Teil der „**Physik der Materie**“, der als Vorlesung unterrichtet wurde. War diese Vorlesung eine typische Vorlesung, wie Sie sie aus Ihrem Studium kennen?

- Wie war Ihr Interesse für das Thema?
- Wie beurteilen Sie den Lernerfolg in der Veranstaltung?
- Wie groß war die Nachbearbeitungszeit außerhalb der Veranstaltung?
- Beschreiben Sie die Atmosphäre in der Veranstaltung.
- Wie war die Arbeitsatmosphäre?
- Wie beurteilen Sie das Tempo in der Veranstaltung?

Nun zur Veranstaltungsform „**Physik der Materie**“.

- Wie war Ihr Interesse für das Thema?

- Wie beurteilen Sie den Lernerfolg in der Veranstaltung?
- Wie groß war die Nachbearbeitungszeit außerhalb der Veranstaltung?
- Beschreiben Sie die Atmosphäre in der Veranstaltung.
- Wie war die Arbeitsatmosphäre?
- Wie beurteilen Sie das Tempo in der Veranstaltung?

Es ergibt sich die These, dass in der Physik der Materie das Lernen effektiv in der Veranstaltungszeit stattfand und sich die Nachbearbeitungszeit im Vergleich zur Vorlesung reduziert hat. Was sagen Sie dazu?

Ein besonderes Merkmal in der Physik der Materie war die Möglichkeit, Partner- und Gruppenarbeit wahrzunehmen.

Haben Sie in Partner- und Gruppenarbeit gearbeitet?

Wie beurteilen Sie die Gruppenarbeit in der Physik der Materie bezüglich

- des Lernerfolgs?
- der Motivation?
- des Interesses?

Welches waren für Sie die entscheidenden Merkmale, die die aktive Veranstaltungsform der Physik der Materie von einer herkömmlichen Vorlesung – typische Mathe/Physikvorlesung - unterscheiden?

Wie beurteilen Sie Ihre persönliche Präsenz in der Veranstaltung?

(Hätte man mit den Materialien und dem Leitfaden durch die Materialien ebenso gut den Stoff lernen können, oder ist Ihre persönliche Präsenz effektiver?)

Fragebogen zur Quantenphysik

Bitte nehmen Sie sich einige Minuten Zeit, diesen Fragebogen auszufüllen.

Der Fragebogen ist in zwei Kategorien unterteilt:

- In der ersten Kategorie sind die Fragen von der Gestalt, dass Sie mit Ihren eigenen Worten beantwortet werden sollen, Sie also eine freie Antwortmöglichkeit haben.
- In der zweiten Kategorie werden Ihnen Aussagen vorgegeben, die Sie beurteilen sollen. Beachten Sie hierbei bitte folgende Antwortskalierung:
5 sehr hohe, 4 hohe, 3 mittlere, 2 geringe, 1 sehr geringe Zustimmung.

Studienrichtung: _____
Geschlecht: _____ Semesterzahl: _____
Geburtsdatum (Tag, Monat, Jahr): _____

1. Welche Vorstellungen verbinden Sie mit den Zuständen der Elektronen im Atom?

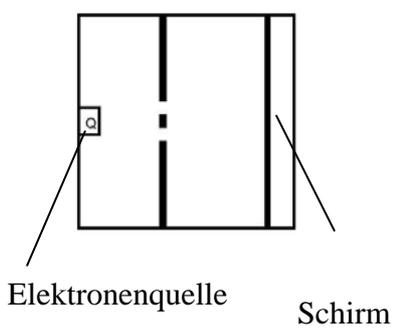
2. Erklären Sie in Ihren eigenen Worten, was man unter „Präparation“ versteht. Geben Sie ein Beispiel an.

3. Können Sie im Doppelspalt-Experiment ein Elektron so präparieren, dass es an einer ganz bestimmten Stelle auf dem Schirm landet? Was ist die Bedeutung von $|\psi(x)|^2$?

4. An welcher Stelle ein einzelnes Elektron auf dem Schirm auftrifft, kann man nicht vorhersagen. Wenn ich mit einem Würfel würfle, kann ich das Ergebnis ebenfalls nicht vorhersagen. Gibt es zwischen den beiden Situationen einen Unterschied?

5. Hat ein Elektron zu jedem Zeitpunkt einen festen Ort (den man eventuell nicht kennt)?

6. Jemand behauptet, dass ein Elektron im Doppelspalt-Experiment immer entweder durch den rechten oder durch den linken Spalt geht. Nehmen Sie zu dieser Aussage Stellung!



7. In der Veranstaltung haben wir die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation besprochen. Geben Sie in Ihren Worten wieder, was sie bedeutet.

8. Was ist die Bedeutung der Größen Δx und Δp in der Unbestimmtheitsrelation?

9. Erläutern Sie, welche Rolle die Wellenfunktion $\psi(x)$ in der Quantenmechanik besitzt.

10. a) Wie kann ich (mathematisch) herausfinden, ob ein Ensemble von Quantenobjekten, das durch die Wellenfunktion $\psi(x)$ beschrieben wird, die Eigenschaft „kinetische Energie“ besitzt?

10. b) Geben Sie eine Wellenfunktion $\psi(x)$ für ein Ensemble an, das auf die Eigenschaft „kinetische Energie“ präpariert ist.

10. c) Geben Sie eine Wellenfunktion $\psi(x)$ für ein Ensemble an, das auf die Eigenschaft „Impuls“ präpariert ist.

11. c) Für welche physikalische Eigenschaft steht der Operator $\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + V(x) \right]$?

12. Elektronen können sich in einem Überlagerungszustand befinden. Können Sie erklären, was man darunter versteht und ein Beispiel dafür geben?

13. Geben Sie in eigenen Worten wieder, worum es bei „Schrödingers Katze“ geht.

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben, den Fragebogen auszufüllen!

Abschlussfragen zur Teilchenphysik

- 1) *Ihr Geburtsdatum?* _____
- 2) *Ihr Studiengang?* _____
- 3) Welche Teilchen sind in der uns umgebenden Materie enthalten?
- 4) Welche Masse hat das Neutrino?
- 5) Bei welchem Experiment bzw. physikalischem Prozess wurde erstmals die Existenz von Neutrinos angenommen? Warum?
- 6) Welches sind die echten Elementarteilchen?
- 7) a) Welche Eigenschaften charakterisieren ein Teilchen?

b) Wie verändern sie sich, wenn man das entsprechende Antiteilchen betrachtet?
- 8) Welches ist das Antiteilchen des Neutrons?
- 9) a) Welche Wechselwirkungen kennen Sie?

b) Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Wechselwirkungen.
- 10) a) Welche Austausch-Bosonen werden in den oben genannten Wechselwirkungen ausgetauscht?

b) An welche Eigenschaft ("Ladung") koppeln die jeweiligen Austausch-Bosonen?

c) Was wissen Sie über ihre Massen?

11) Um welche Wechselwirkungen handelt es sich bei den folgenden Reaktionen, und woran erkennen Sie dies?

a) $\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma$

b) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$

12) Kann Paarerzeugung im Vakuum auftreten? Begründung?

13) Wie groß muss die Energie eines Gammaquants mindestens sein, damit es zu einer Elektron-Positron-Paarbildung kommt?

14) Was geschieht bei einer Zerstrahlung mit der kinetischen Energie der beiden Teilchen?

15) Welche Erhaltungsgrößen kennen Sie, die bei Teilchenreaktionen berücksichtigt werden?

16) Woraus besteht das Proton?

17) Nennen Sie die Zusammenhänge zwischen den folgenden Begriffen: Baryon, Hadron, Meson, Quark, Antiquark!

18) Wie kann es sein, dass Myonen der kosmischen Strahlung eine große Strecke durchfliegen, obwohl sie aufgrund ihrer mittleren Lebensdauer schon längst zerfallen sein müssten?

19) a) Welche Teilchen werden laut der Yukawa-Theorie zwischen Nukleonen ausgetauscht? Welche Ladungen müssen sie tragen?

b) Warum?

20) Nennen Sie ein Beispiel für ein seltsames Teilchen!

21) Kann ein Quark als freies Teilchen beobachtet werden? Begründung?

22) Wie unterscheiden sich "Spin-Quantenzahl" und "Spin"?

23) a) In welche beiden Teilchenarten lassen sich die Teilchen aufgrund der Spinquantenzahl einteilen?

b) Nennen Sie je zwei Beispiele!

24) Was wissen Sie über das Higgs-Teilchen?

25) Wenn es Galaxien aus Antimaterie geben sollte, woran müsste dies beobachtbar sein?

Vielen Dank

Studienrichtung: _____
 Geschlecht: _____ Semesteranzahl: _____
 Geburtsdatum (Tag, Monat, Jahr): _____

Bewertung einer herkömmlichen Vorlesung

„Eine Vorlesung“ beschreibt eine Vorlesungsform, wie Sie sie aus Ihrem bisherigen Studium kennen: Der Professor doziert an der Tafel oder am Projektor. Stellen Sie sich eine solche *typische* Vorlesung aus ihrem Studium vor und beantworten Sie folgende Fragen:

		sehr hohe Zustimmung				1
		5	4	3	2	sehr geringe Zustimmung
170	Ich erhalte aus der Abschrift des Tafelbildes ein sehr gutes Manuskript.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
171	Ein Roter Faden in der Vorlesung ist erkennbar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
172	In einer Vorlesung wird mir Wissen sehr großen Umfangs präsentiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
173	In einer Vorlesung wird mir Wissen sehr großen Umfangs vermittelt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
174	Das Niveau in der Vorlesung ist zu hoch, um präsent folgen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
175	Ich empfinde es als sehr angenehm, in der Vorlesung den Stoff ohne Eigenarbeit präsentiert zu bekommen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
176	In der Vorlesung selbst habe ich keinen Lernerfolg.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
177	Ein Lernen aus Büchern ist dringend notwendig, um den Stoff nachvollziehen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
178	Zum Verständnis ist regelmäßige Nachbearbeitung dringend notwendig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
179	Wie viel Zeit investieren Sie in die Nachbearbeitung? (Es sind auch Angaben im Verhältnis zur Vorlesungszeit möglich.)					
180	Der Lernerfolg ist sehr abhängig von der Gestaltung durch den Dozenten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
181	Veranstaltungen in kleinem Rahmen bieten höheren Lernerfolg.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
182	Das Tempo ist zu hoch, um präsent folgen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
183	Ich halte es für äußerst sinnvoll, in der Vorlesung anwesend zu sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
184	In der Vorlesung kann ich mich über einen hohen Zeitraum konzentrieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
185	In der Vorlesung hat man genügend Zeit zum Mitdenken.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
186	In der Vorlesung habe ich keine Kontrolle meines erworbenen Verständnisses.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
187	Erst bei der Übung zeigen sich Verständnisprobleme.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
188	Frontalunterricht halte ich für ungünstig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
189	Das allgemeine Arbeitsverhalten ist durch Passivität charakterisiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
190	Eine produktive „Arbeitsatmosphäre“ kommt in der Vorlesung nicht auf.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

		sehr hohe Zustimmung				sehr geringe Zustimmung
		5	4	3	2	1
191	Ich bin zum Nicht-Mitdenken verleitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
192	In einer Vorlesung werde ich nicht gefordert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
193	Es werden viele Fragen gestellt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
194	Ich habe Hemmungen, Fragen zu stellen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
195	Begründung (für ja oder nein):					
196	In der Vorlesung ist keine Interaktion möglich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
197	Ich habe keinen Einfluss auf das Tempo der Vorlesung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
198	In der Vorlesung habe ich keine Wiederholungsmöglichkeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
199	Ich habe keine Beschwerden mit dem Stoff	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
200	Das Arbeitsverhalten ist von Scheinrelevanz geprägt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
201	Das Lernen schiebe ich bis zur Prüfung vor mir her.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
202	Unbeseitigte Verständnislücken nehmen im Laufe des Semesters zu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
203	Ich nehme es in Kauf, dass ich zum Semesterende hin für die Prüfung enorm viel lernen muss, da ich nicht regelmäßig nachgearbeitet habe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
204	Die Atmosphäre zwischen den Studierenden ist äußerst kollegial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
205	In einer Vorlesung ist zwischen den Studenten keine produktive Zusammenarbeit möglich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
206	Ich habe das Gefühl, man verschwindet in der Masse.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
207	Oft werde ich von den Mitstudierenden von der Vorlesung abgelenkt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
208	Es herrscht eine familiäre Atmosphäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
209	Der Dozent ist sehr engagiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
210	Kommunikation zwischen Dozent und Studierenden in der Vorlesung halte ich für äußerst erforderlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
211	Es gibt keine Interaktion mit dem Dozenten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
212	Die Erklärungsniveaus zwischen Dozent und Studierenden klaffen sehr auseinander.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Studienrichtung: _____
 Geschlecht: _____ Semesteranzahl: _____
 Geburtsdatum (Tag, Monat, Jahr): _____

Evaluation der Physik der Materie

Bitte nehmen Sie sich einige Minuten Zeit, um Ihrem subjektiven Erleben der angegebenen Lehrveranstaltung in Form dieses Fragebogens Ausdruck zu verleihen. Bitte beachten Sie beim Ausfüllen folgende Antwortskalierung:

5 sehr hohe , 4 hohe, 3 mittlere, 2 geringe, 1 sehr geringe Zustimmung

Welche „Physik-der-Materie“-Veranstaltungen haben Sie besucht?

- Frühere: _____
- SS 03 (Materie 1: Quantenphysik, Kernphysik)
- WS 03/04 (Materie 2: Teilchenphysik, Festkörperphysik)
- SS 04 (Materie 1: Quantenphysik, Teilchenphysik)
- WS 04/05 (Materie 2: Kernphysik, Festkörperphysik)
- SS 05 (Materie 1: Teilchenphysik, Quantenphysik)
- WS 05/06 (Materie 2: Kernphysik, Festkörperphysik)

		sehr hohe Zustimmung					sehr geringe Zustimmung				
		5	4	3	2	1					
213	Die Texte bewerte ich als positiv.	<input type="radio"/>									
214	Die Texte sollten bereits früher ausgeteilt werden, damit man sie vor der eigentlichen Veranstaltung bereits gelesen hat.	<input type="radio"/>									
215	Den Tafelinsatz bewerte ich als sehr wichtig für gemeinsame Phasen.	<input type="radio"/>									
216	Das Tafelbild habe ich ergänzend übertragen beschrieben.	<input type="radio"/>									
217	Zur Präsentation der Schwerpunkte des Kapitels ist der Tafelinsatz wichtig.	<input type="radio"/>									
218	Selbstkontrollen bewirken einen großen Lernerfolg.	<input type="radio"/>									
219	Ohne die Selbstkontrolle würde ich den Text weniger intensiv lesen.	<input type="radio"/>									
220	Die Selbstkontrolle betont das Wichtigste.	<input type="radio"/>									
221	Die Selbstkontrolle steigert enorm das aktive Auseinandersetzen mit dem Inhalt.	<input type="radio"/>									
222	Ich versuche zunächst, die Selbstkontrolle zu lösen, ohne den Text zu durchsuchen.	<input type="radio"/>									
223	Die Selbstkontrolle sehe ich als unangenehme Testsituation.	<input type="radio"/>									
224	Das Besprechen der Selbstkontrolle ist nicht notwendig.	<input type="radio"/>									
225	Die Selbstkontrollen-Lösungen sollten schriftlich ausgegeben werden.	<input type="radio"/>									
226	Die Selbstkontrolle dient als hervorragender Leitfaden durch den Stoff.	<input type="radio"/>									
227	Die Selbstkontrollen sind ein hervorragendes Werkzeug zum späteren Lernen.	<input type="radio"/>									
228	Die Selbstkontrolle dient als Motivation durch das Erleben des eigenen Kompetenzzuwachses.	<input type="radio"/>									
230	Der Schwierigkeitsgrad der Übungen ist angemessen.	<input type="radio"/>									
231	Die Lösungen habe ich mir nicht alle angesehen.	<input type="radio"/>									
232	Übungen sind im Hinblick für Klausuren und Prüfungen unverzichtbar.	<input type="radio"/>									
233	Es sollte noch mehr Zeit für die Übung verwendet werden.	<input type="radio"/>									
234	Die Übungsaufgaben würde ich lieber zu Hause bearbeiten.	<input type="radio"/>									
235	Die Präsenzübung halte ich für sehr wichtig, da ich direkte Rückmeldungen erhalte.	<input type="radio"/>									

		sehr hohe Zustimmung				sehr geringe Zustimmung
		5	4	3	2	1
236	Den Einsatz von Multimedia-Experimenten in der Veranstaltung bewerte ich als positiv.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
237	An Multimedia-Experimenten schätze ich besonders, dass in Realexperimenten Unsichtbares sichtbar wird.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
238	An Multimedia-Experimenten schätze ich das Ausprobieren, ohne dass ich etwas beschädigen kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
239	An Multimedia-Experimenten schätze ich die ständige Verfügbarkeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
240	Der Web-Kurs war für mich eine gelungene Abwechslung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
241	Auf den Web-Kurs habe ich auch von zu Hause aus zugegriffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
242	Mein Vorstellungsvermögen von physikalischen Vorgängen hat sich durch Multimedia-Versuche verbessert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
243	Der Lernerfolg hat sich durch meine eigene Aktivität bei den Multimedia-Experimenten gesteigert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
244	Der Umgang mit dem Web-Kurs hat ein besseres Lernklima geschaffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
245	Zum Lernen ziehe ich ein gedrucktes Skript dem ausschließlichen Arbeiten am Bildschirm vor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
246	Die zusammenfassenden Darstellungen der Web-Seiten halte ich für eine Nacharbeit außerhalb der Veranstaltungszeit sehr sinnvoll.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
247	Den Text der Web-Seiten halte ich für überflüssig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
248	Der Text der Web-Seiten ist als Wiederholung des vorher gelesenen Skripts sinnvoll.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
249	Der Text der Web-Seiten sollte mehr weiterführende Denkanstöße enthalten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
250	Die Texte der Web-Seiten prägen sich mir beim Lesen am PC nicht ein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
252	Ich wünsche mir gemeinsame Multimedia-Phasen (z. B. mit Beamer) bei der Erarbeitung des Web-Kurses	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
253	Ich wünsche mir gemeinsame Multimedia-Phasen (z. B. mit Beamer) bei der Zusammenfassung der Inhalte des Web-Kurses	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
254	Die technischen Schwierigkeiten wirken sich sehr negativ auf meine Einstellung der Arbeit mit dem Web-Kurs gegenüber aus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
255	Der Dozent sollte als Ansprechpartner bei den Multimedia-Übungen immer greifbar sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
256	Ich kann am PC sehr schlecht lernen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
329	Ich habe eine Abneigung gegen die Veranstaltungsabschnitte mit Computer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ich habe einen sehr hohen Lernerfolg in der Veranstaltung:					
258	- durch eine lernförderliche Atmosphäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
259	- durch die inhaltliche Qualität.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
260	- durch die ständige Ansprechbarkeit des Dozenten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
261	- durch die Möglichkeit der Wiederholung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
262	- durch die Selbstbestimmung des Tempos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
263	- durch die eigene Aktivität.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
264	- durch das ausführliche Skript.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
265	- durch das sinnentnehmende aktive Lesen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
266	- durch den Austausch mit den Nachbarn.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
267	- durch die gute inhaltliche Vermittlung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
268	- durch die bildlichen Darstellungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
269	- durch die eigene Kontrolle des Lernerfolgs.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
270	Durch den selbst wahrgenommenen Lernerfolg fühle ich mich motiviert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

271	Das Erklärungsniveau des Dozenten ist studentenangemessen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> sehr hohe Zustimmung sehr geringe Zustimmung </div>				
		5	4	3	2	1
272	Ich sehe in der individuellen Betreuung durch den Dozenten einen Vorteil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
273	Eine Nachbearbeitungszeit außerhalb der Veranstaltung war nicht notwendig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
274	Durch das effektive Lernen in der Veranstaltung verkürzt sich die notwendige Nachbearbeitungszeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
275	Das Tempo in der Veranstaltung war angemessen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
276	Ich schätze meine eigene Arbeitsgeschwindigkeit als hoch ein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<p>Was haben Sie gemacht, wenn Sie mit dem Durcharbeiten früher fertig waren?</p> <input type="radio"/> Mich über Unphysikalisches unterhalten. <input type="radio"/> Mit meinem Nachbarn über den Stoff diskutiert. <input type="radio"/> Den Text noch einmal genauer durchgearbeitet. <input type="radio"/> Pause gemacht. <input type="radio"/> Sonstiges:					
277	Wie sollte der Dozent mit den unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten umgehen?					

278	Ich lerne oft in der Gruppe.	<input type="radio"/>				
279	Ich lerne gerne in der Gruppe.	<input type="radio"/>				
280	Ich lerne oft allein.	<input type="radio"/>				
281	Ich lerne gerne allein.	<input type="radio"/>				
	Partner-/Gruppenarbeit war lernförderlich:					
282	- aufgrund der eigenen Aktivität	<input type="radio"/>				
283	- dadurch, dass ich selbst erklärt habe.	<input type="radio"/>				
284	- da wir durch die Diskussion auf neue Gedanken kamen.	<input type="radio"/>				
285	- da ich durch die Diskussion tieferes Verständnis erlangte.	<input type="radio"/>				
286	Partner-/Gruppenarbeit hat meine Motivation positiv beeinflusst.	<input type="radio"/>				
287	Partner-/Gruppenarbeit hat mich zum Arbeiten angeleitet.	<input type="radio"/>				
288	Partner-/Gruppenarbeit hat den Ehrgeiz der Beteiligten gesteigert.	<input type="radio"/>				
289	Zunächst war Partner/Gruppenarbeit in der Veranstaltung für mich ungewohnt.	<input type="radio"/>				
290	Ich stelle manche Fragen lieber dem Kommilitonen als dem Dozenten.	<input type="radio"/>				
291	Wir haben uns eher zu zweit ausgetauscht als in einer größeren Gruppe.	<input type="radio"/>				
292	Die Partner/Gruppenarbeit macht mir mehr Spaß als den Stoff allein durcharbeiten.	<input type="radio"/>				
293	Die Partner/Gruppenarbeit beschleunigt Lernprozesse.	<input type="radio"/>				
294	In der Partner/Gruppenarbeit besteht die Gefahr, dass nicht jedes Mitglied die wichtigen Denkschritte nachvollzieht.	<input type="radio"/>				
295	Bei den Einheiten am PC arbeite ich lieber alleine.	<input type="radio"/>				
296	Durch die Atmosphäre im Computerraum fällt es mir leichter, mit dem Nachbarn über die Lerninhalte zu kommunizieren.	<input type="radio"/>				
297	Bei Partner/Gruppenarbeit werde ich von meinen eigenen Denkprozessen abgelenkt.	<input type="radio"/>				
298	Ich halte Partner/Gruppenarbeit nur für sinnvoll, wenn die Mitglieder auf gleichem Niveau sind.	<input type="radio"/>				
299	Partner/Gruppenarbeit bedeutet gegenseitiges Unterstützen in	<input type="radio"/>				

	Lernprozessen.					
300	Durch Partner/Gruppenarbeit lerne ich besser, da auf meinem aktuellen Niveau diskutiert wird.	<input type="radio"/>				

		sehr hohe Zustimmung				sehr geringe Zustimmung
		5	4	3	2	1
301	Die Präsenz in der Veranstaltung ist wichtig, da ein Aufschieben des Durcharbeitens nicht möglich ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
302	Durch einen festen Termin wird man zu Regelmäßigkeit gezwungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
303	Durch meine persönliche Präsenz in der Veranstaltung lerne ich den Stoff effektiver.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
304	Ohne Austausch mit dem Dozenten ist das Lernen wesentlich ineffektiver.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
305	Ohne Austausch mit den Kommilitonen ist das Lernen wesentlich ineffektiver.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
306	Mit den Unterlagen ist ein Nachlernen (z. B bei Krankheit) sehr leicht möglich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
307	Die Unterlagen reichen völlig aus, um den Stoff zu lernen, auch ohne Präsenz in der Veranstaltung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
308	Für eine Prüfung muss der gesamte Inhalt noch einmal von Grund auf neu durchgearbeitet werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
309	Da ich die Unterlagen bereits einmal gründlich durchgearbeitet habe, genügt ein Auffrischen für die Prüfung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
310	Der Stoff lässt sich für eine Prüfung leichter wiederholen als wenn er in herkömmlichem Vorlesungsstil vermittelt worden wäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
311	Die Texte eignen sich hervorragend zum späteren Nachschlagen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

312	Die Atmosphäre in der Veranstaltung ist von Zwischenmenschlichkeit geprägt.	<input type="radio"/>				
313	Die Studierenden gehen sehr kollegial miteinander um.	<input type="radio"/>				
314	Die Atmosphäre sehe ich als sehr locker an.	<input type="radio"/>				
315	Die Atmosphäre ist geprägt von dem gegenseitigen Austausch.	<input type="radio"/>				
316	Die Veranstaltung macht mir großen Spaß.	<input type="radio"/>				
317	Eine Eingewöhnungszeit in die Arbeitsformen in der Veranstaltung war notwendig.	<input type="radio"/>				
318	Eine Eingewöhnungszeit in die Arbeitsformen in der Veranstaltung war schwierig.	<input type="radio"/>				

319	Ein Hauptunterschied zur üblichen Vorlesung ist für mich die individuelle Behandlung durch den Dozenten.	<input type="radio"/>				
320	Ein Hauptunterschied zur üblichen Vorlesung ist für mich das aktive Lernen.	<input type="radio"/>				
321	Ein Hauptunterschied zur üblichen Vorlesung ist für mich die Selbstkontrolle der eigenen Leistung.	<input type="radio"/>				
322	Ein Hauptunterschied zur üblichen Vorlesung ist für mich die Kommunikation in der Gruppe.	<input type="radio"/>				
323	Ein Hauptunterschied zur üblichen Vorlesung ist für mich die Effektivität der Veranstaltungszeit.	<input type="radio"/>				

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Erprobung des Lehr-Lern-Systems in Würzburg

Ansprechpartner:
Prof. Dr. Ernst Kircher

Donnerstag 10.2.05 Würzburg, 9 – 11 Uhr

Um einen Einblick in die Arbeit mit dem Materie-Konzept zu erlangen, sollte mit einer Probepopulation von Studenten an der Würzburger Universität eine „Probestunde“ im Materie-Stil durchgeführt werden.

Für die teilnehmende Gruppe musste ein geeignetes Kapitel gefunden werden, für das kein Vorwissen aus der modernen Physik erforderlich war, und das in sich möglichst geschlossen war. Es bot sich Kapitel 2 der QM an, das in einen speziell für das Experiment produzierten Rahmen (Würzburgexperiment) eingebettet wurde. So war es möglich, die einzelnen Elemente abgesehen von der Übung, in diese eine Veranstaltung miteinzubeziehen: Text, Selbstkontrolle, Web-Kurs mit IBEs.

Die auserwählte Gruppe waren die Teilnehmer eines Seminars zu Methoden der Didaktik in der letzten Veranstaltung des Semesters. Da es sich nicht um eine Vorlesung, sondern ein Seminar handelte, waren die Studenten bereits gewohnt, aktiv in Partnerarbeit zu agieren. Die Eingewöhnung fiel ihnen nicht schwer. Die Zusammensetzung der einzelnen Gruppen waren: 2 Studentinnen, 3 Studentinnen, 1 Student und 1 Studentin, 2 Studenten haben jeweils alleine gearbeitet. Natürlich waren sie über die ungewöhnliche Veranstaltung informiert, jedoch hatte ich den Eindruck, dass die Neugier und das Neuartige einen nicht entscheidenden Einfluss auf das Gelingen der Veranstaltung hatten.

Im Anschluss an die Veranstaltung bekundeten die Teilnehmer ihren hohen Lernerfolg in dieser Veranstaltung. Die „Physik der Materie“ hatten bereits einige Teilnehmer besucht. Das Tempo der Vorlesung sei sehr hoch, es folge Folie auf Folie, man habe nur ein paar Sekunden pro Folie. Der Professor gehe sehr schnell vor, das Niveau sei nicht an die Hörschaft angepasst. „Vielleicht klappt das ja bei Diplomern, bei uns klappt's nicht.“ In den ersten 10 Minuten könne man sich noch konzentrieren, dann nicht mehr. Obwohl sie die Vorlesung gehört haben, haben sie nichts mitgenommen. Die Übungsaufgaben wurden nicht weiter bearbeitet, da der Schein nicht benötigt wurde. Experimente werden auf Folien gezeigt, aus einem Buch werde lieber gelernt, als die Vorlesung zu besuchen. Das Wissen für das Examen, obwohl die Vorlesung besucht worden sei, stamme nur aus Büchern.

Anfangs seien in der Vorlesung 40 Hörer anwesend gewesen, zum Schluss nur noch 5. In dieser aktiven Veranstaltung sei der Lernerfolg unverhältnismäßig größer gewesen. Die Studierenden vermittelten somit den Eindruck, dass bereits eine sehr negative Stimmung bezüglich der Vorlesung „Physik der Materie“ in Würzburg herrscht. Die Studierenden forderten die Adresse an, unter der man die Materialien herunterladen kann.

Die Studierenden evaluierten die Veranstaltung mit dem Bogen „Erprobung der Physik der Materie“. Die Items sind mit jenen aus dem Bogen „Evaluierung der Physik der Materie“ identisch, die auch von einer Gruppe, die erstmals eine Materie-Veranstaltung besucht, beantwortet werden können, um ihren ersten Eindruck aufzuzeigen.

Übersicht der Inhalte und des Vorgehens der Probestunde

Quantenphysik – klassische Physik

Quantenobjekte verhalten sich nicht wie klassische Objekte

In einem klassischen Experiment kann man durch präzise Anfangsbedingungen immer denselben Ausgang herbeiführen.

Bsp.: Wurfmaschine. Identische Kugeln, selber Impuls -> selber Auftreffpunkt.

Anders in QM: Der Auftreffpunkt ist nicht vorhersagbar, nur eine Wahrscheinlichkeit.

Zur Beschreibung von Quantenobjekten findet man heraus, welche Eigenschaften diese haben.

Bsp für auch aus klassischer Physik bekannter Eigenschaft: Der Impuls.

Andere vermutete Eigenschaften (Licht): Polarisierung, Brechungswinkel, Reflexionsfähigkeit ... ?

Ob ein Q-Objekt eine Eigenschaft besitzt, findet man mit dem Verfahren heraus: Präpariere zunächst die vermutliche Eigenschaft (z.B. Polarisierung), dann teste die Eigenschaft.

Einstiegsfrage: Wie kann ich in einem klassischen Experiment erreichen, dass ich immer dasselbe Ergebnis bekomme?

(Bsp. Wurfmaschine)

Welche „Eigenschaften“ hat die Kugel?

Vorgehen:

Kapitel 2: Lesen bis einschliesslich S 34

Zusammenfassung an Tafel

Lesen bis Ende

Zusammenfassung an Tafel

Selbstkontrolle 1. Hälfte (ohne Polarisierung)

Rechnerübung zum 2. Kapitel

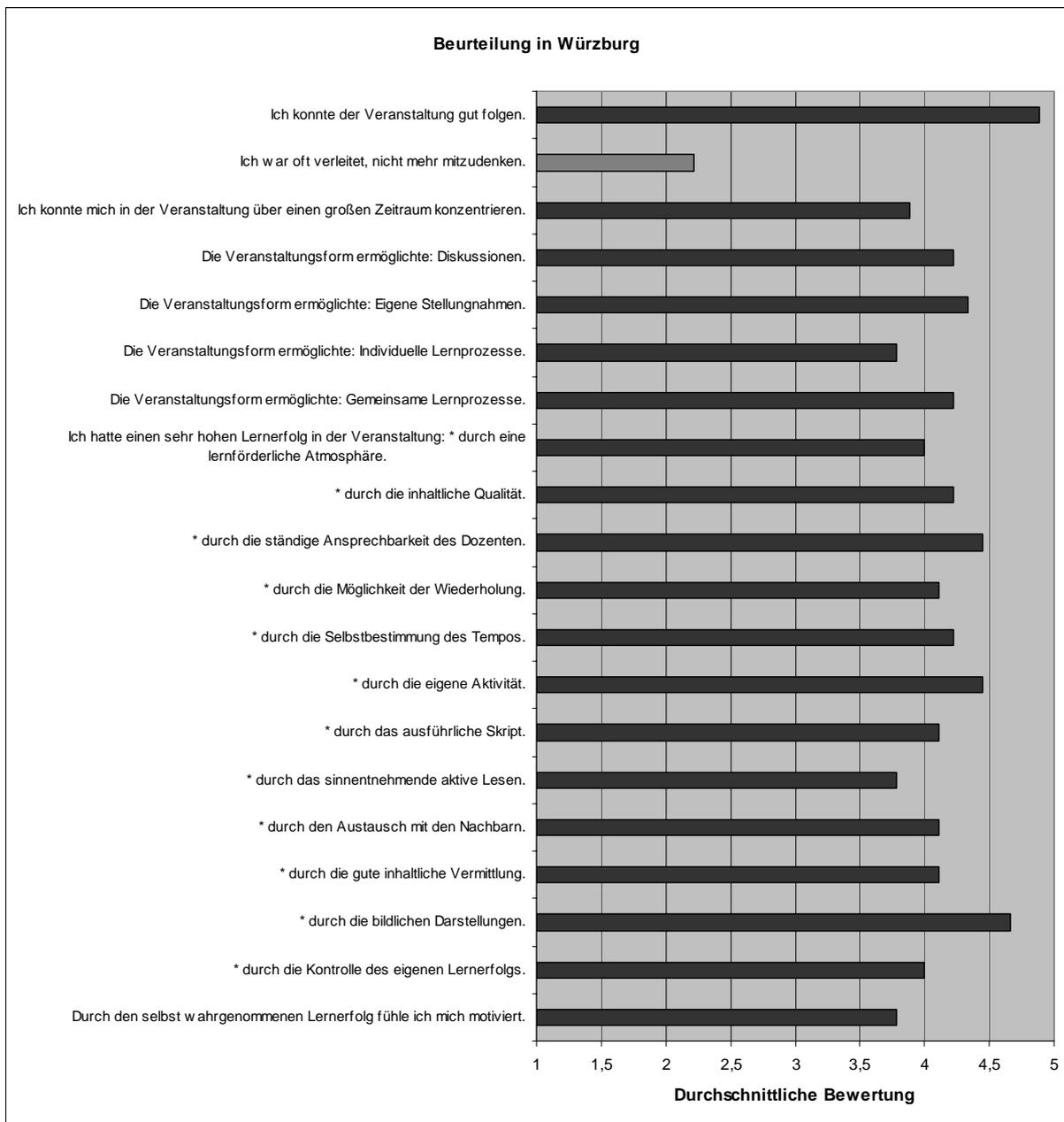
Selbstkontrolle 2. Hälfte Polarisierung

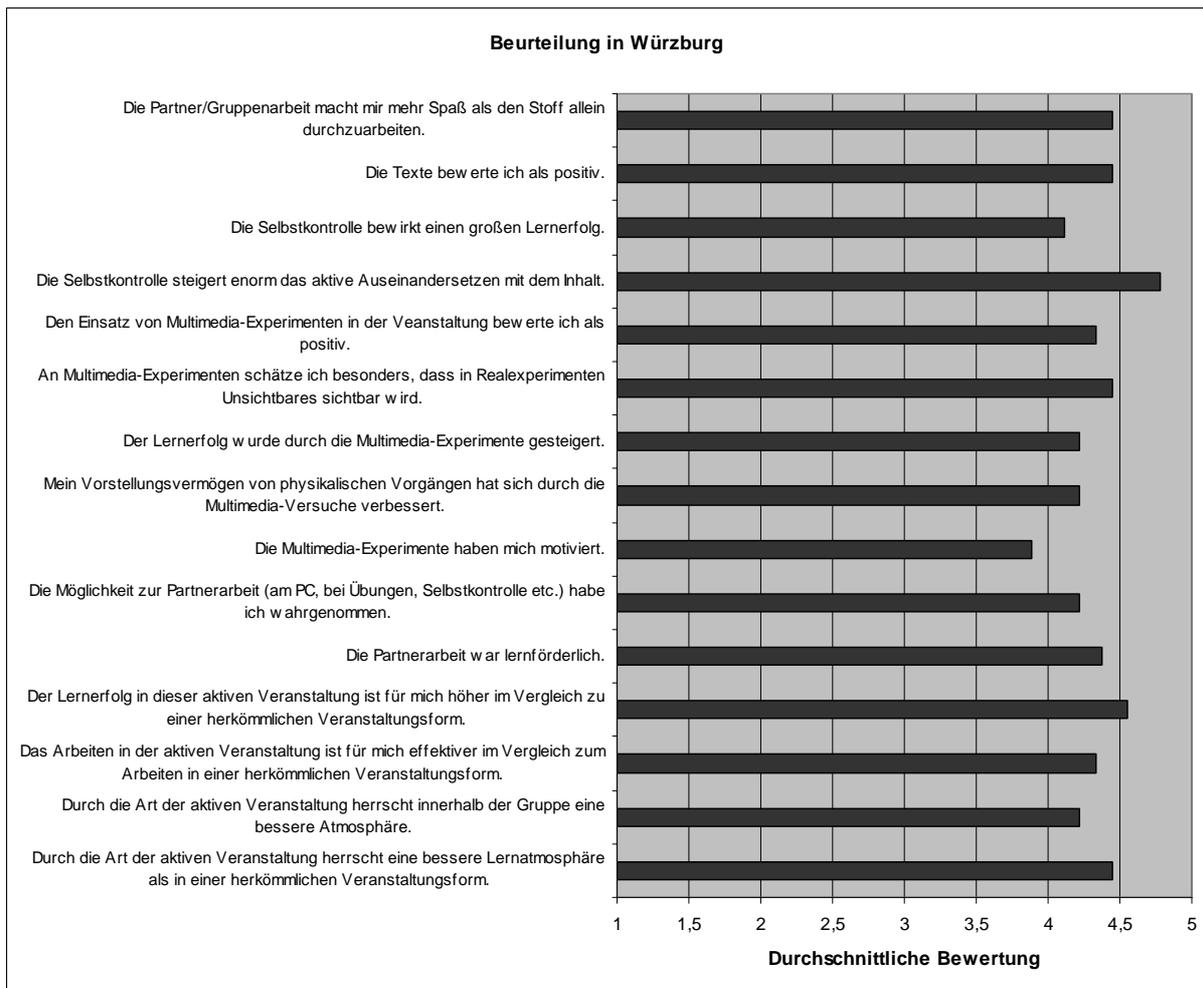
Kapitel 4: Rechnerübung (Kap 4) Das Doppelspaltexperiment

Präparation auf Impuls

- ➔ Obwohl alle Quantenobjekte identisch präpariert sind, ergibt sich nicht der identische Auftreffort auf dem Schirm. Sondern: Wahrscheinlichkeitsverteilung=Interferenzmuster.

Ergebnisse des Evaluierungsbogens





Drei typische Zitate von Seiten der Studierenden bei der Erprobung in Würzburg spiegeln auch hier die wichtigsten Unterschiede zwischen dem Lehr-Lern-System und der traditionellen Vorlesung wider:

- *„Bei der normalen Vorlesung muss man sich dem Tempo des Professors anpassen. Hier konnte man im eigenen Tempo arbeiten. An der Tafel kann immer schnell etwas zur Erklärung angeschrieben werden, was beim PC schwieriger wäre.“*
- *„Dadurch, dass man sich direkt mit dem Stoff befasst, bleibt mehr hängen. Sonst muss man zu Hause sich alles beibringen – hier werden schon viele Unklarheiten beseitigt.“*
- *„Man nimmt aktiv am Thema teil und ist nicht nur Zuhörer eines Vortrags, wobei man mit den Gedanken oft bei etwas anderem ist, was bei der aktiven Teilnahme nicht möglich ist.“*

Studienrichtung: _____
 Geschlecht: _____ Semesteranzahl: _____

Einblick in die „Physik der Materie“

Bitte nehmen Sie sich einige Minuten Zeit, um Ihrem subjektiven Erleben der angegebenen Lehrveranstaltung in Form dieses Fragebogens Ausdruck zu verleihen. Bitte beachten Sie beim Ausfüllen folgende Antwortskalierung:

5 sehr hohe , 4 hohe, 3 mittlere, 2 geringe, 1 sehr geringe Zustimmung

		sehr hohe Zustimmung				sehr geringe Zustimmung
		5	4	3	2	1
100	Ich konnte der Veranstaltung gut folgen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
101	Ich war oft verleitet, nicht mehr mitzudenken.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
33	Ich konnte mich in der Veranstaltung über einen großen Zeitraum konzentrieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
129	Die Veranstaltungsform ermöglichte:					
	Diskussionen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Eigene Stellungnahmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Individuelle Lernprozesse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Gemeinsame Lernprozesse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ich hatte einen sehr hohen Lernerfolg in der Veranstaltung:					
258	- durch eine lernförderliche Atmosphäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
259	- durch die inhaltliche Qualität.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
260	- durch die ständige Ansprechbarkeit des Dozenten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
261	- durch die Möglichkeit der Wiederholung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
262	- durch die Selbstbestimmung des Tempos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
263	- durch die eigene Aktivität.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
264	- durch das ausführliche Skript.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
265	- durch das sinnentnehmende aktive Lesen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
266	- durch den Austausch mit den Nachbarn.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
267	- durch die gute inhaltliche Vermittlung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
268	- durch die bildlichen Darstellungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
269	- durch die eigene Kontrolle des Lernerfolgs.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
270	Durch den selbst wahrgenommenen Lernerfolg fühle ich mich motiviert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
292	Die Partner/Gruppenarbeit macht mir mehr Spaß als den Stoff allein durchzuarbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
213	Die Texte bewerte ich als positiv.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
215	Den Tafelinsatz bewerte ich als sehr wichtig für gemeinsame Phasen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
218	Die Selbstkontrolle bewirkt einen großen Lernerfolg.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
221	Die Selbstkontrolle steigert enorm das aktive Auseinandersetzen mit dem Inhalt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
236	Den Einsatz von Multimedia-Experimenten in der Veranstaltung bewerte ich als positiv.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
237	An Multimedia-Experimenten schätze ich besonders, dass in	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Realexperimenten Unsichtbares sichtbar wird.	
107	Der Lernerfolg wurde durch die Multimedia-Experimente gesteigert.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
242	Mein Vorstellungsvermögen von physikalischen Vorgängen hat sich durch die Multimedia-Versuche verbessert.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
109	Die Multimedia-Experimente haben mich motiviert.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
151	Die Möglichkeit zur Partnerarbeit (am PC, bei Übungen, Selbstkontrolle etc.) habe ich wahrgenommen.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
152	Die Partnerarbeit war lernförderlich.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
53.	Was hat Ihnen bei dieser Veranstaltung gefehlt?	
54.	Was hat Ihnen an der Veranstaltung gefallen?	
325	Ich kann mir sehr gut vorstellen, wieder eine Veranstaltung in dieser Form zu besuchen, weil ...	
326	Ich würde eine Veranstaltung in dieser Form nicht besuchen, weil ...	
	Vergleichen Sie bitte diese Veranstaltung mit einer herkömmlichen Vorlesungsform, bei der der Professor an der Tafel oder am Projektor doziert:	
159	Der Lernerfolg in dieser aktiven Veranstaltung ist für mich höher im Vergleich zu einer herkömmlichen Veranstaltungsform.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
160	Das Arbeiten in der aktiven Veranstaltung ist für mich effektiver im Vergleich zum Arbeiten in einer herkömmlichen Veranstaltungsform.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
161	Durch die Art der aktiven Veranstaltung herrscht innerhalb der Gruppe eine bessere Atmosphäre.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
162	Durch die Art der aktiven Veranstaltung herrscht eine bessere Lernatmosphäre als in einer herkömmlichen Veranstaltungsform.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

324	Formulieren Sie bitte die für Sie wichtigsten Unterschiede zwischen dieser Veranstaltungsform und einer herkömmlichen Vorlesungsform, bei der der Professor an der Tafel oder am Projektor doziert – mit sowohl positiven als auch negativen Aspekten:
-----	--

Vielen Dank für Ihre Rückmeldung!

Die Materialien des Lehr-Lern-Systems

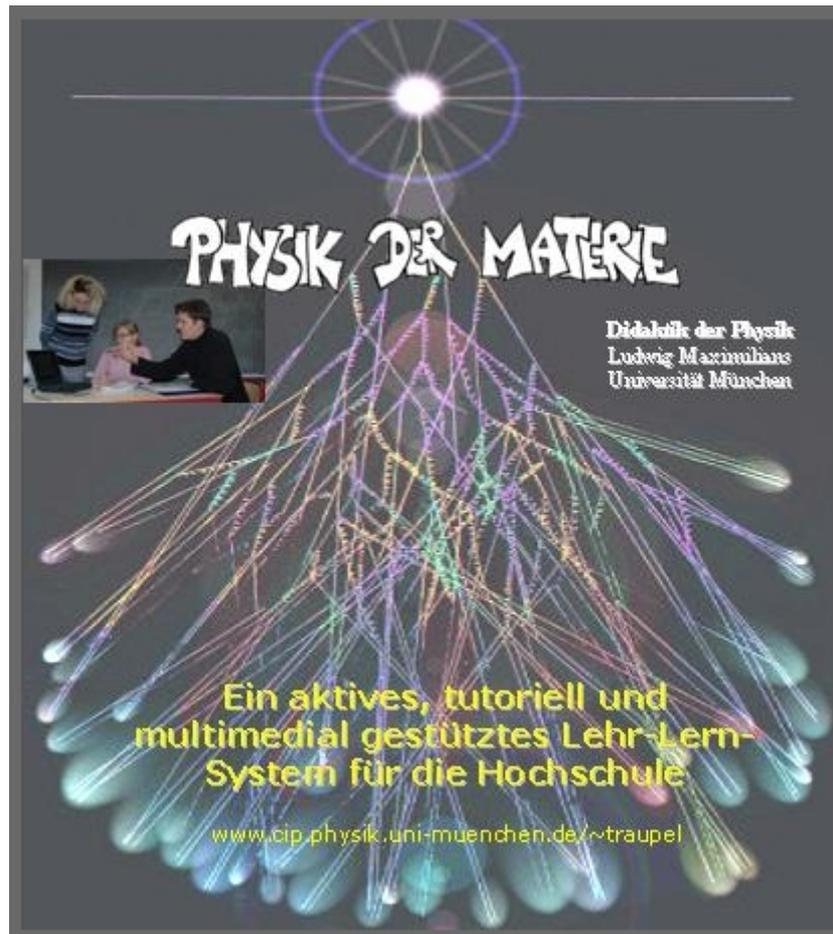
Der Webkurs ist unter folgenden Internet-Adressen zu finden:

www.cip.physik.uni-muenchen.de/~traupel

www.cip.physik.uni-muenchen.de/~jana.traupel

oder über die Homepage der Didaktik der Physik:

www.physik.uni-muenchen.de/didaktik



Der Kurs soll veröffentlicht werden unter:

Traupel J., Wiesner H. (2007): Selbstgesteuertes Lernen an der Hochschule – Materialien des Lehr-Lern-Systems für Moderne Physik an der Universität München. In: Nordmeier, V. (Redaktion): Didaktik der Physik. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG – Regensburg 2007.

(Stand: 7.7.2006)

Danksagung

Mein herzlicher Dank geht an...

den Lehrstuhl für Didaktik der Physik

Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner

Christine Waltner

Bernadette Schorn

Martin Hopf

Dr. Eva Heran-Dörr

Dr. Pino Colliccia

sowie Dr. Ilhan Sen, Dr. Susanne Metzger und Cordula Mauch

und

Prof. Dr. Martin Faessler

für die Unterstützung bei der „Physik der Materie“

Prof. Dr. Otmar Biebel

Prof. Dr. Christian Kiesling

Prof. Dr. Jürgen Teichmann

Dr. Sigmund Stintzing

Diese Arbeit wurde durch das Bayerische Promotionsstipendium gefördert.

Vielen Dank auch (unbekannterweise) an die Befürworter

für die Ermöglichung meines Promotionsvorhabens

Prof. Dr. Ernst Kircher *in Würzburg*

Prof. Dr. Rainer Müller *in Braunschweig*

für die Erprobung und Möglichkeit der Evaluation

die Studierenden der „Physik der Materie“ vom SS03 bis SS06

für die Teilnahme an diesem Forschungsprojekt

Constanze Sobotta, Bernhard Emmer, Marc Mährländer, Dr. Thomas Rotter,

Thomas Stankiewicz

und meine Eltern.