

MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Messung der Wirksamkeit
interaktiver Lehrmethoden –
Eine Evaluationsstudie

Dissertation

zur Erlangung des
Doktorgrades der Philosophie (Dr. phil.)

vorgelegt von Thomas Köhler,
geb. am 01. Mai 1982 in Hoyerswerda

Philosophische Fakultät I
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Soziologie

Halle, den 01. Dezember 2022

Erstgutachter: Prof. Dr. Oliver Arránz Becker

Zweitgutachter: Prof. Dr. Yvette Hofmann

Drittgutachter: Prof. Dr. Bernd Süßmuth

| | |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis | |
| Vorbemerkungen | 7 |
| 1 Kapitel I: Theoretischer Hintergrund und Systematisierung des Gegenstandsfelds | 8 |
| 1.1 Projektaufbau | 9 |
| 1.2 Zielsetzung der Dissertation in Abgrenzung zum Projekt – Methodische Überarbeitung der Zielgröße | 9 |
| 1.3 Lehrmethoden im Überblick | 11 |
| 1.3.1 Peer Instruction | 11 |
| 1.3.2 Just in Time Teaching | 12 |
| 1.3.3 Problemorientiertes Lernen | 13 |
| 1.3.4 Mischformen und weitere Lehrmethoden | 14 |
| 1.3.5 Umsetzung der Lehrmethoden durch die Dozierenden | 15 |
| 1.4 Theoretische Einordnung der Zielgrößen in die Wirkungszusammenhänge des Lehrmethodeinsatzes | 16 |
| 2 Kapitel II: Reflexion des methodischen Vorgehens - Messung der Wirkung interaktiver Lehrmethoden | 20 |
| 2.1 Überführung der theoretischen Modelle in ein Messmodell | 20 |
| 2.2 Einsatzbedingungen | 22 |
| 3 Kapiteleinordnung | 23 |
| 3.1 Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT-Fächern | 25 |
| 3.1.1 Professionalisierung der Lehre in den MINT-Fächern am Beispiel des Projekts HD-MINT | 25 |
| 3.1.2 Auswirkungen einer Professionalisierung der Lehre auf die Studierenden von MINT-Fächern | 27 |
| 3.1.3 Fazit | 29 |
| 3.2 Aktivierende Lehrmethoden in MINT-Fächern: Einsatzvariationen und Wirkungen aus Sicht der Studierenden | 31 |
| 3.2.1 Aufbau und Zielsetzung der wissenschaftlichen Begleituntersuchung | 31 |
| 3.2.2 Forschungsfragen zur Wirksamkeit aktivierender Lehrmethoden | 33 |
| 3.2.3 Besonderheiten des empirischen Feldes und sich daraus ergebende Limitationen | 35 |
| 3.2.4 Empirische Analyse der Auswirkungen aktivierender Lehrmethoden auf Studierende | 36 |
| 3.2.5 Fazit | 44 |
| 3.2.6 Interpretationsgüte der Ergebnisse und Limitationen | 46 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.3 | Implementation and Evaluation of Teaching Strategies based on Learning Research in an Introductory Computer Science Course | 48 |
| 3.3.1 | Introduction | 48 |
| 3.3.2 | State of the Art | 49 |
| 3.3.3 | Motivation and Goals | 51 |
| 3.3.4 | Methodology..... | 52 |
| 3.3.5 | Results and Discussion | 55 |
| 3.3.6 | Summary and Conclusion | 60 |
| 3.4 | Vergleich der Anwendbarkeit von PBL in MINT-Fächern..... | 62 |
| 3.4.1 | Stand der Forschung | 62 |
| 3.4.2 | Beschreibung des Forschungsdesigns | 64 |
| 3.4.3 | Ergebnisse | 67 |
| 3.4.4 | Diskussion | 70 |
| 3.5 | Aktivierende Lehrmethoden in den MINT-Fächern aus der Genderperspektive..... | 73 |
| 3.6 | First Results of a new digitalized concept for teaching control theory as minor subject at a university of applied science..... | 81 |
| 3.6.1 | INTRODUCTION..... | 81 |
| 3.6.2 | DEVELOPMENT OF THE NEW CONCEPT | 82 |
| 3.6.3 | REALIZATION | 85 |
| 3.6.4 | REACTIONS AND FEEDBACK OF THE STUDENTS | 89 |
| 3.6.5 | RESULTS OF THE ACCOMPANYING SCIENTIFIC RESEARCH..... | 89 |
| 3.6.6 | CONCLUSION..... | 94 |
| 3.7 | Experiences with a new digitalized concept for teaching control theory as minor subject at a university of applied science..... | 95 |
| 3.7.1 | Introduction | 95 |
| 3.7.2 | Idea of the new Concept..... | 96 |
| 3.7.3 | Realization..... | 98 |
| 3.7.4 | Reactions and Feedback of the Students | 100 |
| 3.7.5 | Long term results regarding Competency and Satisfaction | 101 |
| 3.7.6 | Conclusion..... | 108 |
| 4 | Diskussion | 110 |
| 4.1 | Revision der Modellspezifikation aufgrund der empirischen Befunde | 110 |
| 4.2 | Limitationen | 111 |
| 4.3 | Implikation und Empfehlungen für weitere Studien | 112 |
| 4.4 | Abschließende Bemerkungen hinsichtlich der Eignung der Studie | 113 |
| 5 | Literaturverzeichnis | 115 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Projektstruktur | 9 |
| Abbildung 2: Peer Instruction | 12 |
| Abbildung 3: Inputmodell der Lehrmethodenwirkung..... | 16 |
| Abbildung 4: Input-Outputmodell des Lehrmethodeneinsatzes..... | 17 |
| Abbildung 5: Kernmodell bzw. Outputmodell der Lehrmethoden..... | 18 |
| Abbildung 6: Wirkungsmodell | 21 |
| Abbildung 7..... | 26 |
| Abbildung 8..... | 27 |
| Abbildung 9..... | 28 |
| Abbildung 10..... | 28 |
| Abbildung 11: Skizzierung des Erklärungsmodells der Wirkungsweise aktivierender Lehrmethoden | 34 |
| Abbildung 12: Wirkungen des Lehrmethodeneinsatzes..... | 39 |
| Abbildung 13: Studiumscommitment in Abhängigkeit von der Lehrmethode | 41 |
| Abbildung 14: Geschlechterspezifische Unterschiede | 43 |
| Abbildung 15: Constructive Alignment..... | 49 |
| Abbildung 16: Model in accordance with Hofmann and Köhler | 55 |
| Abbildung 17: Comparison of the traditional course with the course employing the revised teaching methodology in winter term 2015/16. | 58 |
| Abbildung 18: Comparision of the revised course (all study groups combined) with results from the project "HD MINT" | 59 |
| Abbildung 19: Konstrukte zum Kompetenzerleben und zur allgemeinen Studierzufriedenheit bei Lehrveranstaltungen, mit aktivierenden Methoden vs. Lehrveranstaltungen mit traditionellen Methoden. | 67 |
| Abbildung 20: Wahrnehmung von PBL-Umsetzungen durch Studierende | 68 |
| Abbildung 21: Konstrukte zum Kompetenzerleben und zur allgemeinen Studierzufriedenheit bei Lehrveranstaltungen, mit aktivierenden Methoden vs. Lehrveranstaltungen mit traditionellen Methoden. | 77 |
| Abbildung 22: Unterschiede der Konstrukte Kompetenzerleben, Kommunikationskompetenz und Zufriedenheit mit der Lehrveranstaltung nach Geschlechtern getrennt..... | 78 |
| Abbildung 23: Gegenüberstellung einer traditionellen Vorlesung (3a) und einer mit Peer Instruction umgestellten Vorlesung (3b) in den technischen Fächern | 79 |
| Abbildung 24: Structure for the whole teaching module with lessons, exercises and practical work units..... | 83 |
| Abbildung 25: Conctructive alignment according to Biggs and implementation in the concept for the teaching control theory | 84 |
| Abbildung 26: Model of the interdependency of changes through interactive teaching methods | 90 |
| Abbildung 27: Comparison of the terms showing the mean of the self-concept of students regarding their competency and satisfaction. | 91 |
| Abbildung 28: Agreement to gain competency and satisfaction. | 92 |
| Abbildung 29: Approval of the students to the statements of competency, satisfaction and commitment..... | 93 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 30: Participants of the JiTT units in percent of all students enrolled at the online platform | 100 |
| Abbildung 31: Average results at the JiTT course in percent. | 101 |
| Abbildung 32: Model of the interdependency of changes through interactive teaching methods | 103 |
| Abbildung 33: Comparison of the terms showing the mean values of the self-concept of students regarding their competency and satisfaction..... | 103 |
| Abbildung 34: Approval of the students to the statements of competency, satisfaction and commitment. | 105 |
| Abbildung 35: Approval of the students to the statements of competency at a long term trend..... | 106 |
| Abbildung 36: Approval of the students to the statements of communication competency, satisfaction and commitment. | 106 |
| Abbildung 37: Comparison of the terms showing the mean of selected items of students regarding satisfaction feedback and autonomy | 107 |
| Abbildung 38: Distribution of answers to the question how students feel about the new teaching approach in comparison to a frontal teaching approach. | 108 |
| Abbildung 39: Wirkungsmodell in neuer Spezifikation | 111 |

Vorbemerkungen

Die vorliegende Dissertation ist als Teil der Projektevaluation in einem hochschuldidaktischen Verbundprojekt HD MINT¹ entstanden. Sie soll einerseits wissenschaftlichen Standards genügen, und andererseits als Feedbackinstrument für die Projektgruppe und die involvierten Parteien (u.a. Hochschullehrende, Hochschulleitungen und -verwaltung) dienen.

Ziel dieser Synopse ist es, den Entwicklungsverlauf der einzelnen Artikel zu einem Modell zu kondensieren, welches die vermutete Wirkung des Einsatzes interaktiver Lehrmethoden auf die Zielgrößen Studierzufriedenheit und Studiumscommitment zeigt. Mithilfe dieses Modells wird die Struktur der Artikel in ein Gesamtkonzept überführt, das sich zur Evaluation von hochschuldidaktischen Forschungsprojekten eignet.

In dieser Dissertation wird eine gendergerechte Sprache verwendet. Es ist jedoch zu beachten, dass die enthaltenen Einzelartikel, die einst mit ausschließlich maskulinen Formen veröffentlicht worden sind, in ebendieser Originalform in die Gesamtarbeit einfließen.

Abweichend von den Originalartikeln wurden die Abbildungsnummerierungen innerhalb der Dissertation fortlaufend gestaltet. Auch in den englischen Artikeln wurde die Abbildungsbeschreibung auf Deutsch formatiert.

Ob bei den einzelnen Artikeln eine Erst- oder Zweitautorenschaft vorliegt, ist in den Fußnoten der jeweiligen Artikelüberschriften vermerkt.

¹ <https://www.hd-mint.de/>

1 Kapitel I: Theoretischer Hintergrund und Systematisierung des Gegenstandsfelds - Entstehung der Dissertation innerhalb des HD MINT Projekts

Alle in dieser Dissertation enthaltenen Arbeiten sind im Rahmen der Projektevaluation des Hochschuldidaktik Department für die MINT-Fächer (HD MINT Projekts) entstanden. Das Projekt wurde vom BMBF im Rahmen des Qualitätspakts Lehre zur Professionalisierung der Lehre in den MINT-Fächern gefördert². Die Artikel sind aus verschiedenen Entwicklungsstadien des Projekts erwachsen und zeigen deshalb unterschiedliche Ergebnisstände bis hin zu den Abschlussergebnissen. Dabei wechselt der Fokus immer wieder zwischen den einzelnen Teilaspekten des Projekts, wie etwa die detaillierte Betrachtung einer bestimmten Lehrmethode oder Schwierigkeiten beim Messen, bis hin zu einer globalen Übersicht der Projektergebnisse, sowie der Langzeitwirkungen der hier präsentierten Lehrmethoden. Herausforderungen bestanden insbesondere im Umgang mit der Heterogenität der Ausgangsbedingungen, sowie in der Operationalisierung der Projektziele.

Eine einführende Erklärung zum Aufbau des HD MINT Projekts soll ermöglichen, die Forschung in den Entstehungsrahmen einzubetten. Darin werden die Zielsetzung, die eingesetzten Lehrmethoden und die Einsatzbedingungen kurz erläutert, im Sinne eines zusammenfassenden Überblicks über die einzelnen Artikel. Der Projektaufbau wird lediglich knapp geschildert, sodass die später dargestellten Limitationen innerhalb des Forschungsdesigns gut nachvollzogen werden können. Es folgt eine ebenfalls kurze Darstellung der Projektziele in Abgrenzung von den Zielen der Projektevaluation und der Dissertation. Anschließend werden die verwendeten Lehrmethoden hinsichtlich ihrer möglichen Wirkungsweisen vorgestellt. Es folgt eine Übersicht des Wirkungsmodells, in dem sich die Lehrmethodenvariation vollzieht, die den theoretischen Rahmen für das Evaluationsprojekt bilden soll. Danach seien die Einsatzbedingungen möglicher Erhebungsinstrumente besprochen. Hierbei soll klar herausgestellt werden, auf welche Weise die Rahmenbedingungen des Projekts auf die Operationalisierung gewirkt haben. Dabei hat sich die konkrete Operationalisierung sowohl an den Projektzielen und den konkreten Rahmenbedingungen als auch an den Anforderungen einer empirischen Begleitforschung orientiert. Des Weiteren wird die Operationalisierung selbst thematisiert. Die empirischen Ergebnisse werden in Form der Einzelartikel wiedergegeben. Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Diskussion, welche die kritische Auseinandersetzung mit dem Modell zum Gegenstand hat. Die Limitationen des Projekts und der daraus resultierenden Ergebnisse, sowie offene Forschungsfragen weisen den Weg zu möglichen weiterführenden Arbeiten.

² Dieses Vorhaben wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PL12023B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

1.1 Projektaufbau

Am Projekt beteiligt waren ein Verbund von sechs Hochschulen und zwei Instituten, sowie ein wissenschaftlicher Beirat als Ideengeber und Berater zur Umsetzung der didaktischen Konzepte. Die Leitung des Projekts hatten die Vertretenden des Instituts DiZ (Zentrum für Hochschuldidaktik Ingolstadt) und des IHF (Bayerisches Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung) inne. Diese koordinierten die Mitarbeitenden an den sechs Fachhochschulstandorten (Rosenheim, Nürnberg, München, Weihenstephan-Triesdorf, Augsburg und Amberg). Die Mitarbeitenden waren Fachwissenschaftler*innen und Pädagog*innen, die im Team die jeweils interessierten Lehrkräfte vor Ort berieten oder bei der konkreten Umsetzung der Lehrmethode unterstützten. Dabei war die Freiwilligkeit der Lehrkräfte der wichtigste Faktor. Die Projektmitglieder hatten lediglich eine beratende Rolle. Die Entscheidung, ob eine Methode eingesetzt und wie sie konkret umgesetzt wird, lag selbstverständlich allein bei den jeweiligen Lehrkräften. Abb. 1 gibt einen Überblick über die Projektstruktur des HD MINT Projekts.

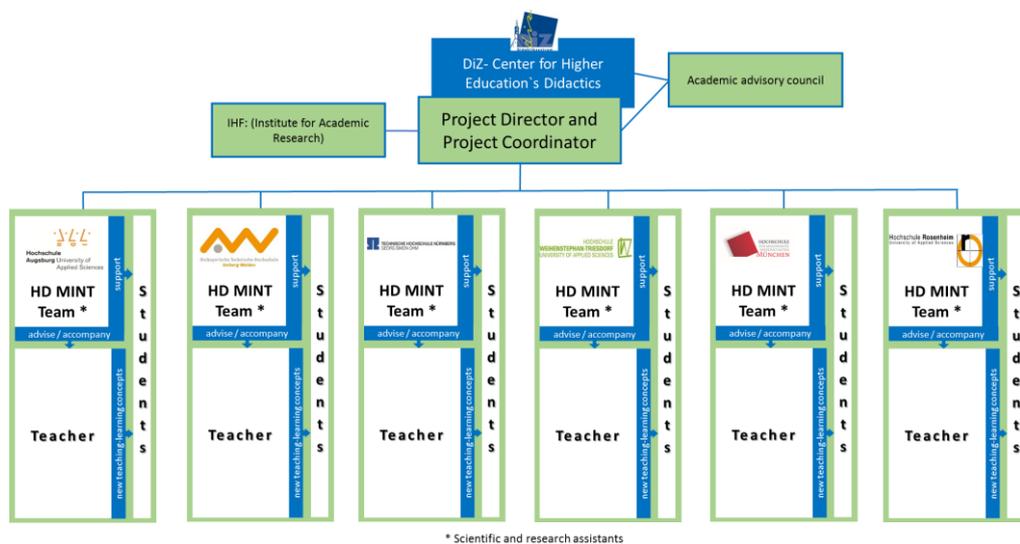


Abbildung 1: Projektstruktur Quelle: HD MINT

1.2 Zielsetzung der Dissertation in Abgrenzung zum Projekt – Methodische Überarbeitung der Zielgröße

Angeht die hohen Abbruchquoten von Studierenden der MINT Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) bestand die Zielsetzung des HD MINT Projekts³ darin, das Studium dieser Fächer attraktiver zu gestalten und die Studierbarkeit derselben zu erhöhen. Eine der Maßnahmen war die didaktische Professionalisierung der Lehre. Im Fokus stand dabei, das Lehrpersonal mit lernerzentrierten Lehrkonzepten vertraut zu machen, um

³ <https://www.hd-mint.de>

Verständnisprobleme der Studierenden zu verringern. Eine weitere Maßnahme war die Verbesserung und nachhaltige Sicherung des Lernerfolgs. Beide Maßnahmen sollten dazu beitragen, nicht nur die Studierbarkeit des Fachs und die Zufriedenheit der Studierenden zu erhöhen, sondern zudem auch das Studiumscommitment sowie die Abbruchintention zu verringern.

Die im Projektantrag formulierte Zielsetzung „Zufriedenheit“ wurde im Zuge dieser Untersuchung als Zufriedenheit mit der Lehrveranstaltung interpretiert, da nur diese mit einer Lehrveranstaltungsumstellung durch aktivierende Lehrkonzepte beeinflusst werden kann. Dabei steht vor allem die Zufriedenheit mit den Lehrinhalten und die Zufriedenheit mit der Art und Weise der Lehrveranstaltung im Fokus.

Des Weiteren wurde die Verringerung der Abbruchquote in eine individuell messbare Größe überführt, die hier als „Abbruchneigung“ bezeichnet werden soll. Die Abbruchquote als solche ist in zahlreichen Quellen als eine schwierig zu bestimmende Größe aufgeführt, siehe unter anderem im Diskussionspapier von Alexandra Uhly (2014). Die Gründe dafür liegen vor allem in der Unschärfe des Begriffs Abbrecher. Ein Studium abzubrechen ist nicht dasselbe wie ein Studium endgültig zu beenden, es lässt sich zwar theoretisch zwischen den beiden Kategorien unterscheiden, in Abbrechende und Wechselnde, aber diese lassen sich nicht ohne weiteres getrennt voneinander erfassen. Auch lassen sich die Studierenden, die ausgeschieden sind, nicht mehr verfolgen. Darüber hinaus lässt sich ein Effekt nur weniger Lehrveranstaltungsumstellungen im Gegensatz zu der Fülle von Lehrveranstaltungen, die Studierende besuchen, kaum methodisch rechtfertigen. Die Idee ist deshalb die Erfassung einer persönlichen Abbruchneigung einzelner Studierender und die Frage, inwiefern sich diese Abbruchneigung durch die Lehrveranstaltung verändert. Die Abbruchneigung lässt sich dabei in ein schon gut erforschtes Konzept überführen, das Commitment, hier definiert als inwiefern die Teilnahme an einer spezifischen Lehrveranstaltung Studierende darin bestärkt, das Studium fortzusetzen bzw. abzuschließen (Heublein, Richter, Schmelzer, & Sommer, 2014).

Ein weiteres Ziel der Begleitforschung war es, diese Zielgrößen in ihrer Wirkungsweise zu beschreiben. Inwieweit hängen sie mit gängigen Konzepten der Lehrveranstaltungsevaluation zusammen und welche Lehrmethode wirkt durch welche Konstrukte auf diese Zielgrößen ein? Betrachtet werden dabei vor allem die Konstrukte Kompetenzwahrnehmung und Kompetenzerleben.

Interessant dabei war auch, die jeweilige Wirkung in unterschiedlichen Fachgebieten zu beobachten. Zu vermuten war von Anfang an, dass verschiedene Fachgebiete mit den jeweils unterschiedlichen Fachkulturen und dem unterschiedlichen benötigten Vorwissen andere Effekte bei Einsatz der gleichen Methoden hervorrufen könnten.

Die in der Zielsetzung beschriebenen Konzepte werden im Kapitel der Theoretischen Einordnung hergeleitet und näher beschrieben. Damit deutlicher werden kann, inwiefern Lehrmethoden darauf Einfluss nehmen können, seien diese im Vorfeld der theoretischen Einordnung beschrieben.

1.3 Lehrmethoden im Überblick

Die Lehrmethoden des Projekts werden lediglich überblicksartig dargestellt, da nicht alle Methoden von allen Lehrenden ausreichend häufig und gemäß den Vorgaben angewendet wurden. Der Fokus liegt somit auf den Methoden, welche aufgrund wiederholten Einsatzes und korrekter Umsetzung in die Auswertung eingeflossen sind. Dies betrifft die Konzepte

- Peer Instruction (PI),
- Just in Time Teaching (JiTT) und
- Problem Based Learning (PBL),
- sowie Mischformen dieser Lehrmethoden.

Die Lehrmethode PI wird im Rahmen der Dissertation detailliert erläutert, da diese in den einzelnen Artikeln lediglich rudimentär beschrieben wird. Zu den anderen Methoden sind in den ausgekoppelten Einzelartikeln Details zur Anwendung, konkreten Umsetzungsmöglichkeiten und Herausforderungen beim Einsatz beschrieben.

1.3.1 Peer Instruction

Im Folgenden seien die Funktionsweise und die daraus resultierenden Implikationen für das Forschungsvorhaben beschrieben. Auf die Darstellung der Entstehungsgeschichte des Konzepts wird hier verzichtet (vgl. Mazur (1997), und Duncan & Masur (2005), für eine detailliertere Darstellung). Ein anschauliches Beispiel zur Umsetzung der Lehrmethode für ein spezifisches Themengebiet beschreibt Mazur (2006).

Die Methode Peer Instruction lässt sich generell zur Bearbeitung von Verständnisschwierigkeiten bei Studierenden einsetzen, gerade auch bei größeren Auditorien. Daher hat die Methode leichtere Anwendungsbedingungen als andere, die im Projekt eingesetzt wurden.

Die Umsetzung der Methode sei hier kurz geschildert und in Abb. 2 veranschaulicht. Start ist ein Impulsreferat mit für die Studierenden unbekanntem Stoff. Es folgt eine Multiple Choice Frage, die von den Studierenden in einem Abstimmungsverfahren beantwortet wird, etwa durch Klickersysteme. Die Abstimmungsergebnisse werden via Balkendiagramm visualisiert. Die Lehrkraft reagiert in Abhängigkeit vom Ausgang der Abstimmung. Wurde die Frage von den Studierenden überwiegend korrekt beantwortet, so kann die Lehrkraft entweder eine vertiefende Erklärung geben, oder mit einem neuen Thema fortfahren. Sind die Antworten allerdings durchmischt, sollten die Studierenden darauffolgend mit benachbarten Kommiliton*innen über die korrekte Beantwortung der Frage diskutieren, gefolgt von einer weiteren Abstimmung. Im Falle einer überwiegend falschen Beantwortung ist ein weiterer Input der Lehrkraft erforderlich.

Die korrekte Anwendung von Peer Instruction ist (natürlich) stark an die Qualität der Frage gebunden. Eine hohe Qualität zeigt sich insbesondere in der Wahl der Distraktoren: Diese sollten typische Verständnisschwierigkeiten der Studierenden wiedergeben. Peer Instruction kann als Feedbackinstrument verstanden werden. Es gibt den Studierenden eine Vorstellung, wie gut sie mit dem Stoff zurechtkommen bzw. wie ihre Kompetenzen in diesem Fach zu bewerten sind. Auch die Lehrkraft erhält ein Feedback darüber, wie gut die Studierenden den Stoff verstehen, bzw. mit dessen Vermittlung zurechtkommen. Die konkrete Umsetzung der Methode in allen Fachgebieten ist herausfordernd, gerade mit Blick auf die Kernidee des Aufdeckens von Verständnisschwierigkeiten:

- Lässt sich in jedem Fachgebiet ein fehlerhaftes Verständnis aufzeigen?
- Was muss beim Einsatz solcher Methoden beachtet werden?

Zur konkreten fachspezifischen Umsetzung sind innerhalb des HD MINT Projektes eine Reihe von Veröffentlichungen entstanden, unter anderem: Benedikt, Brunnhuber, Franzen und Herdegen (2013), Eich-Soellner, Fischer und Wolf (2014), Hoehstetter, Gubner und Nissler (2015), Riedl und Lermer (2016).

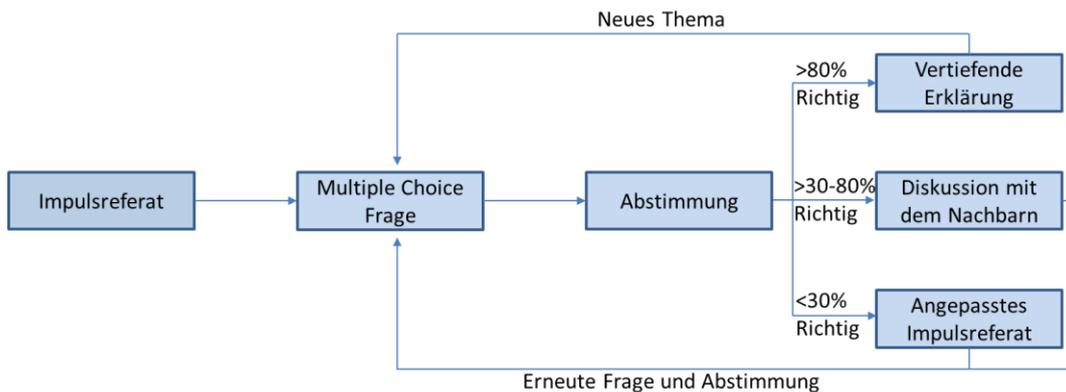


Abbildung 2: Peer Instruction, eigene Darstellung

1.3.2 Just in Time Teaching

Just in Time Teaching (JiTT) soll hier recht kurz dargestellt werden. Die Idee an sich findet sich sehr umfänglich inklusive konkreter Umsetzung in den Kapiteln 3.7 und 3.8 dieser Arbeit wieder. Die Entstehungsgeschichte und weiterführende Literatur finden sich bei Novak, Gavrin, Christian und Patterson (1999) und Marrs und Novak (2004).

JiTT ist im Wesentlichen eine Methode, um Stoff aus der Vorlesung auszulagern und die Selbstlernzeiten effektiver zu nutzen. Die Idee besteht darin, Stoffinhalte in kurze Lehrtexte zu überführen und die Studierenden zu diesen Texten Fragen auf einer Online-Lernplattform beantworten zu lassen. Die Fragen sollten dabei nach ansteigender Schwierigkeit geordnet sein. Die Auswertung nutzt die Lehrkraft, um die Vorlesung just in time anzupassen. Die eigentliche Vorlesungszeit wird dabei genutzt, um auf Lücken in der Fragenbeantwortung einzugehen oder Verständnisprobleme zu klären und diese gemeinsam zu

bearbeiten. Die Unterrichtsgestaltung bezieht sich dabei nicht mehr nur auf die reine Stoffvermittlung, sondern wird an die Bedürfnisse der Studierenden angepasst. Typisch dabei ist, dass sowohl die Studierenden als auch die Lehrkraft ein Feedback erhalten. Letztere ist im Idealfall jederzeit darüber informiert, wie der Lernstoff von den Studierenden verstanden wird und an welcher Stelle die meisten Verständnisprobleme entstehen. Die Studierenden können ihrerseits ihre fachliche Kompetenz jederzeit erproben und erhalten ein qualifiziertes Feedback zu ihrem Wissens- und Verständnisstand. Sie können sich dadurch als kompetent oder weniger kompetent erleben. Prinzipiell sollte, vermittelt durch die bessere Vorbereitung der Studierenden auf den Kurs, eine gezieltere Kommunikation mit der Lehrkraft möglich sein. Eine direkte fachliche Kommunikation zwischen den Studierenden, wie sie bei PI stattfindet, ist nicht Teil der Methode. Es ergeben sich hier dieselben Fragen wie zuvor bei der Methode PI. Lässt sich JITT in jedem Fachbereich gleichermaßen anwenden? Was sollte bei der Umsetzung beachtet werden? Kapitel 3.7 und 3.8 geben darin einen Einblick. Weiterführende Ideen zu diesem Thema finden sich u.a. bei: Hoehstetter (2013), Eich-Soellner, Fischer und Wolf (2014), Böttcher, Kämper und Thurner (2015).

1.3.3 Problemorientiertes Lernen

Auch das Problemorientierte Lernen bzw. Problem Based Learning sei hier lediglich eingeführt, da es im Kapitel 3.5 detailliert erläutert wird. Vertiefende Literatur zu den Darstellungen hier findet sich bei Weber (2007), Brezowar, Mair, Olsowski, & Zumbach (2012), Woods (1995), Brovelli & Wilhelm (2009).

Problem Based Learning (PBL) ist eine gruppenarbeitsorientierte Lehrmethode. Im Kern ist PBL ein Problemlösungsschema. Anhand von Fallskizzen werden Problemlösungsstrategien entwickelt und in Gruppen erarbeitet. Dabei wird fachorientiertes und pragmatisches Denken im Zusammenhang mit Gruppenarbeit erprobt und trainiert. Die Studierenden entwickeln unter Moderation eigene Lernziele und erarbeiten Themengebiete eigenständig. Meist bieten sich praxisrelevante Themenstellungen an. PBL folgt einem spezifischen Ablauf, den Studierende zuvor anhand eines einführenden Beispiels erklärt bekommen.

1. Schritt: Klärung grundsätzlicher Verständnisfragen in Bezug auf ein Fallbeispiel
2. Schritt: Sammlung der Problemaspekte und Definition des definierten Problems
3. Schritt: Sammlung von Hypothesen und Ideen rund um das definierte Problem
4. Schritt: Systematische Ordnung der Hypothesen und Ideen
5. Schritt: Erarbeitung der Lerninhalte einzeln oder in Gruppen

6. Schritt: Synthese und Diskussion der zusammengetragenen Lerninhalte

7. Schritt: Evaluation der Inhalte sowie des Gruppenprozesses

Je nachdem ob die einzelnen Schritte komprimiert oder stärker differenziert betrachtet werden, variiert in unterschiedlichen Literaturquellen der Ablauf. In den einzelnen Schritten findet eine Moderation des Arbeitsprozesses durch Tutoren oder die Lehrkraft statt. Durch die eigenständige Arbeit an der Problemstellung erfahren die Studierenden eine kontinuierliche Selbstwirkung und stärken vermutlich sowohl fachliche als auch kommunikative Kompetenzen, da sie im stetigen Austausch über Fachinhalte stehen. Die Bearbeitung der Problemstellung fördert darüber hinaus die Entwicklung methodischer Kompetenzen. Durch die Moderation wird darüber hinaus Feedback zu den Fortschritten ermöglicht. Die Dozierenden erfahren bspw., wann Hilfestellung gegeben werden sollte oder eine Art Impulsreferat notwendig wird. In den nachfolgenden Kapiteln wird darauf eingegangen, wie PBL implementiert werden kann, welchen Aufwand die Methode bedeutet und welche Herausforderungen die Umsetzung beinhaltet. Darüber hinaus findet sich zu diesen Aspekten unter anderem Literatur aus dem Projekt bei: Wolf, Kämper und Nissler (2013), Eich-Soeller, Fischer und Wolf (2014), Serbu, Orsic-Muthig, Dolosni, Kias und Palfreyman (2014).

1.3.4 Mischformen und weitere Lehrmethoden

Die oben beschriebenen Lehrmethoden waren die am häufigsten verwendeten, aufgrund von fachspezifischen Gegebenheiten oder einer einfacheren Implementation. In den folgenden Kapiteln tauchen einige Daten zu den selten verwendeten interaktiven Methoden auf. Da durch die Seltenheit kaum empirische Aussagen getroffen werden können, wird hier auf eine Beschreibung der Methoden verzichtet. Erwähnt werden soll hier die Lehrmethode Tutorials, eine spezielle Form des Seminars, u.a. bei Zimmermann, Wittkowski, & Keller (2017) nachzulesen und die Forschungsbasierte Lehrmethode, die u.a. bei Kämper, Böttcher, & Köhler (2016) zum Einsatz kam. Auch für einzelne Lehrveranstaltungen sind entsprechende Artikel entstanden, die dem hier dargestellten Erhebungskonzept folgen, so zum Beispiel der Einsatz von Forschungsbasierten Lehrmethoden in Computer Science, die mit dem hier dargestellten quantitativen Ansatz, aber auch mit qualitativen Befragungen evaluiert wurden (Kämper, Böttcher, & Köhler, 2016). Prinzipiell gab es zu diesen Methoden ein positives Feedback durch Studierende, allerdings basieren die Ergebnisse wie erwähnt nur auf einer einzelnen Veranstaltung. Natürlich ist auch dies keine erschöpfende Darstellung möglicher Konzepte. Es gibt neben diesen Gesamtkonzepten eine ganze Reihe anderer didaktischer Maßnahmen, jedoch wurde sich zur Kontrolle von deren Einsatz hier auf diese Auswahl beschränkt.

Die oben beschriebenen Methoden lassen sich auch zu gemischten Konzepten kombinieren. Wie eingangs beschrieben besteht das Ziel der Ausarbeitung darin,

einen Werkzeugkoffer an möglichen didaktischen Konzepten zu bieten und deren Wirkung nachvollziehen zu können. Beispielsweise lassen sich Ansätze wie JiTT und PI komplementär einsetzen: Die durch JiTT im Vorfeld der Veranstaltung stattfindende Vorbereitung ließe sich, vor allem bei gemischten Resultaten zu einigen Aufgaben, in PI-Fragen einbinden. Bei PBL ließe sich sicher bei bestimmten stofflich schwierigen Stellen, die normalerweise Verständnisprobleme bei Studierenden hervorrufen, PI einsetzen. Eine Kombination von PI und JiTT wurde beispielsweise häufig im Laufe des Projekts eingesetzt und geht hier auch in die empirische Untersuchung mit ein, um deren Wirkung im Kontrast zum singulären Einsatz einer Methode darzustellen. Beispiele zur Umsetzung solcher Kombinationen finden sich in Kapitel 3.7 und 3.8, sowie bei Hoehstetter, Gubner und Nissler (2015).

Diese Konzepte können bei all den positiven Implikationen mitunter einen erheblichen Mehraufwand sowohl für Lehrkräfte als auch für Studierende bedeuten, insbesondere JiTT oder PBL. Es ist also durchaus denkbar, dass diese Methoden einen negativen Einfluss auf die Zufriedenheit haben. Das folgende Kapitel wird diese Implikationen in einem Modell zusammenfassen.

1.3.5 Umsetzung der Lehrmethoden durch die Dozierenden

Die Arbeiten von Pundak & Herscovitz (2009) und Trigwell & Prosser (2006) unterstellen, dass die Art und Weise zu lehren stark davon abhängt, wie eine Lehrkraft zu bestimmten Konzepten eingestellt ist, bspw. zum studentischen Lernen. Ist eine Lehrkraft etwa der Meinung, dass Studierende etwas nur wissen können, wenn sie es selbst in einer Vorlesung ausgesprochen haben, werden Konzepte wie JiTT oder PBL für die Lehrkraft entweder nicht in Frage kommen oder nicht korrekt umgesetzt werden. Weiterhin erfordert eine vollumfängliche Umsetzung Zeit, wobei die Lehrkraft evtl. nur wenige Sitzungen nach der jeweiligen Methode gestalten kann. Die Überarbeitungen einer kompletten Lehrveranstaltung in nur einem Semester überschreiten zumeist die zeitlichen Kapazitäten von Dozierenden, die einerseits eine neue Methode kennenlernen müssen und sich eben auch mit dieser ausprobieren müssen. Hinreichend passendes Material zu recherchieren oder zu erstellen erfordert auch eine Zeit der Professionalisierung mit der neuen Methode. Diese Überlegungen schließen nahtlos an Turpen & Finkelstein (2009) an, der zeigt, dass interaktive Lehrmethoden sehr unterschiedlich interpretiert und genutzt werden. Die Frage lautet hier, inwiefern die Umsetzung dem ursprünglichen Gedanken der jeweiligen Methode folgt. Dabei spielen qualitative und quantitative Aspekte eine Rolle. Eine quantitative Betrachtung wäre beispielsweise die Häufigkeit des Einsatzes der Methode, die Umstellung jeder Lehrveranstaltung oder nur jede zweite Lehrveranstaltung. Für jedes Fachgebiet oder nur für ein bestimmtes. Eine qualitative Betrachtung wäre beispielsweise die Frage wie die Lehrmethode konkret verwendet wurde. Waren die Peer Instruction Fragen nur bloße Stoffwiederholung oder wurden sie im Sinne der Einführung in ein neues. Daneben wirken auch die strukturellen Rahmenbedingungen auf den Umsetzungsgrad einer

Lehrmethode. Solche Erfahrungswerte lassen sich auch in Zusammenhang zu bereits erlebten didaktischen Weiterbildungen stellen.

Eine bislang in der Theorie nur in Ansätzen beachtete Frage ist, inwieweit die eingesetzten Lehrmethoden vom Fach bzw. der Fachkultur abhängig sind, erste Überlegungen dazu finden sich bei Derboven und Winkler (2009). Sind verständnisorientierte Lehrmethoden wie PI oder auch gruppenarbeitsorientierte Methoden in allen Fachrichtungen einsetzbar oder schließen sich bestimmte Lehransätze mit bestimmten Fachinhalten aus? Das Lehrkonzept wäre dann direkt von den fachspezifischen Gegebenheiten abhängig. Natürlich spielen auch einige strukturelle Faktoren eine Rolle, die universitätsspezifisch sein können: Größe und Ausstattung der Räume, Tutorengelder usw. wären dabei denkbar. Diese Überlegungen sind in einem Inputmodell (s. Abb. 3) zusammengefasst.

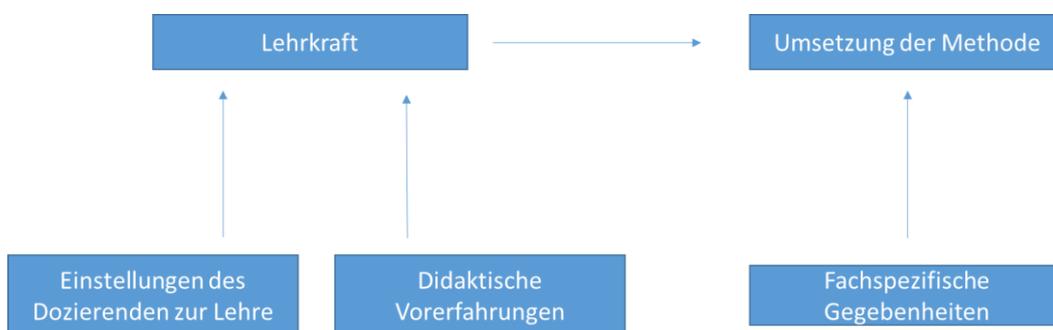


Abbildung 3: Inputmodell der Lehrmethodenwirkung, eigene Darstellung

Hierbei sind Lerneffekte über die Zeit zu erwarten und es ist anzunehmen, dass eine neue Lehrmethode zur korrekten Implementierung mehr als ein Semester Zeit benötigt. Kapitel 3.7. und 3.8 stellen eine Möglichkeit vor, wie eine Lehrmethodenumstellung vollzogen werden kann.

1.4 Theoretische Einordnung der Zielgrößen in die Wirkungszusammenhänge des Lehrmethodeneinsatzes

Ausgangsbasis der Theoretischen Betrachtung sind die Zielgrößen Studierzufriedenheit und Commitment. Beide theoretischen Konstrukte sollen durch den Einsatz des Treatments Lehrmethode beeinflusst werden. In diesem Kapitel soll geklärt werden, in welchen Modellzusammenhang sich diese Konstrukte setzen lassen.

Zunächst seien beide Zielgrößen und deren mögliche Beeinflussung durch eine Veränderung in der Art der Wissensvermittlung beschrieben. Danach sei die Wirkung der Lehrmethode als Outputmodell dargestellt und erläutert, inwieweit sich der Einsatz bestimmter Lehrmethoden einerseits direkt und andererseits indirekt auf die Zielgrößen auswirkt. Im Anschluss werden die möglichen

Variationen des Treatments in Form unterschiedlicher Umsetzungen der Lehrmethoden beschrieben.

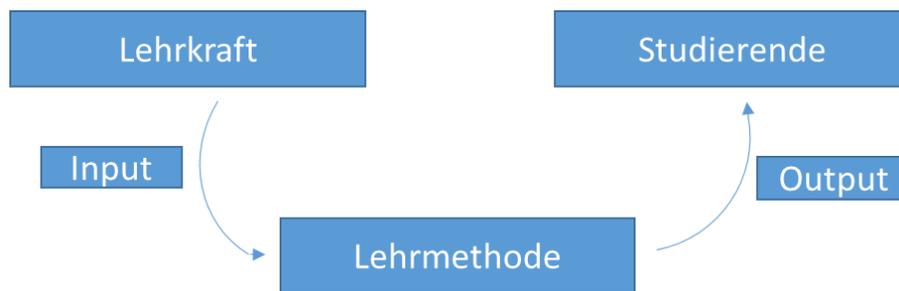


Abbildung 4: Input-Outputmodell des Lehrmethodeneinsatzes

Abb. 4 soll dabei eine erste Annäherung bieten. Sie verdeutlicht, dass der Input in erster Linie von der Lehrkraft erfolgt. Diese legt die Art der Gestaltung der Lehrveranstaltung fest. Die Lehrkraft trifft also die Wahl der jeweiligen Lehrmethode – interaktiv oder herkömmlich – sowie der konkreten Umsetzung der Lehrmethode in einem spezifischen Fach, was wiederum stark variieren kann, wie im Inputmodell in Abschnitt 1.3.5 beschrieben. Dabei entstehen bei den Studierenden vermutlich höchst variable Werte in den beiden Zielgrößen Studierzufriedenheit und Commitment. Diese werden direkt und indirekt von dem Einsatz und der Umsetzung der Lehrmethode beeinflusst, s. Abb. 4.

Die Zielgröße Studierzufriedenheit ist ein oft gemessenes und operationalisiertes Konstrukt bei Untersuchungen im Hochschulkontext. Studien zur Arbeitszufriedenheit zeigen, dass gerade der Aspekt der Partizipation und Eigenverantwortlichkeit sich positiv auf die Zufriedenheit von Schüler*innen, Studierenden und Arbeitnehmer*innen auswirkt (siehe beispielhaft für viele Nienhüser (2015), Schwab (2014), Welbers (1998)). Auch Derboven und Winkler (2009) fanden Hinweise dafür, dass für MINT-Studierende diese Aspekte eine wichtige Rolle spielen. Partizipation und Eigenverantwortlichkeit lassen sich dabei auf die wahrgenommenen und erlebten Kompetenzen der Studierenden zurückführen.

Die Wirkung der Lehrbedingungen, unter anderem der Lehrmethode auf die Zufriedenheit wurde auch in einer Arbeit von Blüthmann (2012) in einen Modellzusammenhang überführt. Die Arbeit weist darüber hinaus einen Zusammenhang der Lehrqualität, der strukturellen Rahmenbedingungen und der Motivation auf die Zufriedenheit nach, ähnlich den Arbeiten von Chang und Chang (2012), sowie Malouff et al. (2010), oder Martínez-Caro und Campuzano-Bolarín (2011). Die Studierzufriedenheit kann also als abhängig von einer Lehrmethodenvariation gesehen werden, die auf die Studierenden wirkt, und die daraus resultierende Veränderung der Motivation.

Ähnlich verhält es sich mit dem Commitment, welches in dieser Arbeit über die Abbruchneigung definiert und operationalisiert wird, wie in Abschnitt 1.2 ausgeführt. Das Commitment als eine subjektive Verpflichtung findet sich hierbei als Analogie zum Commitment für eine Arbeitsstelle beziehungsweise für ein Unternehmen wieder. Untersuchungen von beispielsweise Meyer et al, Voigt und

Jönes (2005) und Berg (2017), haben sowohl Zufriedenheit als auch Commitment in einem Erklärungsmodell eingebunden. Dabei stehen berufliche Identität, Arbeitszufriedenheit und Commitment im Zusammenhang (Berg, 2017). In Anlehnung an diese Modelle soll hier das Commitment in Abhängigkeit zu Studierzufriedenheit gesetzt werden, die Dimension der Identität sei hier vernachlässigt, da diese nicht durch die Lehrmethodenvariation beeinflusst werden kann. Weitere Studien zum Commitment als Zielgröße für Unternehmen zeigen vor allem die Folgen eines erhöhten Commitments in Form erhöhten Engagements für das Unternehmen Voigt und Jönes (2005). Überträgt man die Studie auf den studentischen Kontext, so zeigt sich, dass die Betrachtung des Commitments als Ersatz für eine ursprüngliche Zielgröße Abbruchquote eine weitere Dimension aufweist, in Form der Aussicht auf ein höheres studentisches Engagement im Rahmen universitärer Tätigkeiten. Die Modelle zeigen klar, dass beide Zielgrößen in Zusammenhang stehen und die Zufriedenheit eine zentrale Einflussgröße im Hinblick auf das Commitment darstellt. Mit steigender Zufriedenheit steigt das Commitment bzw. sinkt die Abbruchneigung.

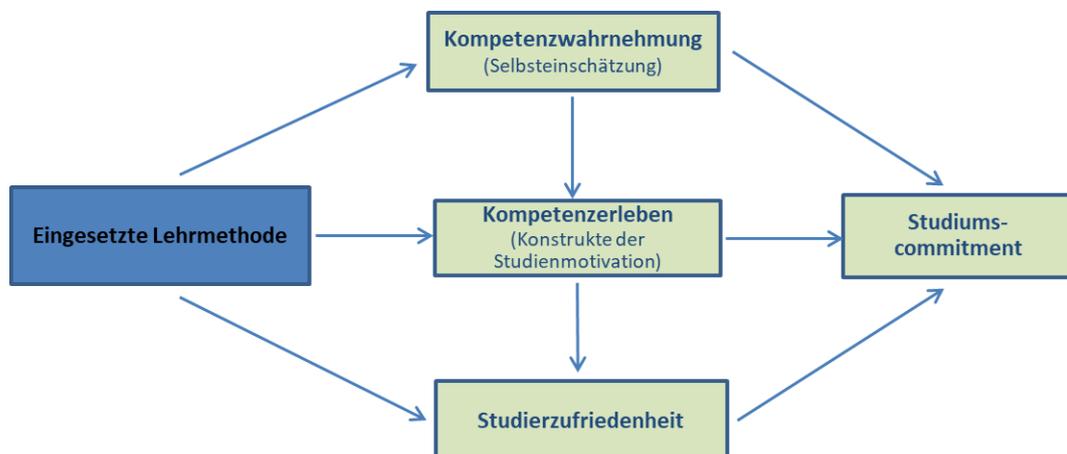


Abbildung 5: Kernmodell bzw. Outputmodell der Lehrmethoden, Hofmann und Köhler (2014)

Die eingesetzte Lehrmethode wirkt dabei nicht direkt auf das Commitment, sondern auf die Studienmotivation (hier beschrieben durch das Kompetenzerleben in Anlehnung an Deci und Ryan (1993) und Ryan und Deci (2000)), und die Kompetenzwahrnehmung Braun (2008). Bei der Studienmotivation hat das Autonomieerleben dabei nur eine Mediatorwirkung Vandercammen, Hofmans und Theuns (2014), Analoges gilt für die soziale Eingebundenheit. Die Aspekte der Kompetenzwahrnehmung, die durch die Eingangs beschriebenen Lehrmethoden angesprochen werden sind Fachkompetenzen, Methodenkompetenzen und Kommunikationskompetenzen.

Im folgenden Modell werden nun die Zufriedenheit und das Commitment eingebunden. Vermittelt durch die Kompetenzen und die Motivation wirken die Lehrmethoden dabei auf Zufriedenheit und Commitment. Abb. 5 verdeutlicht die Wirkungszusammenhänge visuell.

Hierbei ist die Rolle der Zufriedenheit in einem theoretischen Modell nicht einfach zu klären. Einerseits wirkt der Einsatz aktivierender Lehrmethoden direkt auf die Zufriedenheit, andererseits hängt die Zufriedenheit mit der wahrgenommenen Kompetenz und dem Kompetenzerleben (Studienmotivation) zusammen und wirkt auch direkt auf das Commitment.

Das Modell lässt sich, wie in Abschnitt 1.3.5 gezeigt auch in Abhängigkeit der Lehrkraft darstellen, was das eingangs beschriebene Input- und Outputmodell beschreibt. In Kapitel 2 werden nach messtheoretischen Abwägungen beide Modelle zu einem Messmodell kondensiert.

Das theoretische Modell sollte dabei die unterschiedlichen Zusammensetzungen der Studierenden hinsichtlich Alter, Geschlecht, Verteilung der Geschlechter und Vorbildungen nicht vernachlässigen. Gerade für den MINT Bereich und dessen Fachkultur wäre zu vermuten, dass die genannten Attribute den Output einer Lehrumstellung beeinflussen können. Überlegungen hinsichtlich des Geschlechts finden sich bei Derboven und Winkler (2009), die deutlich herausarbeiten, dass bei stark ungleicher Verteilung der Geschlechter Diskriminierung und Ausschluss der kleineren Gruppe auftreten können. Dies kann sich für interaktive Lehrmethoden, die teilweise auf Zusammenarbeit und Gruppenarbeit setzen, sehr nachteilhaft auswirken. Es liegt die Vermutung nahe, dass unterschiedliche Gruppen die Lehrmethoden unterschiedlich bewerten könnten und die Bewertung generell von den Zusammensetzungen der Studierenden abhängt.

Denkbar wären zahlreiche Effekte, die sich über die Zeit einstellen, zum Beispiel Lerneffekte bei den Lehrkräften und Studierenden, oder der Umstand, dass eine vollständige Umstellung einer Lehrveranstaltung mehrere Semester dauern kann. Es erscheint daher sinnvoll, die Auswirkungen der Umstellungen über einen längeren Zeitraum zu betrachten.

Andere denkbare Effekte finden in diese Arbeit und das Modell keinen Eingang, wie zum Beispiel die Rückwirkung des Lehrmethodeinsatzes auf die Lehrkraft. Dies wurde aber in einigen Interviews erfragt, die in anderen Artikeln aus der Projektgruppe enthalten sind.⁴

⁴ www.HD-MINT.de/Publikationen

2 Kapitel II: Reflexion des methodischen Vorgehens - Messung der Wirkung interaktiver Lehrmethoden

Im Folgenden wird beschrieben, wie die aus der Zielsetzung des Projekts herausgefilterte Fragestellung operationalisiert wurde. Im Kern geht es um die Messung der Zufriedenheit, der Kompetenzwahrnehmung und des Commitments der Studierenden zu ihrem Studium. In dem Kapitel wird dargestellt was letztendlich umsetzbar war, der Diskussionsteil und die Kapitel 3.1 und 3.2 beschreiben dabei welches methodische Vorgehen wünschenswert gewesen wäre und weshalb es im Rahmen dieses Projekts nicht möglich war.

Grundlegende Herausforderung bei der Messung stellten dabei die Variation der Fächer, die Freiwilligkeit der Teilnahme, die Vielfalt der Umsetzungen der jeweiligen Lehrmethoden durch die Lehrkräfte und die immer neuen Studierendengruppen dar. Die Auswirkungen dieser Herausforderungen werden in Kapitel 4.2, den Limitationen, näher erläutert.

2.1 Überführung der theoretischen Modelle in ein Messmodell

Grundlegende Überlegungen zu einem Messmodell werden in den einzelnen Artikeln (Kapitel 3.1 und 3.2) ausgeführt. Sie seien hier nur kurz erwähnt, um diese in ein größeres Strukturmodell überführen zu können, das den Link zwischen den einzelnen Artikeln bildet.

Im Sinne eines Vorher-Nachher-Designs wird die Messung vor der Umstellung mit der Messung nach der Umstellung der Lehrmethode verglichen. Prinzipiell lässt sich dieser komparativ-statische Ansatz auch in eine Längsschnitt-Betrachtung überführen, im Sinne von Trenddesigns. In Kapitel 1 wurde aufgezeigt, dass Umstellungen mitunter einige Zeit benötigen, um vollständig implementiert zu werden und dass Lerneffekte bei den Lehrkräften auftreten. Bei der Evaluation von Umstellungen ist es also zwingend notwendig, die Entwicklung über die Zeit zu betrachten. Zur Erhebung wurde ein Fragebogen entwickelt, der die Kompetenzen, das Kompetenzerleben, die Zufriedenheit und das Commitment evaluiert. Der Fragebogen beinhaltet daneben weitere Konstrukte wie Allgemeine Zufriedenheit, Studienmotivation und eine Reihe von demographischen Variablen, um die Zusammensetzung der Studierendengruppen hinsichtlich des Geschlechts, der Vorbildung, des Alters usw. zu bestimmen. Dieser Fragebogen wurde den Studierenden innerhalb der Lehrveranstaltung zum Ausfüllen am Ende eines Semesters vorgelegt. Die Ausgestaltung des Fragebogens wird in den Kapiteln 3.1 und 3.2 erläutert.

Zusätzlich zu diesem Messinstrument wurde die Umsetzung der Lehrmethode innerhalb der Lehrveranstaltung durch Projektmitarbeitende evaluiert. Ziel war hier die Bewertung der Umsetzung der Lehrmethode, basierend auf einer entweder teilweisen oder kompletten Umsetzung bzw. ob die Umsetzung überhaupt als interaktive Ausgestaltung bewertet werden konnte.

In der letzten Phase des Projekts wurde zusätzlich ein Fragebogen zur Messung der Einstellungen der Dozierenden entwickelt. Dabei fanden die Messskalen von Posser und Trigwell (2006) und Pundak und Herscovitz (2009) Anwendung, die die Sichtweise der Lehrkraft auf die Lehre erfassen sollen. Der Fragebogen umfasst die Dimensionen Lehre mit großer Studierendenzahl, Mitarbeit der Studierenden, Selbstständigkeit, eigenständiges Aneignen von Wissen, Quantität oder Verständnis und Funktion der Lehrkraft. Des Weiteren wurde Skalen zur extrinsischen und intrinsischen Lehrmotivation aufgenommen, sowie die didaktischen Vorerfahrungen und die Einschätzung über die eigenen Erfahrungen mit den interaktiven Lehrmethoden, die im Rahmen des HD MINT Projekts verwendet wurden.

Führt man die einzelnen Teilmodelle aus den theoretischen Zusammenhängen und die methodischen Überlegungen zusammen ergibt sich das Modell in Abb. 6. Diese Abbildung findet sich in Teilen in den jeweiligen Artikeln der Folgekapitel wieder und dient hier als der rote Faden zwischen ebendiesen. Das folgende Kapitel führt dies in einer kurzen Übersicht aus. Zu sehen ist dabei das Kernmodell innerhalb der grauen Box, welches durch das Treatment der Lehrmethode beeinflusst wird und worauf sich die Artikel in Kapitel 3 beziehen. Dabei wird außerhalb der Box dargestellt was auf den Einsatz bzw. die konkrete Umsetzung der Lehrmethode wirken kann. Die Artikel in Kapitel 3 beziehen sich hierbei auf das Kernmodell.

Welche konkreten Skalen zur Erhebung der einzelnen Konstrukte verwendet wurden wird in Kapitel 3.2 näher erläutert.

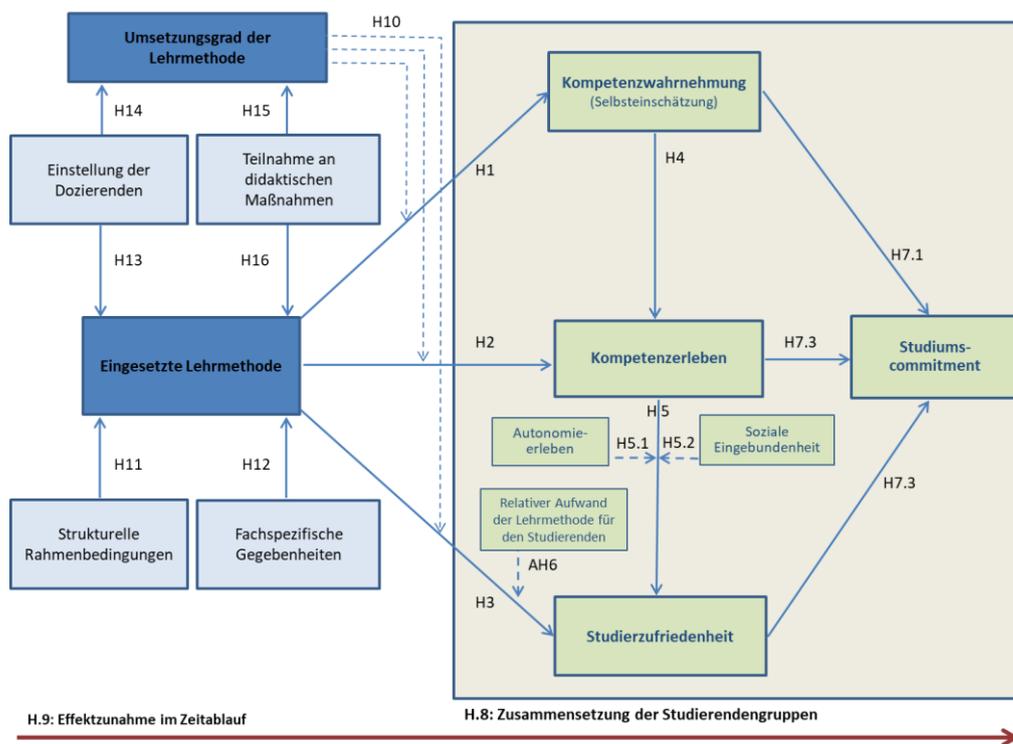


Abbildung 6: Wirkungsmodell Quelle: Hofmann/Köhler 2014

2.2 Einsatzbedingungen

Eine der Herausforderungen für das Evaluationsprojekt bestand in den Einsatzbedingungen, die maßgeblich auf die Möglichkeiten der Erhebung einwirken. Die Einsatzbedingungen sind auch ein Grund, dass sich die Reichweite der Ergebnisinterpretation einschränkt.

Kern dieser Einschränkung ist die Freiwilligkeit der Professorenschaft. Diese ist eine wichtige Voraussetzung, sorgt aber dafür, dass für die Erhebung wenig Steuerung darüber möglich ist, wie oft welche Methode in welchem Fach und in welcher Intensität umgesetzt wird, und ob eine entsprechende Lehrkraft sich generell an die Empfehlungen der durch das Projekt angebotenen Beratung hält. Freiwillig war ebenfalls, ob eine Lehrkraft die Unterrichtszeit opfern möchte, um den Fragebogeneinsatz zu ermöglichen.

Daran anschließend oblag die Auswahl des Faches, in welchem die Methode eingesetzt wurde, den Lehrkräften der jeweiligen Hochschule. Dadurch sind die Fächer stark gemischt, was die Vergleichbarkeit von möglichen Effekten erschwert. Weiterhin macht es den Einsatz von Diagnostiktests praktisch unmöglich, da diese ja nur für spezielle Themen in speziellen Stoffgebieten eingesetzt werden können und untereinander keine Vergleiche zulassen. Um solche Tests verwenden zu können, müsste ein spezielles Fach und auch dort nur ein bestimmtes Thema für die Erhebung genutzt werden, was allerdings nicht den Zielsetzungen des Projekts entsprach.

Prinzipiell erfordert der Umstand, dass Lehrkräfte frei entscheiden welche Methode sie wie umsetzen, die Kontrolle des Einsatzes der Lehrmethode durch die Projektmitglieder. In der Erhebung wird dieser Punkt in dem Sinn berücksichtigt, dass der Umsetzungsgrad einer Methode bestimmt wird und Nichtumsetzungen der Methode klar identifiziert werden und von der Auswertung ausgeschlossen werden. Es stellte sich dennoch die Frage, durch welche Faktoren eine korrekte Umsetzung identifiziert wird.

Die einzelnen Limitationen, die sich aus den Einsatzbedingungen ergeben, werden in Kapitel 4.2 ausführlich zusammengefasst und im Hinblick auf eine Ergebnisdiskussion aufgearbeitet.

3 Kapiteleinordnung

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Zusammenhänge in den einzelnen Kapiteln und den inhaltlichen Aufbau der Arbeit gegeben.

In Kapitel 3.1. findet sich eine erste Darstellung empirischer Ergebnisse der konkreten Umsetzung der Lehrkonzepte. Hier wird diskutiert, inwiefern der Umsetzungsgrad eine Rolle spielt und was dies für mögliche Messzeitpunkte bedeutet. Die Umsetzung einer Methode lässt sich zum Beispiel nicht unbedingt in nur einem Semester vollziehen und erfordert einen Lernprozess der Lehrkraft. In diesem Kapitel findet sich ein erster Ansatz zum Wirkungsmodell in Abb. 6.

Das folgende Kapitel hat die Präsentation der Kernergebnisse des HD MINT Projekts bezogen auf das hier präsentierte Modell im Fokus. Zum einen werden in diesem Kapitel die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Konstrukten erläutert, zum anderen werden die globalen Ergebnisse über alle Fachgebiete in Bezug auf die in Kapitel 1 vorgestellten Lehrkonzepte präsentiert. Dabei werden zusätzlich auftretende Limitationen durch die spezifischen Gegebenheiten des Projektaufbaus ausführlich dargelegt. Die sich an dieses Kapitel anschließenden Artikel beschäftigen sich entweder mit der konkreten Umsetzung einer Lehrmethode oder eines bestimmten zusätzlichen Aspekts des Modells.

Im anschließenden Kapitel 3.3 wird beispielsweise gezeigt, dass sich das Erhebungsinstrumentarium auch auf beliebige andere Ansätze von Lehrkonzepten anwenden lässt. Dabei wird ein Konzept für eine Lehrveranstaltung im Bereich Computer Science vorgestellt und in einem kurzen Auswertungskapitel mithilfe der Kompetenz und Zufriedenheitsmessung evaluiert. Dabei weicht das Lehrkonzept von den hier verwendeten Konzepten ab und wird daher im Kapitel sehr ausführlich beschrieben.

Kapitel 3.4 beinhaltet einen Artikel, der die Anwendung von PBL beschreibt und in Bezug auf verschiedene Fachgebiete erläutert. Die Ergebnisse an sich sind aus einem frühen Stadium des Projektes, dennoch geben sie Aufschluss, inwiefern PBL auf das Kernmodell wirkt.

Die geschlechtsspezifische Wirkung der aktivierenden Lehrmethode ist in Kapitel 3.5 dargestellt. Der Artikel soll Aufschluss darüber geben, ob die jeweiligen Geschlechter unterschiedliche Lehrmethoden bevorzugen. Zu vermuten war, dass die geringe Frauenquote in den meisten MINT Fächern Wirkung auf die Lehrmethode zeigt. Beispielsweise kann es vorkommen, dass Frauen in Gruppendiskussionen weniger ernst genommen werden und deshalb gruppenarbeitsorientierte Lehrmethoden eventuell schlechter bewerten, v.a. wenn sie in den jeweiligen Gruppen als einzige weibliche Teilnehmerin wirken. Solch eine Sichtweise wurde dem Autor beispielsweise in Feedbackgesprächen mit Mitarbeitenden und Dozierenden geboten.

Expliziter wird die Lehrmethode „Just in Time Teaching“ im Kapitel 3.6 beschrieben. Dabei wird zuerst die genaue Implementierung dieser Lehrmethode im Fach Regelungstechnik schrittweise aufgezeigt und mit den Lernzielen in Verbindung gesetzt. Anschließend werden dazu erste Ergebnisse im Hinblick auf

die Veränderung von Kompetenzwahrnehmung und Zufriedenheit präsentiert. Diese werden dann zu den Ergebnissen des Gesamtprojekts ins Verhältnis gesetzt. Das darauffolgende Kapitel 3.7 ist als eine Erweiterung des Kapitels 3.6 konzipiert, und rückt die Langzeitwirkungen in den Fokus. In dieser Trendstudie wird über einen Zeitraum von sechs Semestern untersucht, inwiefern die Ergebnisse sich reproduzieren und die Veränderungen in Kompetenzwahrnehmung und Zufriedenheit stabil bleiben. Des Weiteren wird in diesem Kapitel angedeutet, dass die Spezifikation des oben erwähnten Modells auch in eine abgewandelte Form überführt werden kann. Im darauffolgenden Kapitel 4 wird dieser Frage nachgegangen. Im Kern ist die Frage, ob die Kompetenzen über die Studierzufriedenheit auf das Commitment wirken, oder die Studierzufriedenheit und die Kompetenzen gemeinsam auf das Commitment wirken.

Abschließend soll diskutiert werden, inwieweit sich der Blick auf die Wirkungsweise und die Umsetzung durch die Hinzunahme der Dozierendenperspektive verbessern lässt. Die Fragestellung hierbei ist, ob und inwiefern Einstellung, Motivation und Vorerfahrungen der Dozierenden eine Rolle spielen und wie sich diese Fragestellung operationalisieren lässt.

3.1 Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT-Fächern⁵

Hofmann, Yvette; Köhler, Thomas (2016): Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT-Fächern. HSW 4/2016, S.124-128. (Hofmann & Köhler, Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT-Fächern, 2016)

Zusammenfassung

Die Abbruchquote für MINT-Fächer betrug im vergangenen Jahr laut einer Studie des DZHW bis zu einem guten Drittel und liegt damit deutlich über dem Durchschnitt anderer Fächer (Heublein, Richter, Schmelzer, & Sommer, 2014). Dieses Ergebnis bestätigen auch frühere Studien (Gensch & Sandfuchs, 2007); (Gensch & Kliegl, 2011); (Hetze, 2011). In der öffentlichen Diskussion um die hohen Studienabbruchzahlen in den MINT-Fächern nimmt dabei die Qualität der Lehre einen wichtigen Platz ein. Insgesamt wird neben einer verstärkten Betreuung der Studierenden vor allem eine Änderung der Lern- und Lehrumgebungen sowie eine Verbesserung der Didaktik in den MINT-Fächern durch eine Professionalisierung der Lehre gefordert (Börensens & Gensch, 2009); (Derboven & Winkler, 2009); (Gensch & Kliegl, 2011). Folgerichtig bemühen sich viele Dozierende darum, ihre Lehrveranstaltungen stärker an den Bedürfnissen ihrer Studierenden auszurichten und lernerzentrierte Lehre anzubieten. Diesem Ziel widmet sich seit 2012 auch das vom BMBF im Rahmen des Qualitätspakt Lehre geförderte Projekt zur Professionalisierung der Lehre in den MINT-Fächern (HD-MINT). Der nachfolgende Beitrag widmet sich auf Basis der gewonnenen empirischen Daten der Frage, unter welchen Voraussetzungen mehr Interaktivität zu einer Verbesserung der Lehre führt und welche Rolle dabei den Dozierenden zukommt.

3.1.1 Professionalisierung der Lehre in den MINT-Fächern am Beispiel des Projekts HD-MINT

Das Projekt HD-MINT ist ein Verbundprojekt, bei dem unter der Beteiligung von sechs bayerischen Hochschulen, dem Bayerischen Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung (IHF) sowie dem Zentrum für Hochschuldidaktik (DiZ), der Fokus daraufgelegt wird, forschungsbasierte Lehr- und Lernkonzepte, die auf Verständnis und Orientierung am Lernenden ausgerichtet sind, nachhaltig in der Lehre zu verankern und nicht nur einzelne Maßnahmen für Studierende anzubieten (z.B. Brückenkurse oder zusätzliche Tutorien). Konkret werden hierbei folgende Lern- und Lehrmethoden eingesetzt (in Anlehnung an (Mazur, 1997), (Novak, Gavrin, Christian, & Patterson, 1999); (Weber, 2007):

⁵ Geteilte Erstautorenschaft

- 1) Just-in-Time Teaching (JiTT), dessen Kerngedanke es ist, die Vorlesungsinhalte flexibel auf die inhaltlichen Bedürfnisse der Studierenden auszurichten.
- 2) Peer Instruction (PI), welches dazu dient, die Studierenden in der Veranstaltung zu Fachdiskussionen zu aktivieren, das Zusammenhangsverständnis zu fördern und zeitnahe Rückmeldung über den aktuellen Wissensstand zu geben (sowohl für Dozierende als auch für Studierende).
- 3) Problembasiertes Lernen (PBL), welches eine klar strukturierte Herangehensweise an Problemstellungen in naturwissenschaftlichen und technischen Fächern fördert.

Für die Anwendung dieser drei Lehrkonzepte wurden im Rahmen des Projekts Kriterien festgelegt, auf welche Art und Weise die Umsetzung in der Lehrveranstaltung im Einzelnen erfolgen sollte, um eine konzeptnahe Umsetzung der Lehrkonzepte im und außerhalb des Hörsaals zu gewährleisten. Die Wirksamkeit dieser Lehrmethoden im Vergleich zum traditionellen Frontalunterricht wurde u.a. auf Basis einer empirischen Datenerhebung bei Studierenden überprüft. Auszüge hieraus werden im Folgenden vorgestellt.

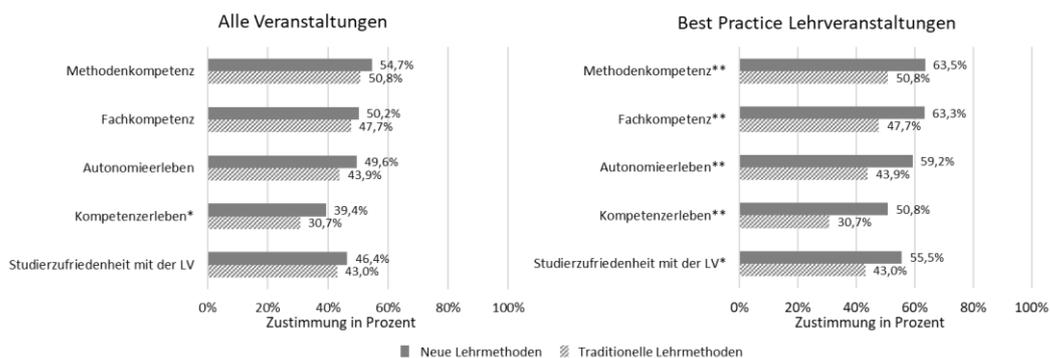


Abbildung 7

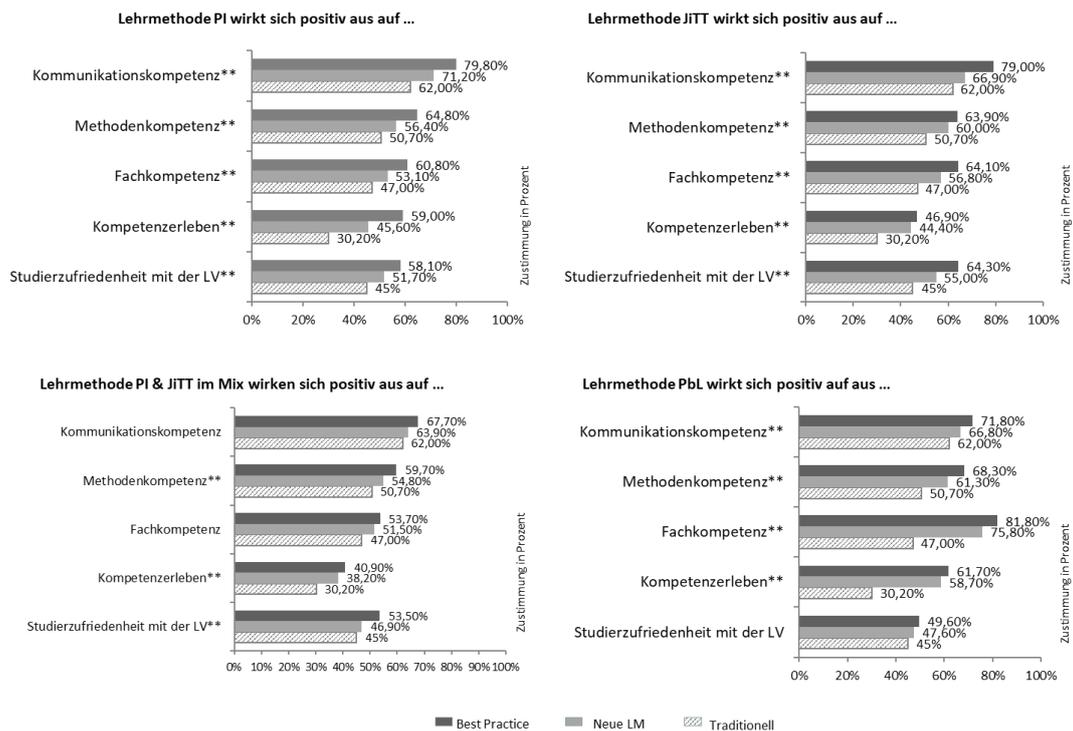


Abbildung 8

3.1.2 Auswirkungen einer Professionalisierung der Lehre auf die Studierenden von MINT-Fächern

Der Studierendenfragebogen erfasst u.a. die studentischen Selbsteinschätzungen in Bereichen der Kompetenzen, der Motivation und der Studierzufriedenheit. Vor der Auswertung wurde die Stichprobe bereinigt, sodass nur diejenigen Lehrveranstaltungen in die Analyse Eingang fanden, welche konzeptnah auf die neuen Lehrmethoden umgestellt wurden. So konnte sichergestellt werden, dass trotz Einsatzvariationen durch die Dozierenden in den Lehrveranstaltungen nur diejenigen Lehrveranstaltungen bei der Auswertung berücksichtigt wurden, bei denen nicht nur Einzelteile, sondern das Gesamtkonzept von PI, JiTT oder PBL zum Einsatz kam. Letztlich wurden über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren 130 Lehrveranstaltungen und deren Studierende in die Datenauswertung einbezogen (Sommersemester 2013 bis zum Wintersemester 2015/2016). Insgesamt konnten die Antworten von insgesamt 3.775 Studierenden berücksichtigt werden, davon hatten ca. 41 Prozent die Allgemeine Hochschulreife, knapp 75 Prozent waren männlich.⁶

⁶ Damit entspricht die Stichprobenszusammensetzung weitgehend der Grundgesamtheit an den untersuchten Hochschulen.

Ich habe ein sicheres Gefühl hinsichtlich des Prüfungserfolgs**

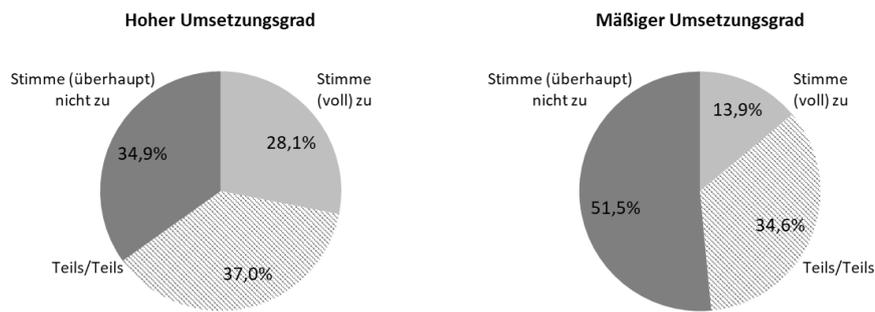


Abbildung 9

Die Lehrveranstaltung bestärkt mich darin, das Studium fortzusetzen*

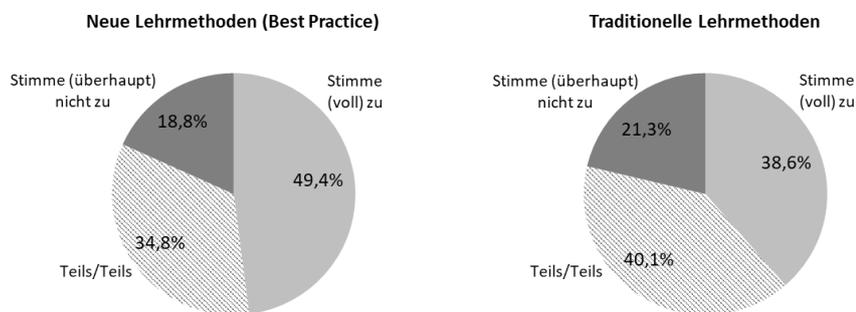


Abbildung 10

Auf Basis der bereinigten Stichprobe ($n_{\text{neue Lehrmethoden}}=3007$, $n_{\text{traditionelle Lehrmethoden}}=748$) lässt sich zeigen, dass sich die Wahl der Lehrmethoden positiv auf alle betrachteten Größen auswirkt. So weisen beispielsweise Studierende, welche mit forschungsbasierten Lern- und Lehrmethoden in Kontakt kamen, eine mehrheitlich höhere Studierzufriedenheit mit der Lehrveranstaltung auf als Studierende, welche traditionelle Lehrmethoden (Frontalunterricht) erlebten. Zudem schätzen sie ihre Fach- und Methodenkompetenz höher ein. Und auch im Hinblick auf ihren Wissensstand und ihre Prüfungssicherheit (zusammengefasst in dem Konstrukt 'Kompetenzerleben') erweisen sich die neuen Lehrmethoden den traditionellen als grundsätzlich überlegen. Die bestehenden Effekte verstärken sich noch, wenn man die Auswertung auf diejenigen Lehrveranstaltungen (LV) beschränkt, bei denen die neuen Lehrmethoden einen hohen Umsetzungsgrad erreichen, sogenannte Best-Practice-Veranstaltungen (siehe Abb. 7).⁷ Generell lässt sich zeigen, dass der Umsetzungsgrad der Lehrkonzepte eine wesentliche Rolle für die Wirksamkeit aktivierender Lehrmethoden spielt: Je konzeptnah diese Methoden eingesetzt werden, desto stärkere Effekte ergeben sich hinsichtlich der angestrebten

⁷ Von einem „hohen Umsetzungsgrad“ wird ausgegangen, wenn der Methodeneinsatz konzeptnah, d.h. unter Berücksichtigung der zentralen Merkmale der jeweiligen Lehrmethode, erfolgte; zu den Minimalkriterien siehe (Mazur, 1997); (Novak, Gavrín, Christian, & Patterson, 1999); vgl. auch (Weber, 2007). Zur Bedeutung des Umsetzungsgrads siehe auch (Turpen & Finkelstein, 2009).

Auswirkungen⁸. Dies gilt unabhängig von der Art der zum Einsatz kommenden Lehrmethode JiTT, PI oder PBL (siehe Abb. 8). Darüber hinaus sehen die Studierenden einen signifikanten Mehrwert bezüglich des künftigen Prüfungserfolges, wenn aktivierende Lehrmethoden gut umgesetzt werden (siehe Abb. 9). Die gewonnenen Erkenntnisse sind von großer Bedeutung, denn es ist zu vermuten, dass mit der Zunahme von Studierzufriedenheit und Kompetenzerleben respektive Kompetenzwahrnehmung das Studiumscommitment steigt, während die Bereitschaft zum Studienabbruch sinkt. So geben in den Best-Practice-Veranstaltungen knapp 50 Prozent der Studierenden an, dass sie sich sicher sind, das Studium abzuschließen (siehe Abb. 10); bei der Referenzgruppe sind dies lediglich gut 38 Prozent.

Im Laufe des Projekts zeichnete sich ab, dass vor allem diejenigen Lehrveranstaltungen zu den Best-Practice-Veranstaltungen zählten, deren Dozierenden die Methoden bereits mehrfach angewendet haben. Offensichtlich zahlt sich der Umstellungsaufwand für die Einführung aktivierender Lehrmethoden insbesondere dann aus, wenn die Dozierenden die Methode nicht nur einmalig einsetzen, sondern durch mehrmaliges, wiederholtes Anwenden den Einsatz interaktiver, lernerzentrierter Verfahren professionalisieren. Insbesondere zeigte sich, dass sich die eingehende, über mehrere Semester begleitende Beratung durch die projekteigenen Fachdidaktiker*innen ausgesprochen positiv auf die Lehrqualität auswirkte; analog schien das Feedback von Kolleg*innen und Studierenden für die Dozierenden unterstützend bei ihrer Lehrveranstaltungsumstellung zu sein.

3.1.3 Fazit

Die gewonnenen Ergebnisse lassen vermuten, dass sich die Wirksamkeit interaktiver, lernerzentrierter Lehrmethoden im Zeitablauf durch zunehmende Professionalisierung erhöht. Auch wenn insgesamt zu wenig Fälle wiederholter Anwendung gleicher Lehrmethoden in vergleichbaren Lehrveranstaltungen unterschiedlicher Fächer vorliegen, um exakte Zusammenhangsmaße berechnen zu können, wird diese Vermutung dadurch gestützt, dass bei den Best-Practice-Beispielen fast ausnahmslos diejenigen Lehrveranstaltungen wiederzufinden sind, deren Dozierende sich seit mindestens zwei Semestern mit forschungsbasierten Lern- und Lehrmethoden beschäftigen. Offensichtlich ist es, um stabile positive Effekte durch den Einsatz aktivierender Lehrmethoden realisieren zu können, erforderlich, dass die Dozierenden kontinuierlich und über einen längeren Zeitraum hinweg die Methoden anwenden und dabei von Fachdidaktiker*innen bei der Lehrveranstaltungsumstellung begleitet werden. Ein einmaliges Beratungsgespräch oder eine einführende Informationsveranstaltung reicht – wie im Rahmen des HD MINT Projekts gezeigt werden konnte – hingegen in den meisten Fällen nicht aus. Alles in allem kann festgehalten werden, dass sich Interaktivität in der Lehre grundsätzlich positiv auf die Studierzufriedenheit, die

⁸ Die Mittelwertdifferenzen belaufen sich auf der verwendeten 5er-Skala auf bis zu 0,74, mit Signifikanzniveaus von 0,05 und 0,01.

Kompetenzwahrnehmung und das Kompetenzerleben der Studierenden auswirkt, jedoch kein Selbstläufer ist. Vielmehr wird deutlich, dass die Realisation positiver Effekte wesentlich davon abhängt, wie versiert und konzeptnah die neuen Lehrmethoden von den Dozierenden in den Veranstaltungen umgesetzt respektive eingesetzt werden.

Limitationen

Auch wenn die bisherigen Ergebnisse die vermuteten positiven Zusammenhänge bestätigen, können zum momentanen Zeitpunkt keine validen Aussagen über signifikante Fächerunterschiede getroffen werden. Dies liegt vor allem daran, dass bisher weder in allen Fächern noch für vergleichbare Lehrveranstaltungen über einen längeren Zeitraum Vergleichsdaten vorliegen. Allerdings zeigen sich Tendenzen, dass in bestimmten Fächergruppen bestimmte Lehrmethoden von den Dozierenden bevorzugt werden, z.B. Peer Instruction in Physik oder Just in Time Teaching in Informatik. Ebenfalls wurden mit den im Rahmen des Projekts zum Einsatz kommenden Messinstrumenten keine Veränderungen des inhaltlichen oder verständnisorientierten Wissens bei den Studierenden erfasst. Folglich sind die hier vorgestellten Ergebnisse unter diesen Restriktionen zu sehen.

3.2 Aktivierende Lehrmethoden in MINT-Fächern: Einsatzvariationen und Wirkungen aus Sicht der Studierenden⁹

Hofmann, Yvette; Köhler, Thomas (2016): Aktivierende Lehrmethoden in MINT-Fächern: Einsatzvariationen und Wirkungen aus Sicht der Studierenden. In: Zentrum für Hochschuldidaktik (Hrsg.): Wege zum Verständnis bauen – Das Projekt HD MINT. Ingolstadt, 2016. S. 132 – 151.

Abstract

Die wissenschaftliche Begleitung des Verbundprojekts HD MINT zur Verbesserung der Hochschuldidaktik in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern war getragen von dem Gedanken, dass angesichts der hohen Studienabbruchquoten in MINT Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) das Studium in diesen Fachbereichen attraktiver gestaltet und die Studierbarkeit erhöht werden soll. Dabei stand die Frage im Vordergrund, welche Effekte forschungsbasierte, aktivierende Lehrmethoden u.a. auf die Studierzufriedenheit und Kompetenzwahrnehmung haben und ob diese relevant für den Wunsch der Studierenden sind, das Studium weiterzuführen (siehe Hofmann/Köhler 2016).

3.2.1 Aufbau und Zielsetzung der wissenschaftlichen Begleituntersuchung

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleituntersuchung kam ein Mixed-Methods-Design zur Anwendung. In einem ersten Schritt wurden über Einzel- und Gruppeninterviews relevante Größen für „gute Lehre“ aus Sicht von Professorinnen und Professoren sowie Studierenden erfasst. Die Ergebnisse dieser Interviews flossen in die Fragebogengestaltung ein. Diese war dreigeteilt und bestand aus Studierenden- und Dozierendenfragebögen für die jeweiligen Verbundhochschulen sowie einem Mitarbeitendenfragebogen für die betreuenden Projektmitglieder. Allen drei Fragebögen war gemein, dass sie neben einem allgemeingültigen Fragenteil auch methodenspezifische Fragen beinhalteten.

Als Hauptinstrument zur Wirksamkeitsmessung der zum Einsatz gekommenen Lehrmethoden fungierte der *Studierendenfragebogen*. Er erfasste u.a. die studentischen Selbsteinschätzungen in Bereichen der Kompetenzen, der Motivation und der Studierzufriedenheit¹⁰. Durch diese schriftliche Befragung sollte ermittelt werden, wie MINT-Studierende ihre Studiersituation wahrnehmen und wie sie die didaktischen Maßnahmen bewerten. Der Fragebogen enthielt 105 Fragen und gliederte sich in folgende Abschnitte:

Teil A – Allgemeine Studierbedingungen

Teil B – Konkrete Lehr-/Lernsituation

⁹ Geteilte Erstautorenschaft

¹⁰ Unter Studierzufriedenheit wird hier die Zufriedenheit mit der Lehr-/Lernsituation verstanden und nicht die Gesamtsituation an der Hochschule.

Teil C – Studentisches Meinungsbild

Teil D – Soziodemographische Daten

Die Studierenden wurden jeweils zu Beginn und zum Ende des Semesters unmittelbar in der Lehrveranstaltung gebeten, den Fragebogen auszufüllen und direkt dem Dozierenden oder Projektmitgliedern zu geben (Vorher/Nachher-Messung).¹¹ Um einen Vorher/Nachher-Vergleich durchführen zu können, war das Messinstrumentarium so angelegt, dass es sowohl in Veranstaltungen mit herkömmlichen Lehrmethoden (überwiegend Frontalunterricht) als auch in Lehrveranstaltungen mit aktivierenden Lehrmethoden eingesetzt werden konnte. Dies machte es möglich, den standardisierten Fragebogen jeweils am Anfang des Semesters – und damit vor der Einführung der neuen Lehrmethode – sowie am Ende des Semesters – und damit nach der Lehrveranstaltungsstellung auf die neue Lehrmethode – einzusetzen.

Als Kontrollgruppe dienten Studierende, welche eine Veranstaltung im traditionellen Unterrichtsformat besuchten (Frontalunterricht), die während des Semesters nicht umgestellt wurde. Auch diese Studierenden wurden jeweils – soweit möglich – zu Semesterbeginn und Semesterende befragt. Die Beantwortung des Studierendenfragebogens dauerte im Schnitt 20 Minuten.

Die Dozierenden- und Mitarbeitendenfragebögen dienten der Erfassung der Art und Weise der Lehrveranstaltungsstellung: Während Erstere die Selbsteinschätzung der Dozierenden beim Einsatz der jeweiligen Lehrmethode enthielt, wurden mit Hilfe des Mitarbeitendenfragebogens Rahmenfaktoren (z.B. Raumgröße, Veranstaltungstag) und Prozessgrößen (z.B. Semesterschwund an Studierenden) dokumentiert. Beide Fragebögen nahmen Spezifika der jeweiligen Lehrmethoden Peer Instruction (PI), Just-in-Time Teaching (JiTT) und Problem Based Learning (PBL) auf und ermöglichten darüber hinaus, festzustellen, inwiefern eine konzeptnahe Umsetzung dieser Lehrmethoden erfolgte.

Projektbegleitend wurde Studierenden und Dozierenden die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch mit dem Projektteam gegeben.

Anmerkung: Der Einsatz eines Instruments zur Messung von Lernfortschritten, wie beispielsweise sogenannte Diagnostiktests¹², war aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen des Projekts nicht möglich, da eine Vielzahl verschiedener Veranstaltungen zu begleiten war, für welche bis dato keine passenden, standardisierten Tests in deutscher Sprache vorliegen (z.B. zur Botanik, Elektrotechnik, Software Engineering, Wirtschaftsinformatik). Darüber hinaus zeigte die versuchsweise Durchführung gängiger

¹¹ Der Rücklauf war durch den unmittelbaren persönlichen Kontakt sehr hoch. Allerdings konnten keine genauen Rücklaufquoten ermittelt werden, da keine exakten Zahlen über die jeweiligen Teilnehmerzahlen vorlagen (für die Lehrveranstaltungen bestand keine Anwesenheits- oder Anmeldepflicht).

¹² Siehe zum Beispiel die Studie von Hake 1998.

Lernfortschrittskontrollen in der Physik, dass die Beantwortungsqualität der Studierenden durch die Vielzahl an Messungen (zwei Fragebögen zu jeweils zwei Zeitpunkten) derart deutlich nachließ, dass eine Vielzahl der Fragebögen nicht für die Auswertung verwendet werden konnte.

3.2.2 Forschungsfragen zur Wirksamkeit aktivierender Lehrmethoden

Mit Hilfe des Messinstrumentariums sollten mehrere Forschungsfragen beantwortet werden. Ein Kernelement der im Rahmen des Projekts zum Einsatz gekommenen Lehrmethoden war der aktive Einbezug der Studierenden in das Erlernen des Lehrstoffs. Studien zur Arbeitszufriedenheit zeigen, dass gerade der Aspekt der Partizipation und Eigenverantwortlichkeit sich positiv auf die Zufriedenheit von Schüler*innen, Studierenden und Arbeitnehmer*innen auswirkt (siehe beispielhaft für viele Nienhüser 2015, Schwab 2014, Welbers 1998). Und auch Derboven & Winker 2009 fanden Hinweise dafür, dass für MINT-Studierende diese Aspekte eine wichtige Rolle spielen. Daher stellte die erste Grundannahme dieses Projekts dar, dass die *Studierzufriedenheit* der Befragten signifikant höher ausfällt, wenn in der Lehrveranstaltung aktivierende Lehrmethoden eingesetzt werden, da dort der Anteil an Partizipation gegenüber Vorlesungen im traditionellen Format deutlich erhöht ist.

Darüber hinaus legen bisherige Untersuchungen über die Auswirkungen aktivierender Lehrmethoden den Schluss nahe, dass diese maßgeblich dazu beitragen, dass Studierende ihre vorhandenen Kompetenz(-lücken) besser realisieren (Anderson et al. 2001, Biggs & Tang, 2011, Gruber, Mandl, & Rankl, 1999). Dieser Argumentation folgend bestand die zweite Grundannahme des Projekts darin, dass die *Kompetenzwahrnehmung der Studierenden* in Lehrveranstaltungen mit aktivierenden Lehrmethoden signifikant höher ist als in Lehrveranstaltungen, in denen auf traditionelle Weise in Form eines Frontalunterrichts gelehrt wird. Eine Operationalisierung der Kompetenzwahrnehmung erfolgte in Anlehnung an das Berliner Evaluationsinstrument (siehe Braun et al. 2008), und wurde an die Gegebenheiten des HD-MINT-Projekts angepasst. Der Schwerpunkt der Kompetenzerfassung lag vor allem auf den Dimensionen *Fachkompetenz*, *Methodenkompetenz* und *Kommunikationskompetenz*, da die aktivierenden Lehrmethoden PI, JiTT und PBL per Definition insbesondere die Ausbildung und Nutzung dieser Kompetenzen fordern und fördern (vgl. Mazur 1997, Novak et al. 1999, Weber 2007). Darüber hinaus war davon auszugehen, dass auch das *Kompetenzerleben* (operationalisiert u.a. durch Rückmeldungen zum eigenen Wissenstand) signifikant von der gewählten Lehrmethode beeinflusst wird, da auch das unmittelbare und zeitnahe Feedback expliziter Bestandteil aktivierender Lehrmethoden ist. Zudem war auf Basis der Arbeiten zur Selbstwirksamkeit (siehe z.B. Abele, Cohrs, & Dette, 2005, Abele & Gendolla, 1999, Bandura, 1997, Bandura, 1993, Brauner et al, 2010, Hagmaier & Abele, 2015, Pajares, 1996, Satow & Schwarzer, 2003, Usher & Pajares, 2006) zu vermuten, dass Studierende, welche sich (in der

Lehrveranstaltung) als kompetent erleben, eine deutlich höhere Studierzufriedenheit aufweisen als Studierende mit vergleichsweise niedrigem Kompetenzerleben.

Insgesamt war davon auszugehen, dass Studierende, welche mit aktivierenden Lehrmethoden in Kontakt kommen, mit ihrer Lehr- und Lernsituation zufriedener sind, sich als kompetenter wahrnehmen und erleben und daher auch ein ausgeprägteres *Studiumscommitment* äußern als Kommiliton*innen aus traditionellen Lehrveranstaltungen.¹³

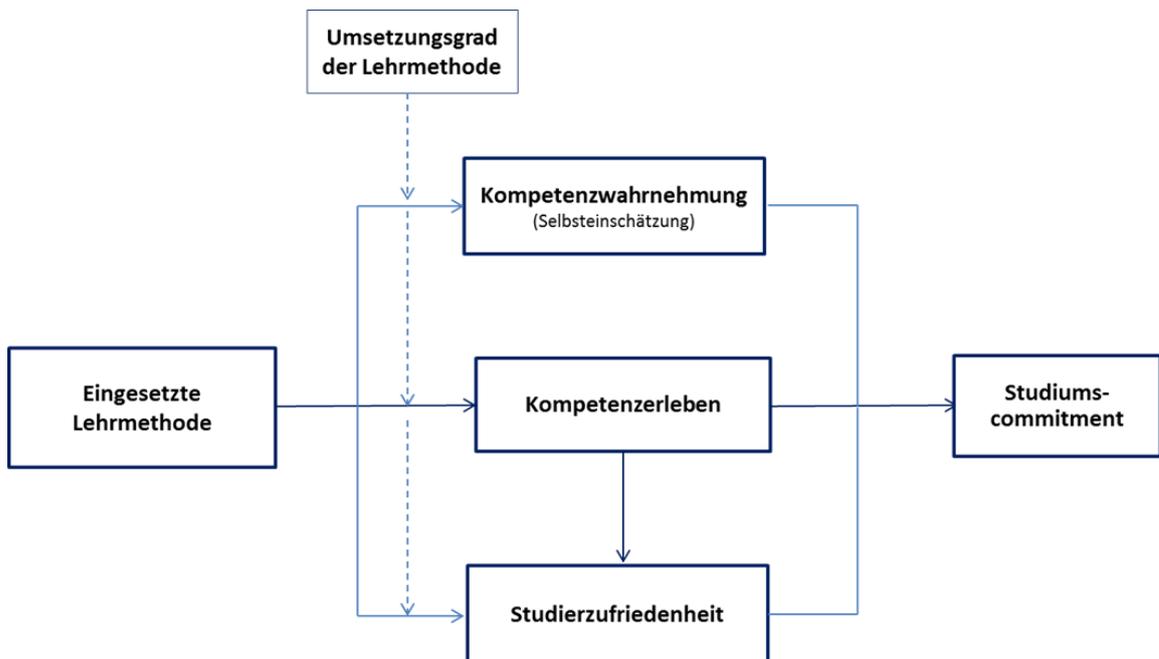


Abbildung 11: Skizzierung des Erklärungsmodells der Wirkungsweise aktivierender Lehrmethoden

Dabei war zu vermuten, dass die Wirksamkeit der Lehrmethode wesentlich von der Art und Weise des Einsatzes abhängt (*Umsetzungsgrad*). Folglich wurde auf Basis der Mitarbeitendenfragebögen ermittelt, inwiefern die neu einzuführenden Lehrmethoden konzeptnah in der Lehrveranstaltung umgesetzt wurden. Der Umsetzungsgrad der forschungsbasierten Lehr- und Lernmethoden wurde in Anlehnung an Mazur 1997, Novak et al. 1999 und Weber 2007 operationalisiert. Hierzu wurden zunächst im Rahmen einer Arbeitsgruppe für jede Lehrmethode Minimalkriterien festgelegt, welche erfüllt sein sollten, um eine Lehrveranstaltung als Best Practice bezeichnen zu können (z.B. Regelmäßigkeit des Einsatzes, Einführung der Studierenden in die Lehrmethode, Qualität/Geeignetheit der

¹³ Die Rahmenbedingungen des Verbundprojekts sahen lediglich eine punktuelle Lehrveranstaltungsumstellung in den ersten Semestern und keine Umstellung kompletter Studiengänge vor. Dadurch war es nicht möglich, valide Aussagen über die Abbruchentscheidung von Studierenden zu treffen. Daher wurde als Indikator für die Bleibeneigung der Studierenden erfasst, inwiefern sich Studierende durch den Einsatz neuer Lehrmethoden im Vergleich zu traditionellen Lehrveranstaltungen darin bestärkt sehen, ihr Studium weiterzuführen (Studiumscommitment).

Fragestellungen für die Vorlesung). Diese Kriterien flossen in die Gestaltung der Mitarbeitenden- und Dozierendenfragebögen ein.

Schließlich stellte sich die Frage, inwiefern es auch bei der Bewertung aktivierender Lehrmethoden zu den in der Literatur vielfach beschriebenen Geschlechterdifferenzen (siehe z.B. Bischof-Köhler, 2006, Bösebeck, 2010, Brannon, 2008, Halpern, 2000, Walter, 2013; siehe auch Hyde, 1990) kommt.

3.2.3 Besonderheiten des empirischen Feldes und sich daraus ergebende Limitationen

Das Untersuchungsdesign zur Wirksamkeitsmessung aktivierender Lehrmethoden war an den Gegebenheiten der Projektkonstellation ausgerichtet. Insbesondere die Tatsache, dass die Dozierenden darüber selbst entschieden, ob sie an dem Projekt sowie der damit einhergehenden Begleituntersuchung teilnahmen, welche Lehrmethoden sie in welchem Umfang in ihren Veranstaltungen einsetzten und inwiefern sie dabei die Unterstützung des Projektteams in Anspruch nahmen, stellte besondere Anforderungen an das empirische Design. Unter den gegebenen Umständen war daher nicht zu gewährleisten, dass in zwei interaktiven Lehrveranstaltungen, in welchen von den verantwortlichen Professoren zum Beispiel PI zum Einsatz gebracht wurde, diese Methode auf die gleiche Art und Weise angewendet wurde (zur Problematik siehe auch Turpen/Finkelstein 2009), weshalb nicht alle Lehrveranstaltungen bei der Auswertung der empirischen Daten berücksichtigt werden konnten (siehe Kapitel 2).¹⁴

Daher stellte insbesondere der unterschiedliche Umsetzungsgrad der Methoden eine besondere Herausforderung aus Datenerfassungsgesichtspunkten dar (Hofmann & Köhler, Möglichkeiten und Grenzen der Wirksamkeitsmessung interaktiver Lehrmethoden – Ein erster Erfahrungsbericht, 2013). Entsprechend war es erforderlich, umfassend zu dokumentieren, auf welche Art und Weise die neuen Lehrmethoden von der Professorenschaft in den bisherigen Ablauf der Lehrveranstaltungen integriert wurden und unter welchen Rahmenbedingungen die Lehrveranstaltungen stattfanden (Kontrollvariablen wie z.B. Raumgröße, Veranstaltungstag etc.).

Alles in allem wurden während der Projektlaufzeit über 200 Professor*innen bei der Veranstaltungsumstellung beraten. Allerdings fanden nur diejenigen Lehrveranstaltungen Eingang in die wissenschaftliche Begleitforschung, welche mehr oder weniger vollständig auf die neuen Lehrmethoden umgestellt wurden

¹⁴ So konnte beispielsweise sowohl die Häufigkeit, die Anzahl als auch die Tiefe der in den Lehrveranstaltungen verwendeten Fragen variieren. Analog setzten manche Professor*innen externe Anreize, um die Studierenden zur intensiven Mitarbeit bei einer JiTT-Veranstaltung zu animieren (z.B. mittels einer prozentualen Anrechnung von Wertungspunkten für die Endnote). Beim Einsatz der PBL-Methode stellte sich das Problem, dass ein Teil der Professorenschaft keine einheitlichen Gruppenzuteilungen vornahm. So kam es vor, dass Studierende in der einen Lehrveranstaltung vom Dozierenden in feste Gruppen eingeteilt wurden, während es der Dozierende in einer anderen Lehrveranstaltung den Studierenden frei überließ, sich in Gruppen zusammen zu finden und diese sogar während des laufenden Semesters zu wechseln.

und bei denen die Projektmitglieder Einblick in die Lehrveranstaltungsumstellung gewinnen und Aussagen über den jeweiligen Umsetzungsgrad treffen konnten. So konnte sichergestellt werden, dass trotz Einsatzvariationen durch die Dozierenden in den Lehrveranstaltungen keine Lehrveranstaltungen bei der Auswertung berücksichtigt wurden, bei denen nur Bruchstücke der Lehrmethode zum Einsatz kamen.

3.2.4 Empirische Analyse der Auswirkungen aktivierender Lehrmethoden auf Studierende

3.2.4.1 Beschreibung der Stichprobe

Die Feldphase, in der die schriftlichen Befragungen durchgeführt wurden, umfasste insgesamt sieben Semester (Sommersemester 2013 – Sommersemester 2016; siehe „*Veranstaltungsübersicht*“ im Anhang). In diesem Zeitraum wurden 133 Lehrveranstaltungen aus allen vier MINT-Bereichen in die empirische Erhebung eingebunden. Die Stichprobe speist sich aus Lehrveranstaltungen aller sechs Verbundhochschulen sowie einer weiteren Vergleichshochschule, die im späteren Projektverlauf hinzukam. Eine Ungleichverteilung von Veranstaltungsanzahl und Veranstaltungsart je Verbundhochschule ist der Tatsache geschuldet, dass zum einen die berücksichtigten Lehrveranstaltungen von den Professorinnen und Professoren selbst zur Umstellung vorgeschlagen wurden. Zum zweiten variierte die personelle Ausstattung der Teilprojektgruppen an den beteiligten Hochschulen erheblich, sodass auch die Anzahl der Lehrveranstaltungen, die vor Ort betreut werden konnten, entsprechend unterschiedlich war.

Während der Haupterhebungsphase wurden gut 7.100 Studierende befragt. In die eigentliche Analyse vermuteter Wirkungszusammenhänge flossen schließlich die Fragebögen von insgesamt **4.334 Studierenden** ein.¹⁵ Darunter befanden sich 1.065 Studierende, welche an Lehrveranstaltungen mit Peer Instruction (PI), 1.071 Studierende mit Just-in-Time Teaching (JiTT), 740 Studierende mit Peer Instruction & Just-in-time Teaching im Mix und 269 Studierende mit Problem Based Learning (PBL) teilnahmen; 785 Studierende wohnten einer traditionellen Veranstaltungsform bei und 404 Studierende nahmen an Tutorien oder Ähnlichem teil.

¹⁵ Für die empirische Überprüfung der Wirkungszusammenhänge wurden nur vollständig ausgefüllte Fragebögen einbezogen, welche in Lehrveranstaltungen eingesetzt wurden, die den Mindestanforderungen des jeweiligen Lehrkonzepts entsprachen.

Tabelle 1: Verteilung der Studierenden, differenziert nach Lehrmethode

| Anzahl Studierende je Teilstichprobe | Gesamt | Lehrveranstaltung (LV) differenziert nach Lehrmethode | | | | | Sonstiges (z.B. Tutorials) |
|--------------------------------------|--------|---|------|------|------------------|-----|----------------------------|
| | | Traditionelle | PI | JiTT | PI & JiTT im Mix | PBL | |
| Alle LV (bereinigt) | 4334 | 785 | 1065 | 1071 | 740 | 269 | 404 |
| Alle, ohne LV mit niedrigem UG | 3753 | 785 | 927 | 957 | 531 | 149 | 404 |
| Nur LV mit hohem UG | 474 | - | 132 | 86 | 168 | 88 | - |
| Nur LV mit niedrigem UG | 581 | - | 138 | 114 | 209 | 120 | - |

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|-----|----|----|--|
| Durchschnittliche Gruppengröße | 37 | 34 | 39 | 39 | 25 | |
| Maximale Gruppengröße | 103 | 106 | 106 | 81 | 38 | |
| Minimale Gruppengröße | 8 | 7 | 6 | 8 | 16 | |

Die durchschnittliche Gruppengröße ist über fast alle Veranstaltungsformen hinweg vergleichbar (Ausnahme: PBL). Zu deutlichen Unterschieden kam es jedoch hinsichtlich der Anwendung der Lehrkonzepte in den unterschiedlichen Fächern: So zeigt sich beispielsweise, dass in technischen Fächern eine vermehrte Konzentration auf die Methode PI erfolgte, während im Informatikbereich gehäuft JiTT Einsatz fand. Hingegen ist ein Mix von PI und JiTT eher in den Naturwissenschaften zu finden. PBL kam im Laufe des Projekts am seltensten zur Anwendung (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Verteilung der eingesetzten Lehrmethoden, differenziert nach Fach (ohne sonstige Lehrmethoden)

| Fächer | Lehrmethode | | | | |
|---------------------|--------------|-----------|-----------|------------------|-----------|
| | Traditionell | PI | JiTT | PI & JiTT im Mix | PBL |
| Mathematik | 2 | 8 | 4 | 2 | 3 |
| Informatik | 8 | 9 | 11 | 5 | 2 |
| Naturwissenschaften | 8 | 3 | 6 | 11 | 6 |
| Technik | 5 | 10 | 6 | 1 | 0 |
| Summe | 23 | 30 | 27 | 19 | 11 |

Das Durchschnittsalter der Studierenden beträgt 21,38 Jahre. Rund 72,7 % der Antwortenden sind männlich; 27,3 % weiblich; 13,3 % machten keine Angaben zu ihrem Geschlecht. Der überwiegende Großteil der Studierenden hat die Allgemeine Hochschulreife (37 %) oder die fachgebundene Hochschulreife (19 %); fast ebenso viele Studierende haben eine allgemeine oder fachgebundene Fachhochschulreife (je 13 %). Eine abgeschlossene fachnahe Berufsausbildung

weisen 27 % auf. Damit entspricht der Datensatz in etwa den Grundgesamtheiten der Verbundhochschulen.

80,4 % der befragten Studierenden geben an, dass sie sich in ihrem Studienfach gut aufgehoben fühlen (82,2 % Männer; 75,8 % Frauen) und sich wieder für dieses Fach entscheiden würden (79,9 %; davon 81,1 % Männer; 76,7 % Frauen). Insgesamt macht es 62,8 % Freude zu Studieren (63,8 % Männer; 59,4 % Frauen), obwohl immerhin 50,7 % aller Befragten der Meinung sind, dass das Studium anstrengender ist, als sie es sich vor Studienbeginn vorgestellt haben (48,7 % Männer; 54,4 % Frauen). Dennoch bezeichnen 80,8 % das Verhältnis zwischen Lehrkörper und Studierenden als (sehr) gut und nur 1,5 % bewerten dieses als (sehr) schlecht. Alles in allem geben gut 74 % der Studierenden an, mit ihrem Studium zufrieden zu sein (70 % Männer; 77 % Frauen).

3.2.4.2 Kernergebnisse der Begleitforschung zur Wirksamkeit aktivierender Lehrmethoden

Die empirische Analyse¹⁶ auf Basis der bereinigten Stichprobe bestätigt die vermuteten Wirkungszusammenhänge zwischen der Wahl der Lehrmethoden und den abhängigen Variablen Studierzufriedenheit, Kompetenzwahrnehmung und Kompetenzerleben.¹⁷ So weisen beispielsweise Studierende, welche mit aktivierenden Lern- und Lehrmethoden in Kontakt kamen, eine mehrheitlich höhere Studierzufriedenheit mit der Lehrveranstaltung auf, als Studierende aus traditionellen Lehrveranstaltungen (Frontalunterricht). Analoges gilt für die wahrgenommene Kompetenz (Fach- und Methodenkompetenz sowie Kommunikationskompetenz) respektive das Kompetenzerleben (Rückmeldung von Wissensstand und Sachverständnis), denn auch hier erweisen sich die neuen Lehrmethoden den traditionellen als grundsätzlich überlegen. Dennoch lassen sich signifikante Unterschiede bei der Wahl der Lehrmethode ermitteln. Insgesamt sind 65,1 % der Studierenden mit der Art der Lehrveranstaltungen zufrieden. Dabei vertreten in Veranstaltungen mit aktivierenden Lehrmethoden 72,9 % der Befragten die Ansicht, dass sie vor allem durch die Vermittlung von Fachwissen von der Lehrveranstaltung profitieren. Bei Lehrmethoden wie PI und JiTT schätzen die Studierenden vor allem, dass sie Rückmeldung zum Stoffverständnis erhalten (gut 61 %) sowie Lerneffekte hinsichtlich ihrer Arbeitsorganisation haben (55 %). Dies unterscheidet sich signifikant von Studierenden in traditionellen Lehrveranstaltungen, wo die Zustimmung lediglich zwischen 45,1 % und 46,4 % beträgt.

¹⁶ Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf die durchgeführten Endmessungen.

¹⁷ Ein Reliabilitätstest für die in Kapitel 2 beschriebenen Konstrukte ergibt für die Studierzufriedenheit mit der Lehrveranstaltung ein Cronbachs α von 0,72, für die Fachkompetenz ein Cronbachs α von 0,81, für die Methodenkompetenz ein Cronbachs α von 0,66, für die Kommunikationskompetenz ein Cronbachs α von 0,62 und für das Kompetenzerleben ein Cronbachs α von 0,88.

Die sich ergebenden Effekte variieren dabei nicht nur in Abhängigkeit von der Lehrmethode, sondern auch hinsichtlich des Umsetzungsgrads (siehe Abb. 12).¹⁸

Anmerkung: Im Folgenden wird unterschieden zwischen der Gruppe der sogenannten Best Practice-Lehrveranstaltungen und solchen Lehrveranstaltungen, welche vergleichsweise konzeptnah durchgeführt wurden. Lehrveranstaltungen, welche sich durch einen sehr niedrigen Umsetzungsgrad auszeichnen, finden sich in den nachfolgenden Abbildungen – soweit nicht anders gekennzeichnet – nicht wieder.

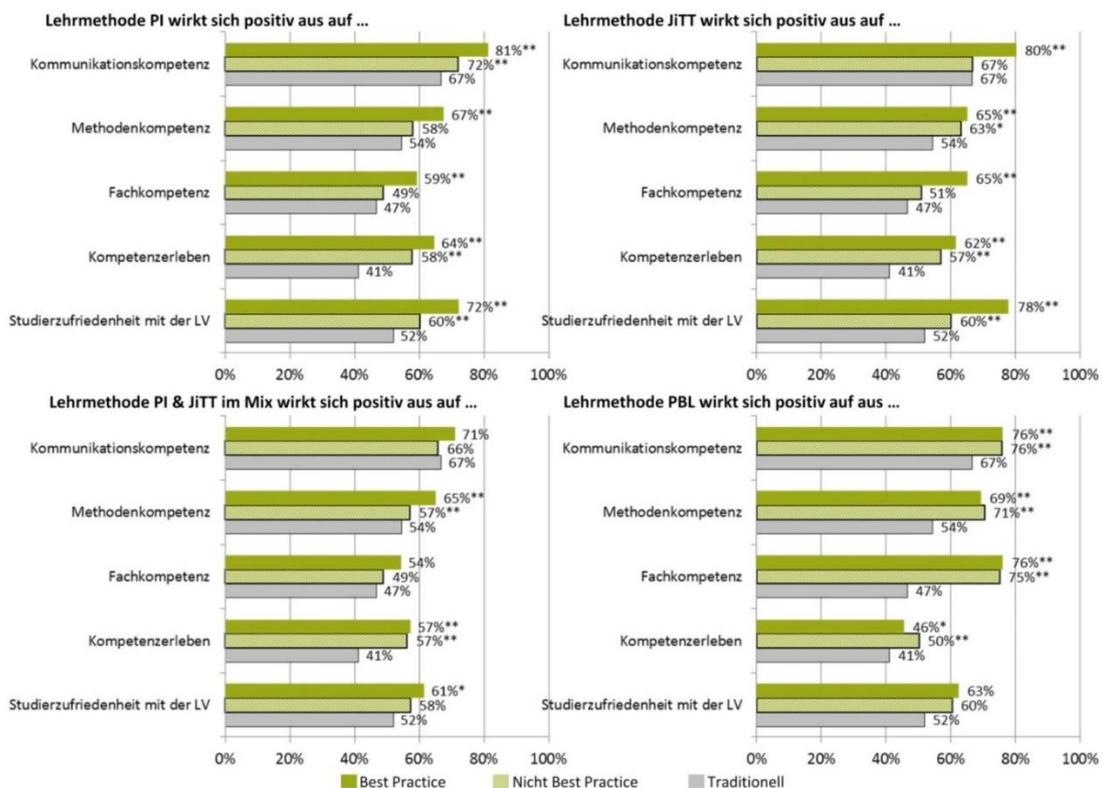


Abbildung 12: Wirkungen des Lehrmethodeneinsatzes (Zustimmung in Prozent; Signifikanzniveau ** := 0,01, * := 0,05)

Insgesamt lässt sich erkennen, dass aktivierende Lehrmethoden in fast allen Bereichen signifikant besser auf die Kompetenzwahrnehmung und das Kompetenzerleben von Studierenden wirken als ein traditioneller Vorlesungsstil. Zudem ist die Studierzufriedenheit in Lehrveranstaltungen mit aktivierenden Lehrmethoden signifikant höher als bei der Kontrollgruppe (traditionelle Lehrveranstaltungen). Die Effekte verstärken sich sogar noch, wenn man dabei

¹⁸ Die angegebenen Signifikanzen beruhen auf Mittelwertvergleichen. Dargestellt werden die Ergebnisse der einzelnen aktivierenden Lehrmethoden im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden.

zwischen Lehrveranstaltungen mit einem besonders hohen Umsetzungsgrad (Best Practice) und einem mittleren Umsetzungsgrad (Nicht Best-Practice) differenziert. Diese Überlegenheit aktivierender Lehrmethoden gegenüber einem bloßen Frontal-„Unterricht“ gilt für alle untersuchten Lehrkonzepte (PI, JiTT und PBL sowie PI & JiTT im Mix), auch wenn diese offensichtlich unterschiedlich stark auf die jeweiligen Komponenten wirken.

So zeigt die methodenspezifische Auswertung, dass durch den Einsatz von *Peer Instruction* generell eine Verbesserung der Selbsteinschätzung der Studierenden erreicht wird. Besonders deutlich wird dies beim Kompetenzerleben und der Studierzufriedenheit. Diese Konstrukte weisen den größten prozentualen Unterschied zur Kontrollgruppe auf, aber auch alle anderen Konstrukte zeigen eine hoch signifikante Verbesserung im Vergleich zu traditionellen Veranstaltungen, insbesondere bei den Best Practice Lehrveranstaltungen (Unterschiede bis zu 23,3 %). Hingegen scheinen durch *Just-in-Time Teaching* vor allem das Kompetenzerleben, die Fachkompetenz und Studierzufriedenheit gefördert zu werden. Auch bei dieser Methode gilt für die Best Practice Veranstaltungen, dass in allen Konstrukten hoch signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe nachweisbar sind, mit prozentualen Unterschieden von bis zu 26,1 %.

Weniger deutliche Auswirkungen ergeben sich, wenn in Lehrveranstaltungen eine Kombination von PI und JiTT stattfindet. Zwar wird trotzdem der Einfluss der Lehrmethode auf die Fach- und Kommunikationskompetenz durch die Studierenden signifikant höher eingeschätzt; die Unterschiede zu traditionellen Lehrveranstaltungen sind hierbei jedoch vergleichsweise gering. Auf der anderen Seite zeigt sich ein deutlicher Einfluss auf die Studierzufriedenheit und die wahrgenommene Methodenkompetenz der Studierenden. Alles in allem liegen die prozentualen Unterschiede für die Best Practice-Gruppe zwischen gut 4 und 16% (siehe Abb. 12).

Die Ergebnisse für *Problem Based Learning* zeichnen ein etwas anderes Bild: So konnte die Zufriedenheit der Studierenden durch dessen Einsatz zwar kaum gefördert werden; hinsichtlich der Auswirkungen auf ihre Fach-, Methoden- und Kommunikationskompetenz schneidet diese Lehrmethode jedoch besser ab als die übrigen aktivierenden Lehrmethoden. Ursächlich für dieses Phänomen mag sein, dass sich gerade PBL-Lehrveranstaltungen durch einen hohen Präsenz- und Vorbereitungsanteil auszeichnen, was einerseits einen vergleichsweise hohen Zeitaufwand für Studierende, aber andererseits eine intensive und selbständige Auseinandersetzung mit Fach- und Vertiefungsthemen beinhaltet.¹⁹

Die gewonnenen Erkenntnisse sind von großer Bedeutung, denn es ist zu vermuten, dass mit der Zunahme von Studierzufriedenheit und Kompetenzerleben respektive Kompetenzwahrnehmung die Bereitschaft zum Studienabbruch sinkt. So geben über 50 % der Studierenden aus Best-Practice-Veranstaltungen an, sich bestärkt darin zu sehen, das Studium weiterzuführen; bei der Kontrollgruppe sind dies lediglich gut 42 %. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass auch hier die sich ergebenden Effekte beim *Just-in-Time Teaching* und

¹⁹ Vgl. auch Hofmann & Köhler, 2014.

Peer Instruction am größten sind (knapp zwei Drittel aller Befragten geben an, ihr Studium weiterführen zu wollen), während eine Kombination aus diesen beiden Lehrmethoden die geringsten Auswirkungen auf das Studiumscommitment nach sich zieht (knapp 48%).

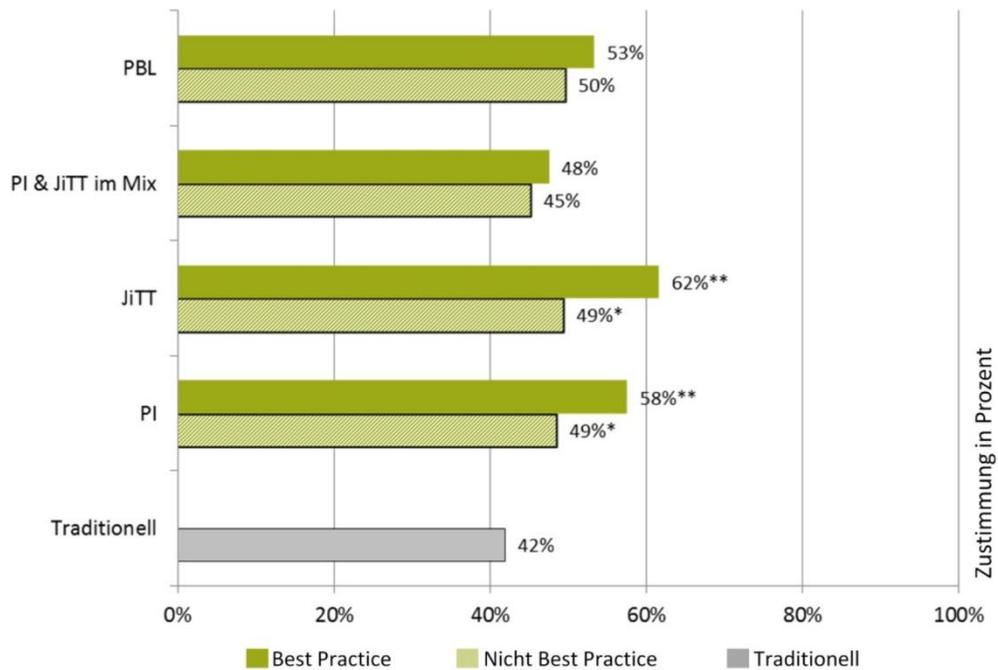


Abbildung 13: Studiumscommitment in Abhängigkeit von der Lehrmethode (Signifikanzniveau ** := 0,01, * := 0,05)

Dabei wird das Studiumscommitment vor allem durch die Verbesserung der Studierzufriedenheit maßgeblich beeinflusst (siehe Tabelle 3²⁰). Darüber hinaus wirken sich aber auch die Steigerung der Methoden- und Fachkompetenz durch den Einsatz aktivierender Lehrmethoden signifikant positiv auf das Studiumscommitment aus.

²⁰ Die Testung des Gesamtmodells erfolgte mittels Multipler Regression mit Einschlussverfahren.

Tabelle 3: Auswirkung des Lehrmethodeinsatzes auf das Studiumscommitment

| | Beta | Beta | Signifikanzniveau | Standardfehler |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------|-------------------|----------------|
| Kompetenz- wahrnehmung | Fachkompetenz | 0,309 | 0,000 | 0,038 |
| | Methodenkompetenz | 0,215 | 0,000 | 0,031 |
| | Kommunikations- kompetenz | 0,045 | 0,108 | 0,028 |
| | Kompetenzerleben | -0,031 | 0,103 | 0,019 |
| | Studierzufriedenheit | 0,385 | 0,000 | 0,027 |
| | R-Quadrat | 0,253 | 0,000 | |

Hingegen scheint eine Verbesserung der Kommunikationskompetenz durch den Einsatz aktivierender Lehrmethoden nur von untergeordneter Relevanz für die Stärkung des Studiumscommitments zu sein. Offensichtlich sehen Studierende, auch wenn sie mehrheitlich der Ansicht sind, durch aktivierende Lehrmethoden auch ihre Kommunikationskompetenz zu erhöhen, darin kein Garant dafür, ihr MINT-Studium erfolgreich(er) zu beenden.

3.2.4.3 Geschlechterspezifische Wirksamkeitsunterschiede

Erwartungsgemäß ergeben sich in Bezug auf die Auswirkungen aktivierender Lehrmethoden signifikante Bewertungsunterschiede im Geschlechtervergleich²¹. Der Effekt, dass Frauen mit den aktivierenden Lehrmethoden zufriedener sind, tritt jedoch nicht allumfassend ein.

²¹ Mit Ausnahme des Geschlechts zeigen sich keine praktisch relevanten Einflüsse soziodemographischer Merkmale auf die Lehrmethodenbewertungen durch Studierende. Weder das Alter noch die erworbene Hochschulzugangsberechtigung oder Auslandserfahrungen führen zu signifikanten Änderungen in den Bewertungen der Lehrmethoden (siehe auch Keller/Köhler 2015).

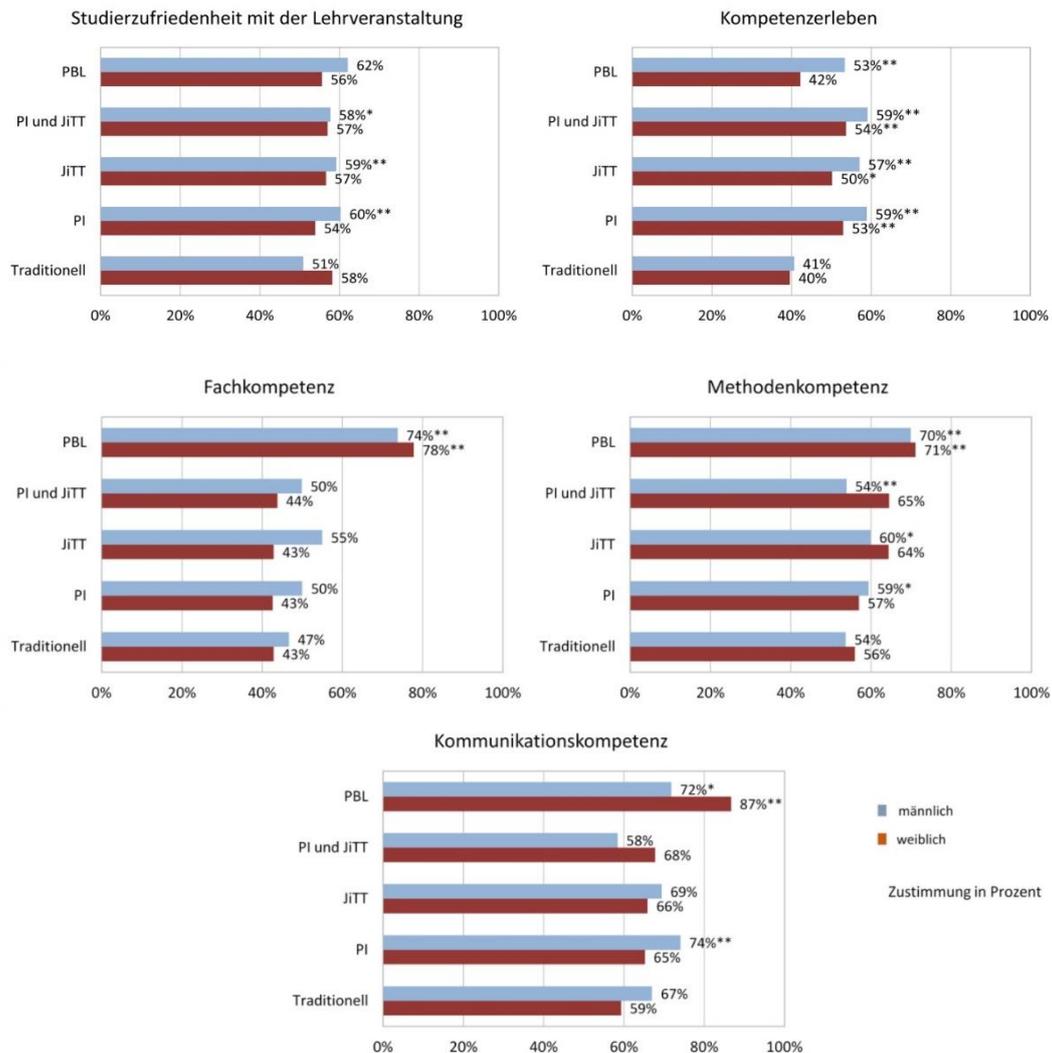


Abbildung 14: Geschlechterspezifische Unterschiede (Signifikanzniveau ** := 0,01, * := 0,05)

So bewerten Frauen in puncto Studierzufriedenheit traditionelle Vorlesungen signifikant besser als ihre männlichen Kommilitonen. Auf der anderen Seite werden gerade die beiden Methoden, die ein soziales Interagieren mit den Kommilitonen erfordern – nämlich Peer Instruction und Problem Based Learning – von Frauen schlechter bewertet; PBL sogar schlechter als traditionelle Vorlesungen. Dafür bewerten Frauen die Methoden Just-in-Time Teaching einzeln und im Mix mit PI etwas positiver. Die Effekte aktivierender Lehrmethoden differieren also abhängig vom Geschlecht.

Hinsichtlich der Kompetenzkonstrukte lässt sich festhalten, dass sich aktivierende Lehrmethoden nach Ansicht der weiblichen Probanden insbesondere auf ihre Methodenkompetenz positiv auswirken. Und auch die Weiterentwicklung der Kommunikationskompetenz profitiert nach Meinung der befragten Studentinnen deutlich von aktivierenden Lehrmethoden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Großteil der aktivierenden Lehrmethoden geschlechterübergreifend positiv bewertet wird; dennoch kommt es bei der Bewertung der Methoden zu signifikanten geschlechterspezifischen Unterschieden. Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Studien mit genderdifferenter Sichtweise auf die Naturwissenschaften (beispielhaft für viele Bessenrodt-Weberpals, 2006; Holstermann & Bögeholz, 2007; Stadler, Duit, & Benke, 2000; siehe auch Du & Kolmos, 2007). Einen möglichen Erklärungsansatz liefert Stadler, Duit, & Benke (2000), der berichtet, dass Männer oftmals die Tendenz haben, Diskussionen bei Gruppenarbeiten zu dominieren – vor dem Hintergrund, dass gerade die Lehrmethoden PI und PBL darauf ausgerichtet sind, den Lehrstoff in Gruppenarbeit und -diskussionen zu erarbeiten, könnte dies eine Erklärung für die auffallenden Geschlechterurteile liefern. Ähnliches gilt für Arbeiten zu Geschlechterdifferenzen hinsichtlich naturwissenschaftlich-mathematischen Selbstvertrauens (vgl. Laws, Rosborough, & Poodry, 1999; Walter 2013; siehe auch Hamilton, 2008).

3.2.5 Fazit

Wie die empirischen Ergebnisse zeigen, führt der Einsatz aktivierender Lehrmethoden in MINT-Fächern zu einer signifikant höheren Studierzufriedenheit und Kompetenzwahrnehmung der Studierenden. Zudem wird deutlich, dass diese Lehrmethoden durch die zeitnahe Rückspiegelung von Wissensstand und Sachverständnis in einem signifikant höheren Kompetenzerleben resultieren und auch die Gewissheit, anstehende Prüfungen erfolgreich bestehen zu können, positiv beeinflussen. Diese Erkenntnisse sind deshalb von besonderer Bedeutung, weil sich im Rahmen der wissenschaftlichen Begleituntersuchung zudem die Vermutung bestätigt hat, dass sich diese lehrmethodeninduzierten Effekte auch positiv auf das Studiumscommitment der Studierenden auswirken. Ausgehend von der Annahme, dass Studierende, welche sich stark an ihren Studiengang gebunden fühlen, eine geringere Wechsel- respektive Abbruchneigung zeigen, besteht hier ein wichtiger Ansatzpunkt für das Bestreben, die Abbruchquoten in MINT-Fächern zu senken.

Hinsichtlich geschlechterspezifischer Unterschiede bleibt festzuhalten, dass weibliche Studierende traditionellen Lehrmethoden grundsätzlich aufgeschlossener gegenüberstehen als ihre männlichen Kommilitonen. Besonders deutlich wird dies anhand der Methode Peer Instruction: Offensichtlich bewerten viele Studentinnen die Kleingruppendiskussionen wenig positiv, obwohl man gemeinhin annehmen würde, dass diese Lehrmethode aufgrund der hohen Kommunikationsanteile von Frauen bevorzugt werden würde. Eine Erklärung hierfür könnte das unterschiedliche Kommunikationsverhalten von Männern und Frauen sein (z.B. Klann-Delius, 2005; Hamilton 2008; Stadler, Duit, & Benke, 2000). Ähnliche Effekte finden sich auch in Schulen, siehe Robertson, 2006.

Generell ist festzustellen, dass der Erfolg derartiger Projekte wesentlich davon abhängt, wie beratungsoffen sich die Professorenschaft hinsichtlich der Umstellung und Durchführung von Lehrveranstaltungen zeigt, und wie hoch ihre

Bereitschaft ist, über ihre Veranstaltungssettings mit Fachdidaktiker*innen (aus der Projektgruppe) zu diskutieren. Die Feedbackgespräche offenbarten, dass Professor*innen die Variation des Lehrkonzepts aus der Überzeugung heraus vornehmen (wollten), dass ihr Vorgehen gut für die Studierenden sei (siehe zur Relevanz der Einstellung von Lehrenden Pundak et al. 2009; Prosser/Trigwell 2006). Oftmals wurde erst im Austausch mit den Projektmitgliedern erkannt, wie wichtig es ist, die Lehrmethode konzeptnah umzusetzen, und dass Studierende die Experimentierfreudigkeit der Dozierenden in den seltensten Fällen honorieren. Im Gegenteil: Die Studierenden zogen in den meisten Fällen konzeptnahe Varianten einer unsystematischen Vermischung traditioneller und aktivierender Lehrmethoden vor (siehe Kapitel 4.3.4.2).

Rückblickend war im Zuge der Lehrveranstaltungsumstellung der punktuell stattfindende kollegiale Austausch auf Professorebene sehr wertvoll. Dieser ermöglichte nicht nur ein gemeinsames Reflektieren der Vor- und Nachteile der jeweiligen Methoden, sondern wirkte mancherorts auch als Motivator für andere Dozierende, ihre Lehrveranstaltung ebenfalls umzustellen. Teilweise wurden diese sogar von benachbarten Fakultäten sowie in einem Fall von einer Nachbarhochschule adaptiert. Auch zeigte sich, dass die Notwendigkeit der Methodenerklärung für Studierende sowie die Einhaltung des Constructive Alignment Biggs J. , 1999, d.h. die Ausrichtung von Prüfungsform und Prüfungsinhalten auf die neue Lehrmethode, von den Dozierenden eher angenommen und als notwendige Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung akzeptiert wurde, wenn diese Empfehlung von Seiten der Professorenschaft formuliert wurde.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass auch hoch motivierte und engagierte Dozierende Zeit brauchen, um beim Einsatz neuer Lehrmethoden Routine zu entwickeln. Dies gilt insbesondere für die Formulierung geeigneter Fragestellungen im Rahmen der Methode Peer Instruction. Der professionelle Einsatz aktivierender Methoden benötigt eben diese Routine und Erfahrung, da diese nicht nur eine Umstellung der Vorlesungsform erfordern, sondern auch eine entsprechende Anpassung der Lehrmaterialien und Prüfungen (siehe zur Bedeutung des sogenannten Constructive Alignment z.B. Biggs 1999; Walzik, 2012; Wildt & Wildt, 2011). Gerade an Fachhochschulen, wo der Mittelbau weitgehend fehlt, bedeutet dies zu Beginn der Lehrveranstaltungsumstellung einen erheblichen Mehraufwand für die Dozierenden. Die Hemmschwelle, eine derartige Lehrveranstaltungsumstellung vorzunehmen, ist im Lehralltag ohne Unterstützung durch eine Projektgruppe entsprechend hoch. Die signifikant positiven Wirkungszusammenhänge zwischen eingesetzter Lehrmethode, Studierzufriedenheit, Kompetenzerleben und Studiumscommitment der Studierenden sowie die intensive Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden machen jedoch deutlich, dass sich der Aufwand für beide Seiten lohnt.

3.2.6 Interpretationsgüte der Ergebnisse und Limitationen

Vor dem Hintergrund der Projektgegebenheiten sind einige Aspekte bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Zum einen kann nicht ausgeschlossen werden, dass es aufgrund der Selbstselektion der Dozierenden zu einem Bias bei der Umsetzung der Lehrmethoden gekommen ist: Die teilnehmenden Professor*innen meldeten sich freiwillig zur Teilnahme an dem Projekt und zwar sowohl für Lehrveranstaltungen, welche mit traditionellen Lehrmethoden gestaltet wurden (Kontrollgruppe) als auch für Lehrveranstaltungen, in denen die neuen Lehrmethoden Einsatz fanden. Unterstellt man diesen Dozierenden, dass sie sich in besonderem Maße für gute Lehre interessieren, könnte dies bedeuten, dass die jeweiligen Lehrveranstaltungen keine Spiegelung der durchschnittlichen Vorlesungen oder Seminare darstellen. Darüber hinaus müssen durch die Aggregation über alle Fächergruppen hinweg fachspezifische Gegebenheiten vernachlässigt werden; dies verringert die Genauigkeit der Aussagen, da nicht sichtbar wird, ob die jeweiligen Lehrkonzepte in unterschiedlichen Fächern unterschiedlich stark wirken.²²

Wie bereits ausführlich dargelegt wurden zudem die Lehrkonzepte von einigen Professorinnen und Professoren bei ihrem Einsatz erheblich variiert. Sofern dies in Rücksprache mit dem Projektteam geschah, konnten diese Änderungen im Mitarbeitendenfragebogen dokumentiert werden. Erfolgte die Variation jedoch direkt in der Lehrveranstaltung, war es für die Projektmitglieder nur dann erkennbar, ob die Lehrmethode konzeptnah umgesetzt wurde, wenn sie die Erlaubnis des Dozierenden hatten, der Lehrveranstaltung beizuwohnen.²³

Die gewonnenen Ergebnisse sind vor diesem Hintergrund zu sehen und zu interpretieren.

²² Ein Indiz hierfür könnte die Tatsache sein, dass nicht alle Lehrmethoden gleich häufig in den Fächergruppen eingesetzt werden (siehe Kapitel 3.1).

²³ Von manchen ProfessorInnen war es ausdrücklich nicht erwünscht, dass die zuständigen Fachdidaktiker*innen der Lehrveranstaltung beiwohnten.

Anhang

| | Hochschule 1 | Hochschule 2 | Hochschule 3 | Hochschule 4 | Hochschule 5 | Hochschule 6 | Hochschule 7 | Σ |
|-------------|----------------------------------|----------------------------|--|---|---------------------------------|--|---|-----|
| SoSe 13 | | | Naturwissen- schaft (3x) 3 | Technik Informatik (2x) 3 | Technik 1 | Naturwissenschaft Informatik 2 | Mathematik (4x) Naturwissen- schaft (8x) Informatik (2x) 14 | 23 |
| WS 13/14 | | Mathematik 1 | Technik 1 | Technik (3x) Informatik (3x) 6 | Technik (5x) 5 | Naturwissenschaft (4x) Mathematik 5 | Informatik (3x) Mathematik (2x) Naturwissen- schaft (3x) 8 | 26 |
| SoSe 14 | Natur- wissen- schaft 1 | Technik (2x) 2 | Naturwissen- schaft (3x) Mathematik 4 | Technik (2x) Informatik (2x) 4 | Technik (3x) 3 | Naturwissenschaft (2x) Informatik 3 | Technik (2x) Informatik (3x) Naturwissen- schaft (3x) 8 | 25 |
| WS 14/15 | | Mathematik 1 | Naturwissen- schaft (2x) Technik 3 | Informatik 1 | Informatik Technik (2x) 3 | Naturwissenschaft (3x) Mathematik 4 | Informatik (9x) Mathematik (2x) Naturwissen- schaft (2x) 13 | 25 |
| SoSe 15 | Technik 1 | Technik Mathematik 2 | Naturwissen- schaft 1 | Technik 1 | Technik Informatik (2x) 3 | Mathematik Informatik 2 | Informatik (4x) Mathematik (2x) Technik 7 | 17 |
| WS 15/16 | Technik 1 | Mathematik 1 | Naturwissen- schaft 1 | | Informatik (3x) 3 | Naturwissenschaft (3x) Mathematik 4 | Wirtschafts- mathematik (3x) Informatik (2x) 5 | 15 |
| SoSe 16 | Technik 1 | | Technik 1 | | | | | 2 |
| Σ | 4 | 7 | 14 | 15 | 18 | 20 | 55 | 133 |

3.3 Implementation and Evaluation of Teaching Strategies based on Learning Research in an Introductory Computer Science Course²⁴

Rohr, Stefan; Köhler, Thomas; Kämper, Andreas; Walter Claudia (2016): Implementation and Evaluation of Teaching Strategies based on Learning Research in an Introductory Computer Science Course. ECSEE 2016, S. 169-184.

Abstract. Constructive alignment provides a concept based on learning research for the design and revision of courses. In this study, we report on such a revision of the programming part of an introductory Computer Science course. First, we formulated learning objectives for the entire course as well as for the individual lectures. Based on these objectives, we selected the most suitable teaching methodologies (or combinations thereof) for each individual topic in order to derive detailed teaching plans for all lectures. For evaluation we performed an analysis of the technical, methodical, and social competences as well as the overall study satisfaction. The results indicate that study satisfaction and technical competence with the revised course are at least retained while methodical and social competences increase significantly. An established model from social sciences indicates that all three competences have a highly significant positive influence on the study satisfaction with the revised course.

3.3.1 Introduction

Within the context of the reform of study programs, many concepts, such as the description of learning outcomes as well as an emphasis on competences, have been introduced. In addition, there is some evidence that learner-centered teaching methods can be more effective than classical teacher-centered approaches (Hake R. R., 1998); (Deslauriers, Schelew, & Wieman, 2011). During the transition towards learner-centered techniques, more and more lecturers deal with the “paradigm shift from teaching to learning” (Davies, 1998). As a consequence, many courses were revised accordingly.

The revision and often even redesign of courses is supported by a number of concepts from teaching and learning research. Among these concepts, constructive alignment (Biggs & Tang, 2011) is one of the most central ones and will be further explained in Section 2. For short, constructive alignment is a principle where learning objectives, the teaching and learning activities, and the examination are harmonized to match to each other (Fig. 15).

²⁴ Zweitautor

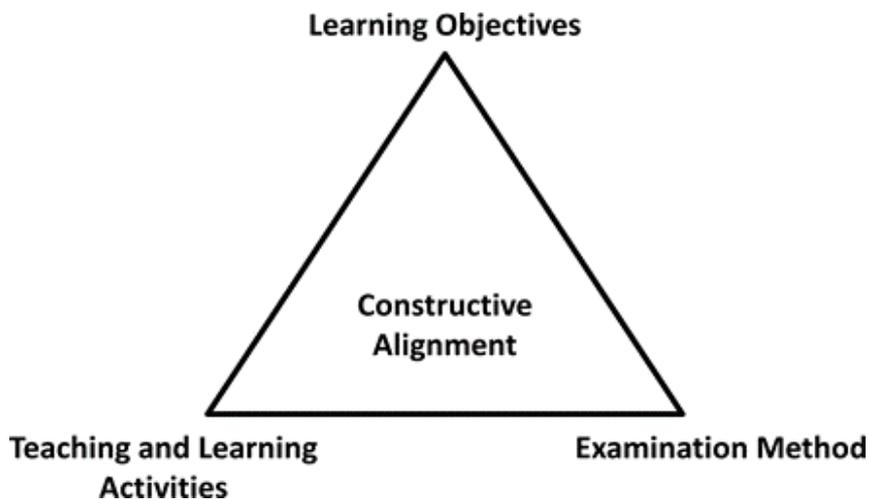


Abbildung 15: Constructive Alignment (Biggs & Tang, 2011).

In this work, we describe the revision of the introductory course „Computer Science for Engineers“. Driving force for this revision was the observation that both the motivation and the commitment of students were low. Furthermore, also the performance in the examination was poor. These factors combined lead to an overall dissatisfaction of the lecturer. To remedy these problems, the entire course was revised by the introduction of activating teaching methods in order to better involve students into the lecture. As a consequence, we hoped to obtain better learning outcomes and better study satisfaction. In particular, we expected that the students themselves experience that they get more competent step-by-step continuously throughout the entire course. In addition, towards more emphasis on competence, we wanted to promote not only professional competences but also methodical, social, and personal competences.

3.3.2 State of the Art

As outlined in the introduction, in constructive alignment (Biggs & Tang, 2011) learning objectives, the teaching arrangement and the learning of students including self-study phases as well as the examination should be harmonized to each other (Fig. 15). For the lecturer this implies that on one hand learning objectives guide the teaching and learning activities, i.e. the instructional setup including the students' own work. On the other hand learning objectives are mirrored in the exam. Therefore, students get guidance on what they have to learn in a transparent fashion. This enhances understanding for contents and methodologies and, under optimal conditions, also stimulates the students' motivation to learn. This further implies that learning objectives have to be developed and formalized early on in the process of course design. In a subsequent step, teaching activities and examination method can be conceptualized, taking in mind that they have to match as well. Constructive alignment has two aspects (Biggs & Tang, 2011):

1. The term constructive: Students have to work actively to process new content and to arrange it into their brain structure (constructivism).

2. The term alignment: Besides the harmonization of learning objectives, teaching and learning activities, and examination method described above, there is also a focus on deliberate planning of lectures with respect to educational methods that are best suited. In particular, teaching settings have to be provided and teaching plans have to be conceptualized that allow students to reach the desired competence levels and processing depths.

Basis and starting point for the present study is the formulation of learning objectives that clearly describe the depth and the level of detail the students have to deal with regarding the contents. Learning objectives are often formulated according to the competence level (Weinert, 2002). Often the six-stage taxonomy of educational objectives by Bloom et al. (1956) is used. In this work, however, we use a simpler three-stage learning objective scale introduced by Mandl (2011). The three competence levels are:

1. Knowledge. Acquired knowledge can be named, described, and defined.
2. Understanding. Knowledge can be critically questioned and/or assessed; relations and effects can be commented on.
3. Ability. Acquired knowledge and skills can be transferred, fragmented, combined, and inserted into other contexts.

This scale is combined with four different competence areas (Turner, Böttcher, & Kämper, 2014):

1. Technical competence. Which knowledge and contents should be acquired?
2. Methodical competence. Which methods and procedures should be acquired? Sometimes referred to as practical competences including cognitive competences such as abstract and analytical thinking.
3. Social competence. Which soft skills, social competences for the interaction with fellow human beings, should be acquired?
4. Personal competence. Which skills in dealing with the own person, the way to express yourself, and attitudes should be acquired?

As proposed by Mandl (2011), the combination of the three competence levels with the four competence areas results in the matrix of learning objectives (table 4). With only three competence levels of the Mandl-scale, this matrix contains 4x3 elements. This is easier to handle than 4x6 elements when the Bloom taxonomy is used instead.

Tabelle 4: General layout of the matrix of learning objectives of Mandl [7].

| | | Competence level | | |
|-----------------|-----------------------|---|---------------|---------|
| | | Knowledge | Understanding | Ability |
| Competence area | Technical competence | Learning objective 1 Learning objective 2 ... | ... | ... |
| | Methodical competence | . | . | . |
| | Social competence | . | . | . |
| | Personal competence | . | . | . |

This study is related to work by Brabrand and Dahl (2007) and (2009). In (Brabrand & Dahl, 2009) these authors used constructive alignment and the SOLO taxonomy („Structure of the Observed Learning Outcome") by Biggs and Collis (1982) to analyze 5608 competences originating from 734 courses taught at science faculties of two Danish universities. Brabrand and Dahl describe their process similar to the one proposed in this work in detail (Brabrand & Dahl, 2007): They first thought carefully about the overall goals of a course, then operationalized these goals and aligned them to the form of examination as well as the form(s) of teaching. In subsequent work (Brabrand & Dahl, 2009) these authors show that competences in Computer Science are at a higher SOLO level than those of natural sciences and mathematics: Competences relevant for programming such as „implement" or „design" account for 15% of all competences in Computer Science while they have a frequency of 1% or less for natural sciences and mathematics.

3.3.3 Motivation and Goals

Before the revision described in this work took place, the teaching methodology had some limitations that we wanted to address. A part that was always praised by the students was the selection of practical engineering-specific problems throughout the course. However, so far the primary focus was put on technical competence on the levels „Knowledge" and „Ability". Instruction was done by a variation of the classical teacher-up-front style: The lecturer explained step-by-step the theoretical basics and their applications in an algorithm or in code. There was not much activation of the students as they mainly had to take notes and typewrite program codes. In short, no teaching methods were used that pushed the students towards the desired learning objectives:

- students are able to analyze ... ,
- students are able to represent ... structurally, and
- students are able to solve

Also, constructive alignment was not realized in the course: The teaching methodology did neither match the learning objectives nor the examination methodology.

3.3.3.1 Goals of the Overall Revision Process

Following constructive alignment, the first goal was the development and formulation of learning objectives. Our aim was to do this in two granularities: (1) overall learning objectives for the entire programming part of the course as well as (2) detailed learning objectives for every single lecture. Based on the learning objectives, a second goal was the development of a concept for a detailed course of action for each lecture. Combined with this step, and the third goal, was the subsequent selection of an optimal teaching methodology (or a sequence of several methods) for each individual topic in each lecture. As a result, we aimed at obtaining a detailed teaching plan for each lecture.

3.3.3.2 Goals of the Evaluation

The final goal of the study was the evaluation of the entire programming module of the course using techniques for student self-assessment backed up by a model from social sciences. In particular, within the evaluation we wanted to address four research questions:

1. Is the students' gain in technical competence retained?
2. Do the students gain social and methodical competence?
3. Are the students more satisfied with the revised course?
4. Which competence areas contribute to the overall study satisfaction?

3.3.4 Methodology

3.3.4.1 Instructional Setup

The introductory course „Computer Science for Engineers" in the Faculty of Architecture and Civil Engineering is mandatory for every student in the Civil Engineering (B.Eng.) program of the department. The course is worth five credit points and is split between the first and second semester. Its presence time is equivalent to four lecture hours per week. The contents of the course are divided into 25% spreadsheet processing, 25% computer-aided design, and 50% programming. There is a written final exam at the end of the second semester. The implementation of novel teaching strategies presented in this work took place in the programming part of the course in the second semester only. This part of the course is taught in three lecture units of 180 minutes each. Visual Basic for Applications (VBA) as available within Microsoft Excel is used as programming language. The course takes place in a classical computer lab with fixed row seating and a capacity of 24 students (4 rows with 6 seats each) equipped with one personal computer per student.

3.3.4.2 Formulation of Learning Objectives

Starting point for the revision of the programming part of the course were the officially stated learning objectives from the module description. This document states the overall learning objective as follows: "Students have the ability to analyze practical engineering-specific problems, to map these problems to standard software in a structured fashion, and to solve these problems." Finer-grained learning objectives have not been formulated beforehand. Instead, the module description only states course contents: " (1) algorithmization of typical engineering problems, (2) development and representation of procedural structures, (3) implementation in a high-level programming language, and (4) basics of object oriented programming."

The learning objectives from the module description are way too general. In order to obtain detailed learning objectives, they were revised with the help of the matrix of learning objectives. A special focus was put on the methodical competence and the competence level \understanding. This decision was based on the overall learning objectives stated in Section 3. To our understanding, on the levels "Knowledge" and "Ability" neither an analysis of a problem nor the implementation of code in a programming language is feasible. Also the technical competence is not enough. Students must be proficient in methods and procedures of program development in order to deal with such problems.

3.3.4.3 Selection and Implementation of Teaching Methods

For the novel teaching strategy most suitable activating teaching methodologies were selected that match to the learning objectives. In the following we provide some remarks on the teaching methods we essentially used.

Start of lecture: Activation of existing knowledge. Existing knowledge is activated in order to ease the students' entry into the module. Students can combine existing knowledge with new information of the lecture (elaboration strategies from learning strategy research). From the second lecture on, students have to look into last lecture's notes in the first minutes in class. They then have to think whether they understood the material or whether there are still open questions. It follows a class-discussion guided by questions on the most important insights of the last lecture. The start phase is concluded by the feedback of the lecturer on last lecture's one-minute paper.

Teaching methods with focus on the competence level „Knowledge": Teacher-centered teaching. During the selection of teaching methods also their time requirements were considered. The revision of the course should preserve the bandwidth of the contents. For the competence levels "Knowledge" and, at least partially "Ability", teacher-centered teaching is a suitable method to introduce novel content and explain theory in short time using computer and projector

and/or a blackboard. Every teacher-centered teaching activity is usually limited to 15 minutes, with a hard limit at 30 minutes.

Teaching methods with focus on the competence level „Understanding“. We took care that learning objectives match to the correct competence level. When targeting learning objectives such as "analyze", "structurize", or "algorithmize", students had to actively do exactly these actions. In an optimal case, the achievement of learning objectives can be observed by the lecturer during class. In our case, this happens in teamwork and team programming. The advantage of these cooperative teaching techniques is that students gain a higher competence level. The reason is that due to the communication about technical content this content is „fixated“ in the brain.

Teaching methods with focus on personal competence. In this area we use the teaching methods buzz group and class-discussion guided by questions. In the latter the lecturer collects results on the blackboard and asks open questions. Students have to state reasons for their opinions.

End of lecture: One-minute paper. Every lecture ends with a one-minute paper to obtain feedback from the students. This also helps them to write down technical terms and to recapitulate knowledge to "deepen" it in their brains.

3.3.4.4 Evaluation Method

In order to analyze whether the students' competencies are promoted and the study satisfaction is enhanced due to the revised course, we used a measurement instrument by Hofmann and Köhler (2013). This instrument is, at first, a questionnaire that records the students' self-evaluation of their technical, methodical, and social competences as well as the study satisfaction with the lecture. An example where this measurement instrument is used this way can be found in these proceedings (Kämper, Böttcher, & Köhler, 2016).

A second part of the measurement instrument is an underlying social sciences model (Hofmann & Köhler, *Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT-Fächern*, 2016) providing an assessment of the contributions of the different competences to the study satisfaction. The relevant part of this model is shown in Fig. 16. Questionnaire and model were originally developed for the project „HD MINT“ (Hoechstetter, et al., 2014) and are suitable for comparison of different courses, in particular of those where activating teaching methods are used. Because personal competence is of less relevance for „HD MINT“ this competence is not assessed. The two necessary measurements take place at the beginning and the end of the programming part of the course.

3.3.5 Results and Discussion

3.3.5.1 Detailed Learning Objectives as Foundation of the new Teaching Strategy

The result of the initial step, the formulation of the overall learning objectives for the entire course, according to the revised learning objective matrix after Mandl, is shown in Table 5. Taking the overall learning objectives as a start, for every lecture and every thematic module fine-grained learning objectives have been derived. Table 6 shows the learning objective matrix of the first lecture as a representative.

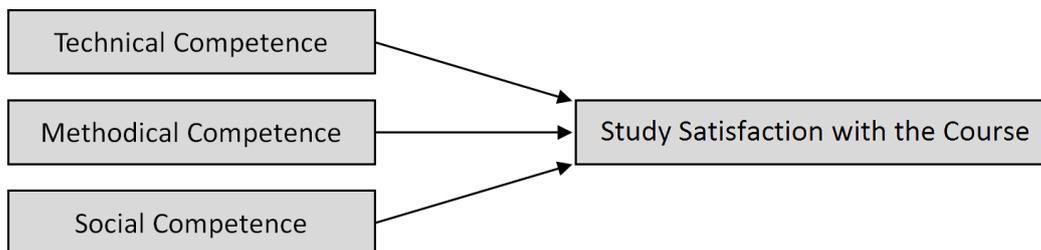


Abbildung 16: Model in accordance with Hofmann and Köhler [14] describing the interdependency of competences and study satisfaction when actiating teaching methods are introduced.

3.3.5.2 Detailed Teaching Plans

The result of the novel teaching strategy based on selected teaching methods were detailed teaching plans for each lecture. The teaching plan for the first programming lecture as a representative example is shown in Tables 7 and 8. A teaching plan forms sort of a basic layout of a lecture. Of course this plan has to be adjusted to the actual real-time situation if necessary. For instance, if in a lecture an element takes more or less time than anticipated, it is up to the experience of the lecturer to adapt to the new situation. In some cases, some parts have to be shifted between lectures.

3.3.5.3 Evaluation

In summer term 2015, 59 students were questioned of whom 29 were taught in a conventional fashion in two study groups and 32 with the revised teaching plan including interactive methods in another two study groups. In winter term 2015/16, 73 students in four different study groups were questioned who all were taught with the novel teaching methods. In both terms all Civil Engineering students were grouped according to the alphabetical order of their family names. Individual study groups had 13 to 22 participants.

Students who participated in summer term 2015 did not rate the revised course significantly better or worse than the conventional course. However, in the next winter term 2015/16 effects of the revision are clearly observable (Fig. 17). The

revised course gets better scores by the students, in particular in the social and methodical competences. Among the four study groups, this result was significant in study groups 1 and 2 with respect to methodical competence and in study group 2 with respect to social competence. Furthermore, the study satisfaction with the revised course was better than with the unrevised one. This difference was significant in study group 2. The technical competence, however, seems not to be affected by the revised teaching methodology and stays constant in all groups and semesters.

Tabelle 5: Matrix of learning objectives of the entire programming module of the course.

| | | Competence level | | |
|-----------------|-----------------------|--|--|---|
| | | Knowledge | Ability | Understanding |
| Competence area | Technical competence | Students name fundamental data processing terms, e.g. key words and terms from object-oriented programming. Students write down the syntax of key words and state their functionality. | On the basis of given solutions, the students map engineering-specific problems in standard software in a structured fashion. Students write procedural and object-oriented source code in correct syntax. | Students analyze typical engineering problems and algorithmize these problems in a structured fashion in standard software in order to solve them. |
| | Methodical competence | Students operate the fundamental functionality of the GUI of a standard software. Thus, they press the correct control element in order to trigger an existing method. | Students operate the VBA development environment in order to enter working source code. They apply debugging tools. They sketch procedural structures graphically in a flowchart. | Students work in a structured fashion. They identify formal parameters and return values in a given problem specification. For a given problem, students develop a flowchart and implement source code. Students debug their source code in order to find and fix bugs. |
| | Social competence | — | Students apply methods of group formation. They try team-work and individual work and work in groups in a solution-oriented fashion. | — |
| | Personal competence | Students use technical terms in their own (spoken) language. They state advantages of teamwork over individual work. | Students communicate with other students and the lecturer and explain known facts clearly and precisely using technical terms and obeying German language rules. They work carefully and thoroughly. | Students cope with frustration and demonstrate responsibility in a problem-solving process. They give reasons for their decisions using technical terms. |

Tabelle 6: Matrix of learning objectives of the first thematic module (first lecture).

| | | Competence level | | |
|-----------------|-----------------------|---|---|---|
| | | Knowledge | Ability | Understanding |
| Competence area | Technical competence | Students name the following technical terms: <i>Sub procedure, control element, command button, object, property, event, method For...Next loops (Iterations) including their graphical representation in a flowchart.</i> Students state the following key words, their respective syntax and their functionality: <i>SUB, CELLS, RANGE, CLEARCONTENTS, FOR, NEXT, EXIT- FOR</i> | Students insert a control element (i.e. an object), modify its properties, and via a standard event assign a method. They program the following control structures: (1) For...Next loop, (2) deletion of a range of cells, and (3) data input and output with CELLS | Students choose between SUB and FUNCTION depending on the situation. They give reasons for their decision. They analyze new objects with respect to properties, events, and methods. They analyze unknown problems and solve them |
| | Methodical competence | Students operate the integrated development environment for VBA within Excel in order to create a Sub procedure and insert a control element | Students operate the VBA development environment in order to input an executable Sub procedure that represents a method to a control element. With professional guidance, students draw a flowchart. Students apply object-oriented methods in context of data processing | Students create objects in context of data processing |
| | Social competence | Same as in Table 5. | Same as in Table 5. | Same as in Table 5. |
| | Personal competence | Same as in Table 5. | Same as in Table 5. | Same as in Table 5. |

Tabelle 7: Detailed teaching plan of the first lecture lasting 180 minutes (part 2).

| Duration (minutes) | Topic | Method (detailed contents where required) |
|--------------------|---|--|
| 10 | — | Buzz group on the question “is CELLS an object, a method, a property, or an event?” |
| 10 | Method of an object. Example: Multiplication of two numbers | Teacher-centered teaching with computer and projector. Explanation of the CELLS() property as write- and read-property of a WORKSHEETS object. Explanation what happens only, not what it is! |
| 15 | Same as above | Teamwork. Class discussion guided by questions. Same problem as above: Multiplication. Short discussion of the solution. |
| 10 | Difference between function and sub- procedure | Teamwork. Class discussion guided by questions. Speakers of three groups state their results; collection of results on the board. Teamwork on the question “what are three major differences between a function and a sub- procedure?”. Collection of results. During the collection, students’ results were questioned. Students have to justify their results. |

| | | |
|----|--------------------------------------|--|
| 15 | RANGE as additional object | Teacher-centered teaching with computer and projector. Methods that we can program ourselves; methods that are inherent to objects. The dot as separator between an object and its methods and properties. RANGE("A1:C3").Clear Contents as method that can be applied on the RANGE object. |
| 30 | Same as above | Teamwork. Class discussion guided by questions. Speakers of three groups demonstrate their results. Groups work on the problem "figure out, which other properties, methods and events are available for (a) RANGE and (b) COMMANDBUTTON, and how they can be accessed or modified, respectively. Develop a small program that does this." One group presents its results and gives reasons for them; other students take part. In doing so, students analyze new objects with respect to their properties, events, and methods. In addition, they analyze a problem and solve it. |
| 5 | Recapitulation of the entire lecture | One-minute paper with the question "what didn't you understand about today's lecture? Please provide a detailed answer. The answer 'everything' means 'nothing'!" |
| — | END OF LECTURE | |

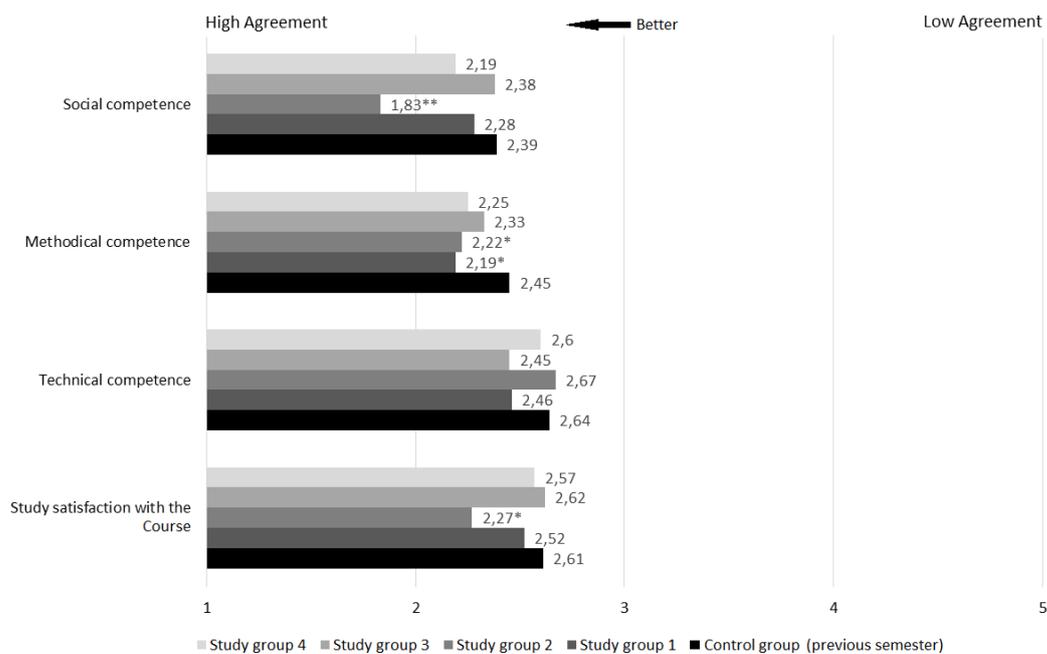


Abbildung 17: Comparison of the traditional course with the course employing the revised teaching methodology in winter term 2015/16. Displayed are means of the students' self-assessment regarding competences and study satisfaction. The smaller the value, the better the students assess themselves: 1 = agree absolutely up to 5 = disagree absolutely. Significance level with respect to the control group: ** highly significant ($\alpha = 0.01$), * significant ($\alpha = 0.05$).

The effect that changes in competences and study satisfaction were observable only after some time might be due to the time needed by the university teachers to get familiar with the novel teaching methodology. This is in agreement with observations from the project "HD MINT" that, when switching to a different teaching methodology, better and more stable effects are often first visible after three semesters (Hofmann & Köhler, Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT-Fächern, 2016).

The measured difference between the four study groups in winter term 2015/16 regarding their social competence and study satisfaction was also subjectively perceived by the lecturer during class. In particular, study group 2 was easy to "reach". In contrast, the lecturer had the opinion that he put a big intellectual strain on the participants of study group 3. He also observed that in the latter group several students decided to work individually instead of working as a group. An overtaxing with content and the refusal of teamwork might explain the lower satisfaction and lower gain in social competence in this study group. We could not identify any objective reason for the observed differences among the different study groups.

The comparison of the data from the revised course in winter term 2015/16 with data from "HD MINT" indicates that the self-assessment of technical competence does not change when using activating teaching methods (Fig. 18). Despite the fact that activating teaching methods usually need considerable time of the lecture, the technical competence of the students is retained and methodical and social competences are enhanced. The latter might have a positive effect on the study satisfaction. In order to prove this assumption, Table 8 shows the correlation and regression of the social sciences model. The data demonstrates that all competence areas have a strong correlation to study satisfaction with the course. This is particularly the case for the social competence. The regression model, however, shows that only social and methodical competences have a significant influence on the study satisfaction – the two competences we wanted to address when switching the teaching methodology.

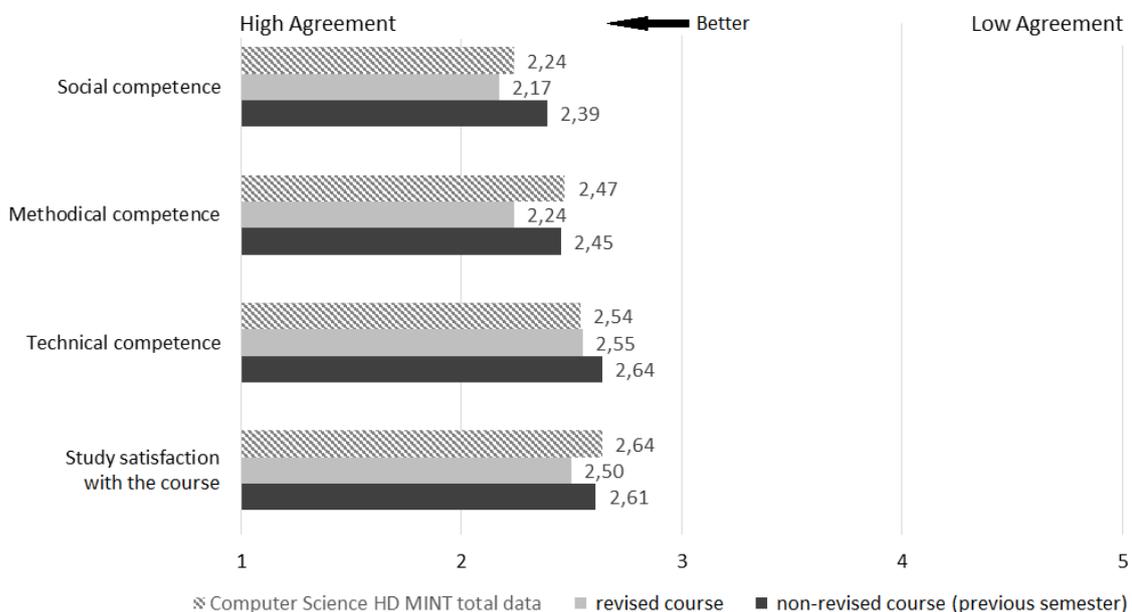


Abbildung 18: Comparison of the revised course (all study groups combined) with results from the project "HD MINT" (Computer Science courses only, N = 1135 students). Displayed are means of the students' self-assessment regarding competences and study satisfaction. The smaller the value, the better the students assess themselves: 1 = agree absolutely up to 5 = disagree absolutely. None of the differences are significant.

Tabelle 8: Interdependency of competences and study satisfaction. Correlation and regression results of the social sciences model. Significant ($\alpha = 0.05$) and highly significant ($\alpha = 0.01$) values indicated by * and **, respectively.

| | Correlation | β of regression model | R^2 of the entire model |
|-----------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|
| Technical competence | 0.435 ** | 0.116 | 0.383 |
| Methodical competence | 0.453 ** | 0.328 ** | |
| Social competence | 0.532 ** | 0.432 ** | |

3.3.6 Summary and Conclusion

In this study we introduced novel teaching methodologies strictly based on constructive alignment for the programming part of the course „Computer Science for Engineers“. In this revision of the course, for each learning objective we designed a short teaching unit and selected the most appropriate teaching method for it. The main results are matrices of learning objectives for the entire programming part of the course and for the individual lectures as well as detailed teaching plans for all the lectures.

Using the scheme of Mandl at first was a challenge. Later, when we got used to this scheme, it became an invaluable tool to gain a deep understanding of the competence areas and competence levels students need to process in order to learn programming.

In order to assess the benefit of the revision of the course, we performed an analysis of the competences and the study satisfaction of the students using a measurement instrument that is the standard measurement instrument at six Bavarian universities of applied sciences. The main findings regarding the students' competences can be summarized as follows:

1. The social competence is higher than in the unrevised course. For one study group this result is highly significant.
2. The methodical competence is enhanced. For two study groups this enhancement is significant.
3. The technical competence remains constant in comparison to the traditionally taught course.

The overall study satisfaction remained about constant for three study groups but was significantly enhanced for one group. All three competences (social, methodical, and technical) have a highly significant positive influence on the study satisfaction. The revised course gets similar, if not better, results with respect to competences and study satisfaction in comparison with other Computer Science courses analyzed in the project "HD MINT".

All in all the results indicate a noticeable improvement of the course. Thus, we will continue teaching the course in its revised form. Since all the teaching plans are available, they form an ideal basis for further optimizations of the lectures. The introduction of additional changes of teaching methods for individual topics of the lectures can now be performed with ease. In addition, we want to continue the

evaluation in the forthcoming semesters to study these optimizations as well as the effects of a lecturer becoming more and more used to novel teaching methodologies.

Acknowledgment

This work was funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), grants no. 01PL12023B and 01PL12023F „HD MINT“, under the program of “Qualitätspakt Lehre” („Teaching Quality Initiative”).

3.4 Vergleich der Anwendbarkeit von PBL in verschiedenen MINT-Fächern²⁵

Keller, U.; Köhler, T. (2016): Vergleich der Anwendbarkeit von PBL in verschiedenen MINT-Fächern. Zeitschrift für Hochschulentwicklung 2016, 11 (3), 153-172.

Zusammenfassung

An sechs bayerischen Hochschulen soll angesichts hoher Studienabbruchquoten in den MINT-Fächern die Lehre durch den Einsatz wissenschaftsbasierter Lehrmethoden (wie problembasiertes Lernen (PBL), Peer Instruction (PI) und Just in Time Teaching (JiTT)) verständnis- und kompetenzfördernder gestaltet werden. Insgesamt wurden über fünf Semester 5.465 Studierende mit standardisierten Fragebögen befragt. PBL zeigt sich anderen aktivierenden Lehrmethoden ebenbürtig, ist allerdings ohne strukturelle Unterstützung seitens der Hochschule nur mühsam umzusetzen.

Schlüsselwörter

PBL, MINT, Implementierung, Kompetenzen

Applicability of problem-based learning in different STEM subjects

Abstract

At six Bavarian universities, activating teaching methods such as Peer Instruction (PI), Just-in-Time-Teaching (JiTT) and Problem-Based Learning (PBL) were established to promote understanding and to minimize high dropout rates in the STEM subjects. In the current study, a total of 5,465 students were questioned over 5 semesters using standardized questionnaires. Although PBL is equivalent to other activating teaching methods, it is difficult to implement with the current lack of structural support from the universities.

Keywords

Problem-based learning, STEM, implementation, competences

3.4.1 Stand der Forschung

Der Qualität in der Lehre und verbesserten Studienbedingungen wird immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt, nicht zuletzt durch die Förderung von 186 Hochschulen im Rahmen des Förderprogramms „Qualitätspakt Lehre“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Durch dieses Programm

²⁵ Geteilte Erstautorenschaft

erhalten die Hochschulen Unterstützung bei der Qualifizierung bzw. Weiterqualifizierung ihres Personals sowie bei der Sicherung und Weiterentwicklung einer qualitativ hochwertigen Hochschullehre. Qualität in der Lehre zeichnet sich u.a. durch eine Abkehr von der Instruktionsdidaktik hin zu einer lernbegleitenden Didaktik aus. Dazu werden verschiedene neue Lehr-/Lernkonzepte forciert, die das eigenständige Lernen im Sinne eines konstruktivistischen Lernansatzes (Duit, 1995) unterstützen. Das problembasierte Lernen (PBL) ist eine dieser Methoden. PBL steigert nachweislich Kompetenzen wie Teamwork, Konflikt- und Problemlösefähigkeiten, Selbststeuerung und einen Wissenstransfer. Nachhaltiges und interdisziplinäres Denken wird forciert (Weber, 2007; Woods D., 2000). Die Studierenden erleben durch diese didaktische Methode ihr Lernen aktiv, selbstverantwortet und selbstgesteuert.

PBL ist weltweit im Einsatz und bietet im Bereich aktivierender Lehr- und Lernformen viele Möglichkeiten und Chancen in der Ausbildung an den Hochschulen. Im Gesundheitsbereich ist PBL schon seit den 60er Jahren etabliert (Colliver, 2000). Die kanadische McMaster University hat ganze Ausbildungszweige im medizinischen Bereich nach dieser Methode ausgerichtet (Neville & Norman, 2007). Auch in den deutschsprachigen Ländern wie Österreich, Schweiz und Deutschland spielen die Gesundheitsberufe bezogen auf den Einsatz von PBL eine Vorreiterrolle (Zumbach & A., 2007). In den Niederlanden ist PBL in allen Studiengängen der Universität Maastricht im Curriculum fest verankert (Moust, Berkel, & Schmidt, 2005). In Deutschland setzen verschiedene Hochschulen z.B. in Köln oder Witten-Herdecke PBL in reformierten Medizin-Studiengängen ein (Koneczny, et al., 2003). In den medizinischen Studiengängen darf PBL gegenüber traditionellen Lehrmethoden als wesentlich effektiver eingestuft werden: Die Studierenden haben nicht nur bessere Abschlüsse, sondern auch eine kürzere Studienzeit (Schmidt, et al., 2010).

Ausgehend von der medizinischen Ausbildung wurde PBL auch von anderen Ausbildungsbereichen übernommen (Savery, 2006). Die Universität in Aarlborg setzt PBL in der ingenieurwissenschaftlichen Fakultät ein (Shinde & Kolmos, 2011), die finnischen Universitäten in Lahti und Turku haben die Studiengänge Mechatronics und Informationstechnologie umgestellt (Lathinen, 2005; Roslöf & Tuohil, 2005), die Universität in Leicester setzt PBL in der Physik ein (Raine & Symons, 2005).

PBL erfordert nicht nur von den Studierenden ein Umdenken, sondern auch von den Lehrenden. Diese verfügen zwar über sehr gute inhaltliche Fachkompetenzen, ihre didaktischen Fähigkeiten beruhen aber weitgehend auf ihren bisherigen Erfahrungen mit traditionellen Unterrichtsmethoden. Um die Lehrenden zum Einsatz der neuen Lehr-/Lernkonzepte zu befähigen und diese auch nachhaltig und in der nötigen Qualität zu verankern, wurde das Projekt HD MINT (Hochschuldidaktik Departement für die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik)) ins Leben gerufen (Keller, et al., 2014). In diesem Projekt steht den Dozierenden an sechs bayerischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften (Amberg-Weiden, Augsburg, München, Nürnberg, Rosenheim und Weihenstephan-Triesdorf) im Verbund ein speziell ausgebildetes Team von 20 MINT-Fachwissenschaftlerinnen/-wissenschaftlern und

Pädagoginnen/Pädagogen zur Seite, welches die Dozierenden in ihrer Lehrvorbereitung und -ausübung unterstützt sowie beratend begleitet. Das Team wurde zu Beginn des Projekts vom Zentrum für Hochschuldidaktik (DiZ) umfassend in Lehr-/Lernkonzepten (speziell in den Methoden Peer Instruction (PI), Just in Time Teaching (JiTT), und PBL) geschult, um die Lehrenden in der Anwendung und Durchführung der neuen Methoden sowie bei der Lehr-Lernmaterialerstellung zu beraten bzw. zu unterstützen. Dabei werden die Dozierenden in einem Erstgespräch über die Vorzüge der einzelnen Methoden informiert. Gemeinsam mit dem zu betreuenden Team wird dann eine passende Methode für die Lehrveranstaltung ausgewählt und umgesetzt. Darüber hinaus betreuen die Projektmitarbeitenden Studierende in ihrem Lernverhalten und setzen dadurch zusätzlich auf der Ebene an, die die Lehre erreichen soll, indem sie Veranstaltungen zum persönlichen Lernverhalten, Zeit- und Zielmanagement sowie Tutorenschulungen durchführen. Für die wissenschaftliche Begleitforschung ist das Bayerische Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung (IHF) zuständig und misst, wie wirksam die Lehr-/Lernkonzepte im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden sind (Hofmann & Köhler, 2013).

3.4.2 Beschreibung des Forschungsdesigns

Wie wirksam ist nun PBL im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden bzw. zu anderen aktivierenden Lehrmethoden? Dazu wurden 143 Lehrveranstaltungen in den vergangenen fünf Semestern begleitet und ausgewertet. Die Untersuchung findet unter differierenden Blickwinkeln mit verschiedenen standardisierten Fragebögen statt: Studierende werden zu ihrer Studierzufriedenheit befragt, Dozierende zu ihrer Einschätzung in der Anwendung und Handhabbarkeit der Methoden und das HD-MINT-Team wird zur Umsetzung der Methoden im Sinne einer Außensicht befragt.

Der studentische Fragebogen enthält 96 Fragen, die sich in drei Kategorien zu allgemeinen Studierbedingungen, zur konkreten Lernsituation und zur Einschätzung der Lernmotivation zusammenfassen lassen, und neun Fragen zu soziodemografischen Merkmalen. Die Konstrukte wurden unter anderem auf Basis des Berliner Evaluationsinstruments entwickelt (Braun, 2008).

Die Vorgehensweise basiert auf einem Vorher-Nachher-Vergleich. Die Studierenden werden in Lehrveranstaltungen, die bis dato in herkömmlicher Weise (Frontalunterricht) durchgeführt wurden, jeweils vor und nach der Einführung der neuen Lehrmethode befragt (zu Semesterbeginn und zu Semesterende). Zusätzlich wurden ab Wintersemester 2013/14 ergänzend Dozierendenbefragungen durchgeführt, da zu vermuten ist, dass Dozierende durch die Art und Weise des Lehrmitteleinsatzes die positiven Auswirkungen neuer Lehrmethoden signifikant beeinflussen (Hofmann & Köhler, 2013). Die Dozierenden wurden über Fragebögen nach ihrer eigenen Einschätzung des Lehrmethodeneinsatzes befragt. Hierzu liegen 19 ausgefüllte Fragebögen vor.

Eine Außenansicht auf den Einsatz der Lehrmethoden wird durch die Teams generiert, in dem die Mitarbeitenden des HD-MINT-Teams als Experten für die Lehrmethoden befragt wurden. 24 verschiedene Lehrveranstaltungen wurden so durch die Einschätzungen der Teams in vielen Teilaspekten bewertet. Bei den restlichen Lehrveranstaltungen konnte bisher nur durch eine generelle Frage zur Einschätzung der Umsetzung der Lehrmethode der Lehrmethodeinsatz bewertet werden, da den Teams nicht überall ein detaillierter Einblick ermöglicht wurde.

Zwischen dem SS13 und dem SS15 wurden an den sechs Hochschulen insgesamt 5.465 Studierende der ersten beiden Studienjahre befragt. Fragebögen, die nicht komplett ausgefüllt wurden, wurden nicht berücksichtigt. Davon dienten 936 Studierende als Kontrolle. Sie besuchten Lehrveranstaltungen, die nicht mit aktivierenden Lehrmethoden umgestaltet waren. 1.688 Fragebögen von Studierenden liegen nach Bereinigung der Daten für die Lehrmethode PI vor, 1.708 für Lehrveranstaltungen, die mit JiTT umgestaltet wurden, 798 wurden in Veranstaltungen ausgefüllt, die mit einer Kombination aus PI und JiTT umgestellt wurden, und 335 Fragebögen wurden in Lehrveranstaltungen ausgefüllt, die mit PBL umgestaltet wurden.

Der bereinigte Datensatz enthält nun folgende Anzahlen von Fragebögen (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Datengrundlage: Gesamtdatensatz mit Fallzahlen für befragte Studierende in Veranstaltungen, die mit den Lehrmethoden PI, JiTT und PBL umgestaltet wurden.

| Lehrmethode | Häufigkeit |
|--------------------|-------------------|
| Kontrolle | 936 |
| PI | 1.688 |
| JiTT | 1.708 |
| PBL | 335 |
| PI & JiTT | 798 |
| Gesamt | 5465 |

Von den ursprünglich 143 begleiteten Veranstaltungen wurden 89 Lehrveranstaltungen ausgewählt, in denen die Lehrmethoden PI, JiTT und PBL ein ganzes Semester lang eingesetzt wurden. Lehrveranstaltungen, in denen die Lehrmethoden nur ein paar Stunden getestet wurden, oder in denen innerhalb der Veranstaltungsreihe die Methode wechselte, wurden in Tabelle 10 nicht berücksichtigt.

Tabelle 10: Verteilung der umgestellten Veranstaltungen der Fächergruppen auf die Lehrmethoden an sechs Hochschulen. Nicht dargestellt sind traditionelle Veranstaltungen, die als Kontrolle dienen, und Veranstaltungen, in denen die Methode während des Semesters wechselte bzw. nur ein paar Stunden eingesetzt wurde.

| | | Lehrmethoden | | | |
|---------------|---------------------|--------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | | PI | JiTT | PI und JiTT im Mix | PBL |
| Fächergruppen | Mathematik | 5 (15%) | 2 (7%) | 2 (12%) | 4 (37%) |
| | Informatik | 11 (32%) | 10 (37%) | 6 (35%) | 4 (36%) |
| | Naturwissenschaften | 2 (6%) | 8 (30%) | 5 (29%) | 2 (18%) |
| | Technik | 16 (47%) | 7 (26%) | 4 (24%) | 1 (9%) |
| | Gesamt | 34 (100%) | 27 (100%) | 17 (100%) | 11 (100%) |

An allen Hochschulen wurden die Dozierenden intensiv von den Team-Mitarbeitenden betreut und in die Methoden eingeführt. Als vergleichbare Grundlage dienten die Standards der Methodenumsetzung, wie sie in der Literatur von Mazur (1997) für PI und Novak (1999) für JiTT und von Weber (2007) für PBL beschrieben sind. So ist z.B. darauf zu achten, dass bei PI verständnisbasierte Fragen gestellt werden und die Studierenden Zeit haben, sich untereinander auszutauschen. JiTT lebt davon, dass im anschließenden Präsenzunterricht nicht der Unterrichtsstoff wiederholt wird, sondern die Fragen, die sich bei den Studierenden während der Selbstlernphase ergeben haben, geklärt werden. PBL erzielt die besten Ergebnisse, wenn die sieben Schritte eingehalten werden. Es zeigte sich, dass bei einigen Veranstaltungen die freiere Umsetzung dazu führte, dass wichtige Elemente der Methoden vernachlässigt wurden. Aufgrund der unterschiedlichen Umsetzung der Lehrmethoden wurden die Fragebogenergebnisse nach dem Umsetzungsgrad eingeteilt. Der Umsetzungsgrad beruht auf der Selbsteinschätzung des Dozierenden per Fragebogen und der Einschätzung der HD-MINT-Mitarbeitenden, ob eine Veranstaltung gemäß den in der Literatur beschriebenen charakteristischen Merkmalen oder etwas freier umgesetzt wurde. Dabei liegt die Antwortspanne des Umsetzungsgrades bei Werten von 1 – wobei 1 bedeutet, dass die Methode nach den in der Literatur beschriebenen Kriterien umgesetzt wurde – bis 7, wobei 7 diejenigen Veranstaltungen beschreibt, in denen die Methode nicht richtig umgesetzt wurde. Für diese Studie wurde ein hoher Umsetzungsgrad mit den Antwortkategorien 1-2 definiert, ein mittlerer Umsetzungsgrad mit den Kategorien 3-5 und ein niedriger Umsetzungsgrad mit den Kategorien 6-7; letztere wurden in die weitere Untersuchung nicht eingeschlossen.

3.4.3 Ergebnisse

Betrachtet man die absoluten Zahlen in Tabelle 10, so wurde eine vergleichsweise kleine Anzahl, nämlich insgesamt elf Veranstaltungen, mit PBL umstrukturiert. Die PBL-Veranstaltungen verteilten sich auf den ganzen MINT-Bereich. Die durchschnittliche Anzahl der Studierenden pro Veranstaltung betrug 24, eine ideale Größe, um PBL durchzuführen, angefangen bei der Auswahl und Konstruktion der Fälle bis hin zur Durchführung der Veranstaltung. Da in dieser Untersuchung Veranstaltungen in verschiedenen Fächern an unterschiedlichen Hochschulen verglichen werden, haben wir uns auf die Basis der klassischen Siebensprung-Methode in PBL geeinigt (vgl. WEBER, 2007). Der Siebensprung wurde von Teams an alle beteiligten Lehrenden vermittelt.

Bei den Veranstaltungen, die in der Mathematik mit PBL umgestaltet wurden, gab es von Studierenden hinsichtlich des Praxisbezuges und der Teamarbeit viele positive Rückmeldungen (Eich-Soellner, Fischer, & Wolf, 2014). Die Veranstaltungen in der Fächergruppe Informatik wurden sehr offen mit PBL umgesetzt, es gab sehr viel Freiraum für Studierende im ersten Semester, was zum Teil zu einer Überforderung führte (Meissner & Neng, 2014). Im naturwissenschaftlichen Fachbereich wurde schließlich das PBL-Format nicht ganz klassisch eingesetzt, sondern erfolgte in den Veranstaltungen in angepassten Formaten (SERBU et al., 2013).

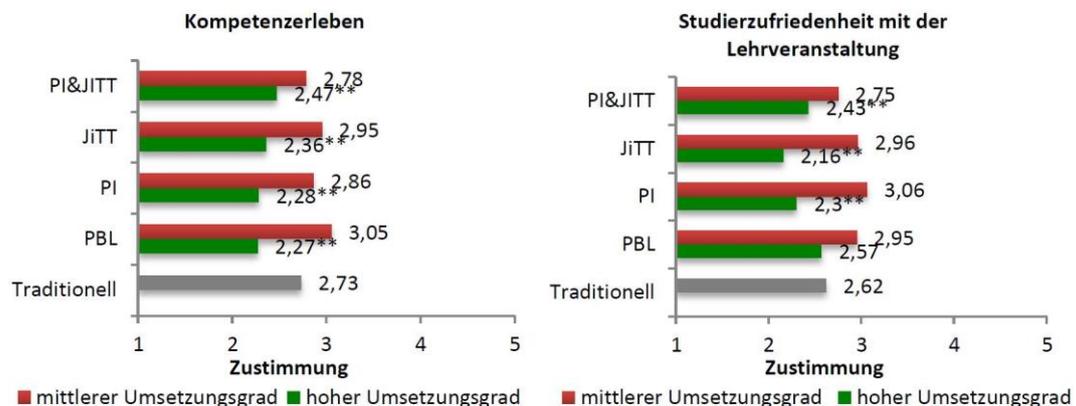


Abbildung 19: Konstrukte zum Kompetenzerleben und zur allgemeinen Studierzufriedenheit bei Lehrveranstaltungen, mit aktivierenden Methoden vs. Lehrveranstaltungen mit traditionellen Methoden. Wertebereich der den Konstrukten zu Grunde liegenden Fragen von 1 = „stimme völlig zu“ bis 5 = „stimme überhaupt nicht zu“. Je kleiner der Wert, desto positiver für die jeweilige Lehrmethode. Das Signifikanzniveau (** $\alpha=0,01$; * $\alpha=0,05$) ist auf die Kontrollgruppe bezogen. Berücksichtigt wurden nur Messungen zum Semesterende.

Der Wertebereich der Konstrukte verläuft von 1-5 im Schulnotenbereich. Je niedriger die Zahl, desto positiver ist das Ergebnis zu bewerten. Berücksichtigt werden nur Messungen zum Semesterende im Zeitraum von SS13 bis SS15. Vergleicht man die Methode PBL mit den anderen aktivierenden Lehrmethoden, dann schneidet PBL bei guter Umsetzung gleich gut ab. Bei einer schlechten Umsetzung wird die PBL-Veranstaltung sogar noch schlechter als eine traditionell durchgeführte bewertet (Abb. 19). Die Studierzufriedenheit mit der

Lehrveranstaltung liegt bei guter Umsetzung bei PBL mit der Note 2,57 im Mittelfeld und weist aber kaum einen Unterschied zur Kontrollgruppe auf. Veranstaltungen, die mit PI oder JiTT durchgeführt wurden, werden im Vergleich signifikant besser mit 2,3 bzw. 2,16 bewertet.

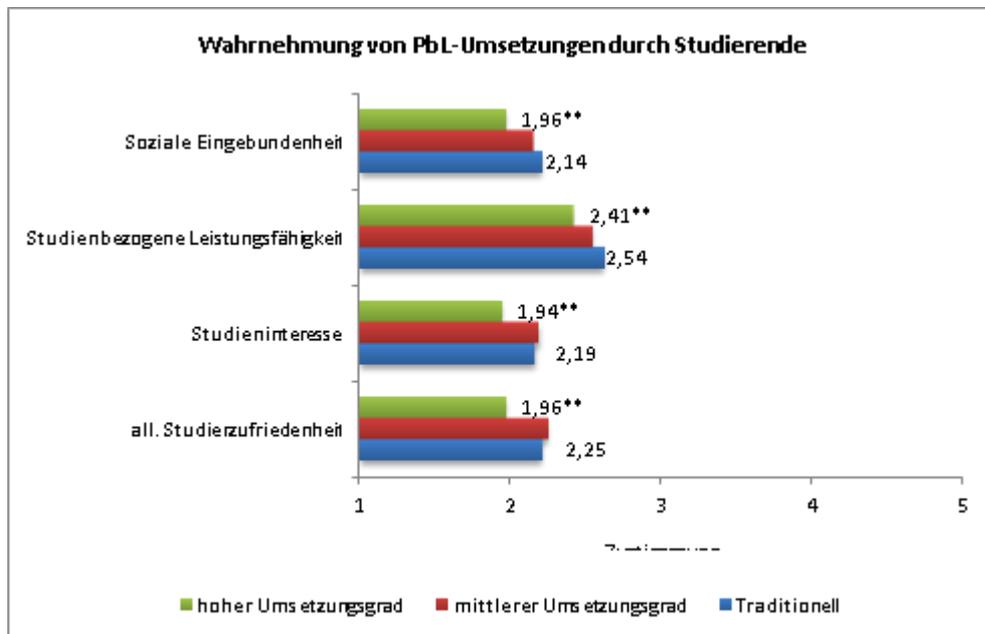


Abbildung 20: Wahrnehmung von PBL-Umsetzungen durch Studierende. Wertebereich der den Konstrukten zu Grunde liegenden Fragen von 1 = „stimme völlig zu“ bis 5 = „stimme überhaupt nicht zu“. Je kleiner der Wert, desto positiver für die jeweilige Lehrmethode. Das Signifikanzniveau (** $\alpha=0,01$; * $\alpha=0,05$) ist auf die Kontrollgruppe bezogen. Berücksichtigt wurden nur Messungen zum Semesterende.

Abb. 20 zeigt, dass Studierende bei einer guten Umsetzung von PBL ihre Zufriedenheit allgemein sowie ihr Studieninteresse signifikant positiver bewerten als Studierende, die mit traditionellen Lehrmethoden unterrichtet wurden und Noten von 1,96 bzw. 1,94 zu 2,21 bzw. 2,16 vergaben. Darüber hinaus nehmen Studierende ihre soziale Eingebundenheit in den Kurs und zu ihren Kommilitoninnen/Kommilitonen stärker wahr und fühlen sich leistungsfähiger als Studierende aus herkömmlichen Lehrformaten.

Ein Vergleich zu anderen Lehrmethoden (Tabelle 11) macht deutlich, dass diese Aussagen tendenziell auf alle interaktiven Lehrmethoden ausgeweitet werden können. Gerade in diesen Konstrukten scheint PBL aber nicht nur den traditionellen Lehrkonzepten überlegen, sondern auch alternativen, interaktiven Lehrmethoden. Natürlich gilt dies nur für eine gute Umsetzung der Methode. Generalisiert zeigt die Wahrnehmung der Studierenden in interaktiven Lehrkonzepten bei einer mittleren Umsetzung im Vergleich zu traditionellen Lehrveranstaltungen kaum Unterschiede.

Tabelle 11: Ausgewählte Konstrukte zur Wahrnehmung von Lehrkonzepten durch Studierende. Wertebereich der den Konstrukten zu Grunde liegenden Fragen von 1 = „stimme völlig zu“ bis 5 = „stimme überhaupt nicht zu“. Je kleiner der Wert, desto positiver für die jeweilige Lehrmethode. Das Signifikanzniveau (** $\alpha=0,01$; * $\alpha=0,05$) ist auf die Kontrollgruppe bezogen. Berücksichtigt wurden nur Messungen zum Semesterende.

| | Kontrolle | PI Umsetzung | | JiTT Umsetzung | | PI&JiTT Umsetzung | |
|------------------------------------|-----------|--------------|--------|----------------|--------|-------------------|--------|
| | | Hoch | Mittel | Hoch | Mittel | Hoch | Mittel |
| allg. Studierzufriedenheit | 2,21 | 2,05** | 2,31 | 2,13 | 2,36 | 2,11* | 2,28 |
| Studieninteresse | 2,16 | 1,96** | 2,26 | 2,04* | 2,18 | 2,10 | 2,17 |
| Studienbezogene Leistungsfähigkeit | 2,62 | 2,51 | 2,68 | 2,44** | 2,68 | 2,62 | 2,67 |
| soziale Eingebundenheit | 2,21 | 2,12 | 2,11 | 2,08 | 2,43 | 2,13 | 2,19 |

Tabelle 12: Konstrukte zur Kompetenzselbstwahrnehmung der Studierenden in Veranstaltungen mit hohem und mittlerem Umsetzungsgrad. Wertebereich der den Konstrukten zu Grunde liegenden Fragen von 1 = „stimme völlig zu“ bis 5 = „stimme überhaupt nicht zu“. Je kleiner der Wert, desto positiver für die jeweilige Lehrmethode. Das Signifikanzniveau (** $\alpha=0,01$; * $\alpha=0,05$) ist auf die Kontrollgruppe bezogen. Berücksichtigt wurden nur Messungen zum Semesterende.

| | Kontrolle | PBL Umsetzung | | PI Umsetzung | | JiTT Umsetzung | | PI&JiTT Umsetzung | |
|-------------------------|-----------|---------------|--------|--------------|--------|----------------|--------|-------------------|--------|
| | | Hoch | Mittel | Hoch | Mittel | Hoch | Mittel | Hoch | Mittel |
| Fachkompetenz | 2,56 | 2,18** | 2,50 | 2,34** | 2,52 | 2,22** | 2,55 | 2,48 | 2,60 |
| Methodenkompetenz | 2,54 | 2,21** | 2,44 | 2,27** | 2,52 | 2,17** | 2,47 | 2,30** | 2,45* |
| Kommunikationskompetenz | 2,35 | 2,09** | 2,28 | 1,98** | 2,25 | 1,96** | 2,38 | 2,15** | 2,40 |

Bei der Betrachtung von Tabelle 12, die eine positive Wahrnehmung der Kommunikations-, Personal-, Methoden- und Fachkompetenz für PBL nachweist, lässt sich erkennen, dass es auch auf der Ebene der Kompetenzwahrnehmung von Studierenden zu gleichen Aussagen kommt. PBL ist hier bei hohem Umsetzungsgrad den traditionellen Lehransätzen signifikant überlegen und wird selbst bei mittlerem Umsetzungsgrad tendenziell positiver bewertet. Auch bei der Selbsteinschätzung der Kompetenzen zeigt sich, dass interaktive Kursgestaltung generell positiver bewertet wird. PBL ist hierbei allerdings alternativen Lehrkonzepten nicht grundsätzlich überlegen, dies gilt einzig für die Fachkompetenz, die Unterschiede sind allerdings nur marginal.

3.4.4 Diskussion

Aufgrund der positiven Ergebnisse stellt sich die Frage, warum im Rahmen des HD-MINT-Projektes nicht mehr Lehrveranstaltungen mit PBL umgestellt wurden, zumal diese Methode den anderen aktivierenden Lehrmethoden wie JiTT und PI in den Messungen der Kompetenzwahrnehmung und des Kompetenzerlebens ebenbürtig scheint. Es gibt einige Hochschulen und Universitäten, die in den MINT-Fächern mit PBL unterrichten (Raine & Symons, 2005; Lahtinen, 2005; Shinde & Kolmos, 2011). Sieht man sich diese Beispiele an, dann stellt man zwei Dinge fest:

Zum einen sind es völlig andere Rahmenbedingungen, die eine Umstellung auf PBL in diesem Umfang möglich machten. So standen z.B. ganze Fakultäten inklusive der jeweiligen Hochschulleitung hinter der Einführung des PBL-Konzeptes (Lahtinen, 2005).

Für eine gute Umsetzung von PBL braucht es geeignete Räume, also nicht nur Hörsäle, sondern kleine Gruppenräume, die mit Pinnwänden, Flipcharts und Moderationsmaterial ausgestattet sind. Diese Dinge sind im MINT-Bereich nicht selbstverständlich. PBL ist in großen Gruppen möglich, stellt aber hohe Anforderungen an die personelle Ausstattung, denn für jede PBL-Gruppe werden fachliche Expertinnen/Experten als Tutorinnen/Tutoren benötigt. Diese sollten pädagogisch entsprechend ausgebildet werden und müssen Moderationstechniken beherrschen. Sie sollten Lernende motivieren können, mit der jeweiligen Aufgabe vertraut sein, die spezifischen Lernziele kennen und in der Lage sein, die Lerngruppe gegebenenfalls wieder auf das richtige Lernziel hin auszurichten (Maudsley, 1999). Für die Ausbildung von Tutorinnen/Tutoren müssen finanzielle Mittel zur Verfügung stehen. Insofern ist es eher erstaunlich, dass innerhalb des HD-MINT-Projekts trotz widriger Bedingungen solch gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

Um PBL durchführen zu können, braucht man natürlich Problemfälle, die sich für PBL eignen. Für viele Fächer ist es aufwändig, adäquate Probleme zu konstruieren. Es existieren zwar genügend Beispiele (Brovelli & Wilhelm, 2009), aber diese sind nicht eins zu eins übernehmbar und oft für den Schulbereich konzipiert.

Auch möchten Lehrende die Probleme auf das jeweilige Unterrichtsgebiet abstimmen. Da die Studiengänge immer mehr ausdifferenzieren und es immer mehr spezialisierte Studiengänge gibt, sind die Quellen für adäquate Probleme rar gesät (Roslöf & Tuohil, 2005).

Beim Einsatz von PBL wird klassischerweise der Siebenschritt verwendet. Dieser ist jedoch nicht immer anwendbar und hat sich manchmal auch als hinderlich erwiesen (Scherer & Schaffner, 2012). Es gibt daher einige Variationen der Umsetzung. Ergebnisse des HD-MINT-Projekts machen allerdings deutlich, dass zu große Variationen zur Verwässerung der Methode führten und diese nicht wirksam genug war (Turpen & Finkelstein, 2009).

Im Sinne des Constructive Alignment fordert nicht zuletzt der Einsatz von PBL auch eine neue Form der Prüfungen. Diese müssen mit der jeweiligen Studiengangsverordnung im Einklang stehen und durchgeführt werden dürfen.

Sowohl Lehrende als auch Lernende müssen sich im Rahmen von PBL mit neuen Rollen und einem damit verbundenen neuen Selbstverständnis auseinandersetzen. Für Lehrende bedeutet diese Methode einen Paradigmenwechsel, in dem sie sich von ihrer traditionellen Rolle der/des Wissensvermittelnden verabschieden und zur/zum Lernbegleitenden werden. Lernende müssen plötzlich als Teamplayer agieren und Probleme gemeinsam lösen. Die Aufgabenstellung bzw. der jeweilige Problemfall im PBL sollte von den Studierenden als persönliche Lern-Herausforderung erlebt und gewertet werden, d. h. es geht nicht darum, die Intentionen der/des Dozierenden zu erraten. Auch sollten die Fähigkeiten zum selbstgesteuerten Lernen zu Studienbeginn vermittelt werden (Hmelo-Silver, 2004). An den meisten Hochschulen werden dazu keine allgemeinen Grundlagenkurse angeboten. Werden diese angeboten, dann in der Regel als freiwillig zu besuchende Zusatzangebote innerhalb diverser Pilotprojekte.

Die Bedingungen für eine gute Umsetzung von PBL sind also bekannt. Müller (2011) beschreibt in seinem Modell, welche Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, damit PBL gut implementiert werden kann. Vorrangig ist dazu das Zusammenspiel der ganzen Hochschule bzw. auch der Fakultäten notwendig. Es braucht nicht nur zahlenmäßig eine entsprechende personelle Ausstattung, sondern auch didaktisch gut ausgebildete Lehrende, zudem müssen Studierende auf die neue Lehr-/Lernmethode vorbereitet werden. Nicht zuletzt bedarf es geeigneter Räumlichkeiten und kleinerer Studierendengruppen, damit PBL durchgeführt werden kann.

Lehrende stehen im Spannungsfeld zwischen den Vorgaben der jeweiligen Hochschule bezüglich Prüfungen, Räumen und personeller Ausstattung, dem Wunsch, die eigene Veranstaltung umgestalten zu wollen, und den Wünschen der zu unterrichtenden Studierenden, deren vorrangiges Ziel das Bestehen der Prüfungen ist.

Als nächstes soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit sich PBL in den MINT-Fächern generell eignet. In Aalborg wird in den ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten viel mit projektorientiertem Lernen gearbeitet (Myrdal, Kolmos, & Holgaard, 2011). Die Autoren beschreiben eine sinnvolle Kombination aus problem- und projektbasiertem Lernen in den ingenieurwissenschaftlichen Fächern. Dabei muss bezüglich des Schwerpunkts der Lehrmethoden unterschieden werden, dass PBL den Lernprozess fokussiert, wohingegen die Projektarbeit verstärkt die Problemlösung anvisiert. In Aalborg kommen beide Methoden insofern zur Anwendung, als dass in den ersten Semestern vorwiegend PBL eingesetzt wird und in den höheren Semestern eher zum projektbasierten Lernen übergegangen wird. In Finnland dagegen ist man bei der Umstrukturierung des Studiengangs Mechatronik wieder dazu übergegangen, die Grundlagenfächer traditionell zu unterrichten (Lahtinen, 2005). Perrenet, Bouhuijs, & Smits (2000) begründen dies durch die spezifische Art des Wissens. In der Medizin ist das Wissen eher enzyklopädisch aufgebaut, sodass die unterschiedlichen Wissensgebiete nebeneinander existieren und Wissenslücken leicht geschlossen werden können. In den Naturwissenschaften haben wir es mit einem hierarchisch aufgebauten Wissen zu tun. Ohne spezifische Grundlagen in den Fächern

Mathematik und Physik können darauf aufbauende Fächer kaum oder nur schwer verstanden werden. Somit konzentriert sich das notwendige Grundlagenwissen meist auf die ersten Studiensemester, was u.a. auch dazu führt, dass Studierende oft den für sie wichtigen Praxisbezug ihres Studienfaches vermissen. PBL könnte hier möglicherweise eine Brücke zwischen Theorie und Praxis schlagen. Im HD-MINT-Projekt hat sich allerdings auch gezeigt, dass die Veranstaltung in der Mathematik, die mit PBL umgestaltet wurde, zwar von den Studierenden sehr gut angenommen und bewertet wurde, sich der zu erwartende Verständniszuwachs jedoch nicht in den Noten niederschlug. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die Studierenden für Berechnungen eine gewisse Übung brauchen und dieses Einüben von Rechenwegen kam bei PBL zu kurz (eig. Mitteilung, Hochschule München). PBL vermittelt nicht nur Fachwissen, sondern hauptsächlich Kompetenzen. Dies ist an der signifikanten Steigerung des Kompetenzerlebens in den Auswertungen ablesbar. Selbst wenn Prüfungen kompetenzorientiert aufgebaut sind, so wird in den darauffolgenden Semestern immer zuerst auf das spezifische Fachwissen geschaut und die/der Dozierende des jeweiligen Ausbildungsmoduls für das Nichtwissen der Studierenden verantwortlich gemacht. Widerstände gegen die Methode gibt es auch bei Studierenden, die sagen, sie hätten nichts gelernt und PBL wäre zu arbeitsintensiv. Diese Methode muss gerade im ersten Semester besser angeleitet werden (Meissner & Neng, 2014). PBL zeigt sich bei guter Umsetzung anderen, aktivierenden Lehrmethoden ebenbürtig, wenn nicht sogar überlegen (bzgl. Fachkompetenz). Allerdings ist diese Methode sehr aufwändig in der Einführung und Durchführung, sodass eine flächendeckende Umsetzung ohne die Unterstützung der Hochschulleitung sehr schwierig ist.

Dieses Vorhaben wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01PL12023A bis 01PL12023G gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin und dem Autor.

3.5 Aktivierende Lehrmethoden in den MINT-Fächern aus der Genderperspektive²⁶

Keller, Ulrike; Köhler, Thomas (2015): Aktivierende Lehrmethoden in den MINT-Fächern aus der Genderperspektive. Kammasch, G.; Dehning, A.; van Drop C. A.; [Hrsg.], Anwendungsorientierung und Wissenschaftsorientierung in der Ingenieurbildung – Wege zur technischen Bildung. Universität Siegen 2016, S.124-131.

Ulrike Keller¹ und Thomas Köhler²

¹Hochschule Rosenheim, Hochschulstr. 1, 83024 Rosenheim keller@diz-bayern.de

²IHF – Bayerisches Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung, Prinzregentenstr. 24, 80538 München, koehler@ihf.bayern.de

Abstract 1 Seit drei Jahren steht an sechs bayerischen Hochschulen allen Professoren und Professorinnen in den MINT-Fächern ein Team aus fachwissenschaftlichen und pädagogischen Fachkräften zur Seite, damit diese ihre Lehre verständnisorientiert neu ausrichten können. Dazu wurden von den Teams gezielt die Methoden Peer Instruction (PI), Just-in-Time-Teaching (JiTT) und Problem-Based-Learning (PBL), die das Verständnis des Lehrstoffes fördern und die Studierenden aktiv an der Lehrveranstaltung beteiligen den Lehrenden vorgeschlagen. Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung (IHF) wissenschaftlich begleitet [1]. Ziel ist es unter anderem die Studierzufriedenheit der Studierenden zu erhöhen und so den Abbruch des Studiums in den ersten Semestern zu verhindern.

Die Frage war, ob Studentinnen aktivierende Lehrmethoden anders einschätzen als Studenten. Insgesamt wurden 5465 Studierende vor und nach der Einführung aktivierender Lehrmethoden nach ihrer Selbsteinschätzung befragt. Nach Bereinigung der Daten standen 2390 Studierende, die mit aktivierenden Methoden unterrichtet wurden einem Kontrollkollektiv von 660 Studierenden gegenüber, das nach traditionellen Methoden unterrichtet wurde. Differenziert wurden die Veranstaltungen nach der verwendeten Methode und auch nach der Umsetzung der Methoden gemäß der Beschreibungen in der Literatur[2-4].

Das Verhältnis Männer zu Frauen betrug 70: 30. Gegenüber der jeweiligen Kontrollgruppe stieg die Studierzufriedenheit und bei den Männern bei den Lehrmethoden JiTT und PBL signifikant an, bei den Frauen nicht. Das Kompetenzerleben bei der Methode PBL steigt bei den Männern auch deutlich, bei den Frauen sind die Unterschiede zur Kontrollgruppe nicht so ausgeprägt. Der Umsetzungsgrad spielt bei der Beurteilung der Männer einen größeren Einfluß, deutlich mehr signifikante Konstrukte gegenüber der Kontrolle finden sich hier [5].

²⁶ Geteilte Erstautorenschaft

In diesem Beitrag sollen die möglichen Ursachen für das unterschiedliche Kompetenzerleben und die divergierende Beurteilung der Lehrmethoden näher beleuchtet und diskutiert werden.

Keywords: MINT, Kompetenz, Gender, aktivierende Lehr-Lernmethoden

Abstract 2: Since three years a team of specialised and pedagogical skilled staff provides expertise and knowledge to the professorate of STEM subjects at six bavarian universities to enable them to establish activating teaching methods in their lectures. Therefore the methods Peer Instruction (PI), Just-in-Time-Teaching (JiTT) and Problem-Based-Learning (PBL) have been specifically proposed as they support the understanding of the teaching content and let the students actively take part in the lecture. The project is scientifically supervised by the Bavarian State Institute for Higher Education Research and Planning (IHF) [1]. The aim is, among other things, to increase the study satisfaction of the students and thus preventing the early termination of the study.

The question was if female students evaluate activating teaching methods differently than male students. In total 5465 students have been questioned for their self-estimation before and after the implementation of the activating teaching methods. After cleaning up the data 2390 students taught with activating methods have been compared to a reference group of 660 students taught with traditional methods. The lectures have been differentiated by method and realisation of the method according to the descriptions in the literature [2-4].

The ratio of men and women was 70:30. Compared to the respective reference group study satisfaction among men was increasing significantly concerning the methods JiTT and PBL, but not among women. Experience of competence was also increasing significantly among men regarding the method of PBL. Among women there are less differences compared to the reference group. For male students the degree of implementation plays a major role for the evaluation. Compared to the reference group there are more significant differences [5].

In this contribution a closer look is taken at possible reasons for the varying experience of competence as well as the divergent evaluation of the teaching methods.

Keywords: STEM-Disciplines, Competence, Gender, activating methods

Stand der Forschung

Die Arbeitsmarktberichterstattung weist für 2013 rund 7,3 Millionen MINT-Fachleute aus, davon sind auch im Hochqualifiziertenbereich Frauen mit 17% unterdurchschnittlich vertreten. Obwohl im Moment am Arbeitsmarkt kein genereller Fachkräftemangel in den MINT-Berufen vorliegt, wird die Nachfrage nach Absolvierenden der MINT-Fächer in Zukunft steigen, da bedingt durch den demografischen Wandel ein hoher Ersatzbedarf für die in den Ruhestand gehende Generation von MINT-Fachkräften besteht (Hetzer, 2011). Das Berufsfeld Mathematik und Naturwissenschaften hat mit gut einem Drittel noch einen relativ hohen Frauenanteil, doch gerade in den technischen und

ingenieurwissenschaftlichen Berufen sind Frauen mit nur 13% vertreten. (Bundesagentur für Arbeit, 2014). Diese Trennung der Berufsfelder ist auch bei den Absolventinnen der MINT-Studiengänge zu beobachten. In den Fächern Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften liegt der Frauenanteil unter Erstabsolventinnen bei 40,2%, in den technischen Fächern, insbesondere den Ingenieurwissenschaften, nur bei 22,6%. Dieser Trend ist auch in anderen Ländern zu beobachten (Mills, 2011). Das Institut der deutschen Wirtschaft in Köln schlägt in seinem MINT-Frühjahrsreport 2015 einen Zielwert von 40% Frauen unter den Erstabsolventen vor. Der Wert ist in den ingenieurwissenschaftlichen Fächern lange noch nicht erreicht. Hier besteht noch Verbesserungsbedarf, denn das Potential von Frauen zu erschließen könnte einen wichtigen Beitrag zur Abmilderung zukünftiger Engpässe leisten (Anger, Geis, & Plünnecke, 2015).

Eine Möglichkeit, der bei Frauen stärker ausgeprägten sprachlichen Ausdrucksfähigkeit und sozialen Kompetenz Rechnung zu tragen (Hyde, 1990), ist die Verwendung aktivierender Lehrmethoden. Im Zuge des Projekts HD MINT werden verschiedene aktivierende Lehrmethoden gezielt in den MINT-Fächern eingeführt (Keller, et al., 2014). Rund 80 Professorinnen und Professoren werden im Projekt von einem interdisziplinären Team aus 20 MINT-FachwissenschaftlerInnen und PädagogInnen in der Lehrvorbereitung beraten und in der Ausführung und Umsetzung neuer Unterrichtsformen unterstützt (Hofmann & Köhler, 2013). Im Projekt werden hauptsächlich drei Lern- und Lehrmethoden präferiert, die unterschiedliche Besonderheiten mit sich bringen: Die Methode Peer Instruction (PI) dient dazu, die Studierenden in der Veranstaltung zu aktivieren, das Verständnis zu fördern und Rückmeldung über den aktuellen Leistungsstand zu geben (Mazur, 1997). Bei der Methode Just-in-Time-Teaching (JiTT) ist das Hauptanliegen, die Präsenzzeit effektiv zu nutzen und sie auf die fachlichen Bedürfnisse der Studierenden anzupassen (Novak, Gavrin, Christian, & Patterson, 1999). Problembasiertes Lernen (PBL) eignet sich gerade in den Einstiegssemestern sehr gut, weil es den Unterrichtsstoff anhand einer herausfordernden Aufgabenstellung („Problem“) einübt, die mit einer klar strukturierten Herangehensweise einhergeht (Weber, 2007). Die Methoden stellen das Lernen der Studierenden in den Mittelpunkt und stellen viele Interaktionsmöglichkeiten mit Kommilitonen und Lehrenden bereit.

Wir wollten den Fragen nachgehen, ob Studierende, die mit aktivierenden Methoden unterrichtet wurden, allgemein ihre Kompetenzen besser einschätzten und ob es Unterschiede zwischen Männern und Frauen in der Akzeptanz der Methoden gibt.

Beschreibung des Forschungsdesigns

Dazu wurden 143 Lehrveranstaltungen in den vergangenen fünf Semestern begleitet und ausgewertet. Die Untersuchung findet auf drei Ebenen statt: Befragt werden Studierende nach ihrer Studierzufriedenheit, Dozierende nach ihrer Einschätzung und Handhabbarkeit der Methoden und das Team nach einer Beurteilung der Umsetzung der Methode als Außenansicht. Es wurden standardisierte Fragebögen erstellt, um die Unterschiede in der

Selbsteinschätzung der Studierenden hinsichtlich ausgewählter Sachverhalte zu messen (Köhler & Hofmann, 2013).

Der studentische Fragebogen enthält 96 Fragen, die sich in drei Kategorien zu allgemeinen Studierbedingungen, zur konkreten Lernsituation und zur Einschätzung der Lernmotivation zusammenfassen lassen, sowie 9 Fragen zu soziodemografischen Merkmalen. Die Konstrukte wurden unter anderem auf Basis des Berliner Evaluationsinstruments entwickelt (Braun, 2008).

Die Vorgehensweise der Untersuchung basiert auf einem Vorher-Nachher-Vergleich. Die Studierenden werden in Lehrveranstaltungen, die bis dato in herkömmlicher Weise (Frontalunterricht) durchgeführt wurden, jeweils vor und nach der Einführung der neuen Lehrmethode befragt (zu Semesterbeginn und zu Semesterende). Zusätzlich wurden ab Wintersemester 2013/14 ergänzend Dozentenbefragungen durchgeführt, da zu vermuten ist, dass Dozierende durch die Art und Weise des Lehrmitteleinsatzes die positiven Auswirkungen neuer Lehrmethoden signifikant beeinflussen (Hofmann & Köhler, 2016).

Zwischen dem SS13 und dem SS15 wurden an den sechs Hochschulen insgesamt 5465 Studierende der ersten beiden Semester befragt. Davon dienten 660 Studierende als Kontrolle, sie besuchten Lehrveranstaltungen, die nicht mit aktivierenden Lehrmethoden umgestaltet waren. 1688 Fragebögen von Studierenden liegen nach Bereinigung der Daten für die Lehrmethode Peer Instruktion vor, 1708 für Lehrveranstaltungen, die mit Just in Time Teaching umgestaltet wurden, 798 wurden in Veranstaltungen ausgefüllt, die mit einer Kombination aus Peer Instruktion und Just in Time Teaching umgestellt wurden und 335 Fragebögen wurden in Lehrveranstaltungen ausgefüllt, die mit PBL umgestaltet wurden.

Fragebögen, die nicht komplett ausgefüllt wurden, wurden nicht berücksichtigt. Der bereinigte Datensatz enthält nun folgende Anzahl von Fragebögen (siehe Tabelle 13). Das Geschlechterverhältnis liegt hier bei 70 Männer zu 30 Frauen.

Tabelle 13: Datengrundlage: Gesamtdatensatz mit Fallzahlen für befragte Studierende in Veranstaltungen, die mit den Lehrmethoden PI, JiTT und PBL umgestaltet wurden.

| Kontrolle | PI | JiTT | Pbl | PI und JiTT | |
|------------------|-----------|-------------|------------|--------------------|---------------|
| 570 | 514 | 367 | 173 | 410 | Männer |
| 90 | 216 | 119 | 63 | 177 | Frauen |
| 660 | 730 | 486 | 236 | 587 | Gesamt |

Der großen Anzahl an Fragebögen von Studierenden stehen seit dem Sommersemester 2014 19 Fragebögen der Dozierenden und 24 Fragebögen der Mitarbeitenden des HD MINT Teams gegenüber, in denen die Dozierenden und die Mitarbeitenden ihre eigene Einschätzung zur Lehrmethode darlegen.

Ergebnisse

Die Konstrukte Studierzufriedenheit und Kompetenzerleben, die indirekt ein Maß für die Neigung sind, das Studium abzubrechen, wurden in Abb. 21 aufgetragen. Vergleicht man die aktivierenden Lehrmethoden mit den traditionellen Veranstaltungen, so ergeben sich signifikant bessere Werte beim Kompetenzerleben. Die Studierzufriedenheit verbesserte sich bei aktivierenden Lehrmethoden nicht so sehr gegenüber traditionellen Methoden (Abb. 21a). Daher wurden die Veranstaltungen, die mit aktivierenden Lehrmethoden umgesetzt wurden, etwas genauer unter die Lupe genommen. Aufgrund der unterschiedlichen Umsetzung der Lehrmethoden wurden die Fragebogenergebnisse nach dem Umsetzungsgrad eingeteilt. Der Umsetzungsgrad beruht auf der Selbsteinschätzung des Dozierenden per Fragebogen und der Einschätzung der HD-MINT-Mitarbeitenden, ob eine Veranstaltung gemäß der in der Literatur beschriebenen charakteristischen Merkmale oder etwas freier umgesetzt wurde. So ist z.B. darauf zu achten, dass bei Peer Instruction verständnisbasierte Fragen gestellt werden und die Studierenden Zeit haben, sich untereinander auszutauschen. Just in Time Teaching lebt davon, dass im anschließenden Präsenzunterricht nicht der Unterrichtsstoff wiederholt wird, sondern die Fragen, die sich bei den Studierenden während der Selbstlernphase ergeben haben, geklärt werden. Das Problembasierte Lernen erzielt die besten Ergebnisse, wenn die sieben Schritte eingehalten werden. Es zeigte sich, dass bei einigen Veranstaltungen die freiere Umsetzung dazu führte, dass wichtige Elemente der Methoden vernachlässigt wurden. Durch die Bestimmung eines Umsetzungsgrades mittels Mitarbeiterbefragung und Dozentenbefragung wurden die Ergebnisse der Studierendenbefragung der besseren und mittleren Veranstaltungen in Abbildung 21b aufgetragen. Dadurch wird der Effekt einer gut umgesetzten aktivierenden Lehrmethode und einer traditionell umgesetzten Lehrveranstaltung noch einmal deutlicher.

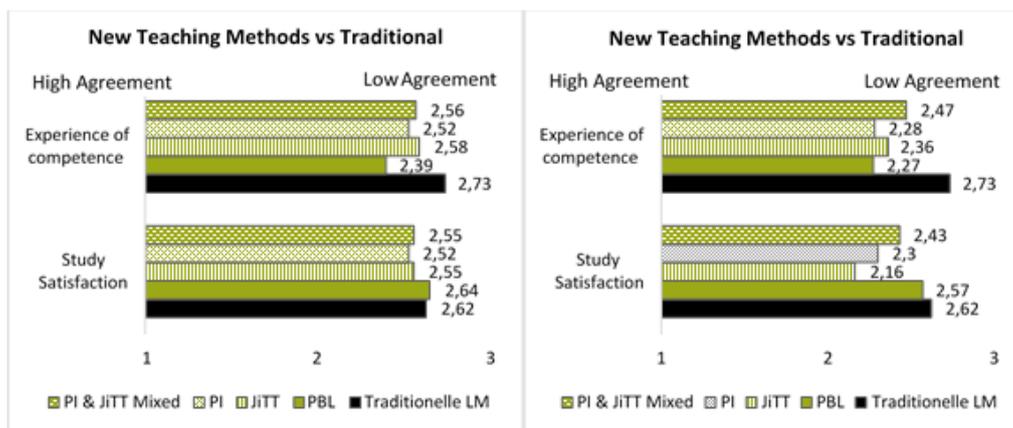


Abbildung 21: Konstrukte zum Kompetenzerleben und zur allgemeinen Studierzufriedenheit bei Lehrveranstaltungen, mit aktivierenden Methoden vs. Lehrveranstaltungen mit traditionellen Methoden. Wertebereich der den Konstrukten zu Grunde liegenden Fragen von 1 = „stimme völlig zu“ bis 5 „stimme überhaupt nicht zu“. Je kleiner der Wert, desto positiver für die jeweilige Lehrmethode. Das Signifikanzniveau (** $\alpha=0,01$; * $\alpha=0,05$) ist auf die Kontrollgruppe bezogen. Berücksichtigt wurden nur Messungen zum Semesterende. a) Einbezug aller Daten. b) bereinigter Datensatz.

In Abb. 22 sind die Daten nun nach Geschlecht aufgeschlüsselt. Dabei sind einige interessante Details zu entdecken. Frauen sind mit traditionellen Vorlesungen zufriedener als Männer. Frauen bewerten JiTT und den Mix aus PI und JiTT besser als ihre männlichen Kommilitonen, während es sich bei den Methoden PBL und PI umgekehrt verhält (Abb. 22a). Das Kompetenzerleben wird in traditionellen Veranstaltungen von beiden Geschlechtern gleich bewertet. PI scheidet hier bei den Frauen besser ab. Die Methoden PBL, JiTT und der Mix aus PI und JiTT werden unter dem Gesichtspunkt des Kompetenzerlebens von Männern besser bewertet als von Frauen (Abb. 22b). In der Einschätzung ihrer Kommunikationskompetenz schätzen Frauen eine traditionelle Veranstaltung geringfügig schlechter ein als Männer. Letztere bewerten ihre Kommunikationskompetenz bei allen aktivierenden Methoden außer PBL besser als die Frauen (Abb. 22c). PBL wird unter dem Gesichtspunkt der Kommunikationskompetenz signifikant besser von Frauen als von Männern bewertet.

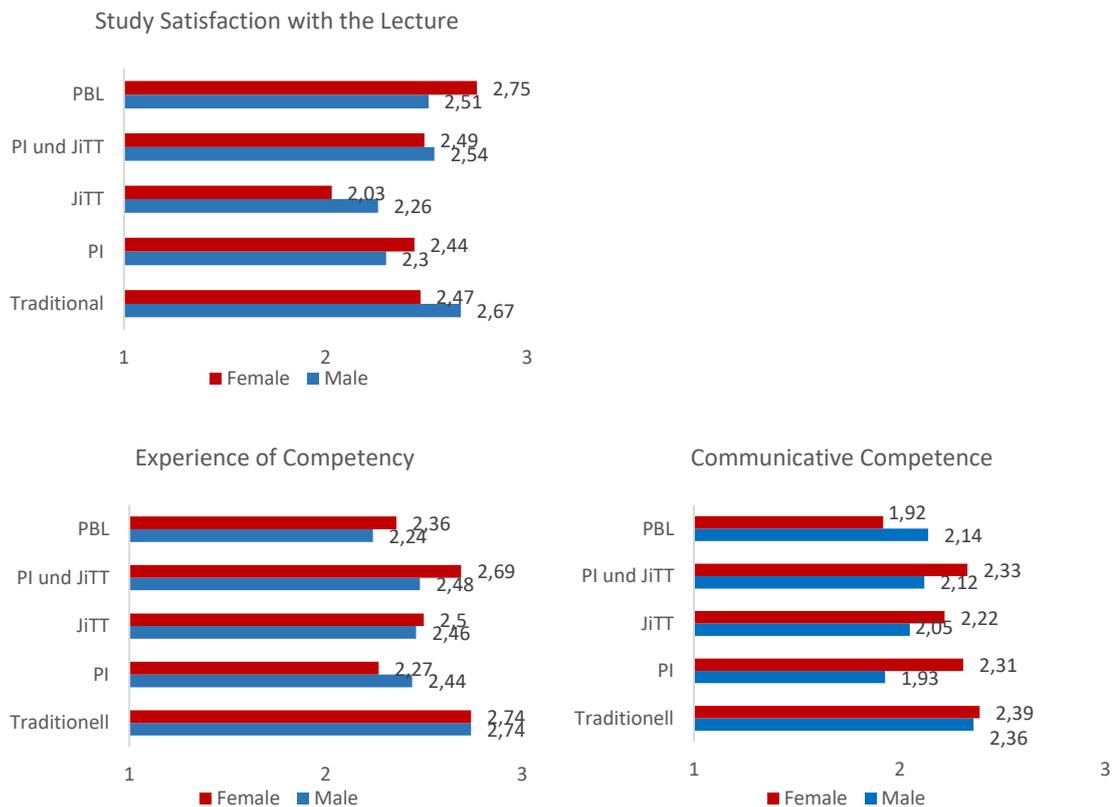


Abbildung 22: Unterschiede der Konstrukte Kompetenzerleben, Kommunikationskompetenz und Zufriedenheit mit der Lehrveranstaltung nach Geschlechtern getrennt. Die Männer werden in Blau die Frauen in Rot dargestellt. Wertebereich der den Konstrukten zu Grunde liegenden Fragen von 1 = „stimme völlig zu“ bis 5 „stimme überhaupt nicht zu“. Je kleiner der Wert, desto positiver für die jeweilige Lehrmethode. Das Signifikanzniveau (** $\alpha=0,01$; * $\alpha=0,05$) ist auf die Kontrollgruppe bezogen. Berücksichtigt wurden nur Messungen zum Semesterende.

In Abb. 23 sind speziell die Einschätzungen von Männern und Frauen von Lehrveranstaltungen, die in den technischen Fächern mit Peer Instruction

umgestellt wurden (Abb. 23b), gegenüber traditionellen Veranstaltungen (Abb. 23a) dargestellt. Hier zeigt sich jetzt, dass Frauen in technischen Fächern ihre Studierzufriedenheit, Kompetenzerleben und Kommunikationskompetenz generell schlechter bewerten als Männer. So konnte das bessere Abschneiden des Kompetenzerlebens in Abb. 22a bei Frauen nicht für technische Fächer übertragen werden.

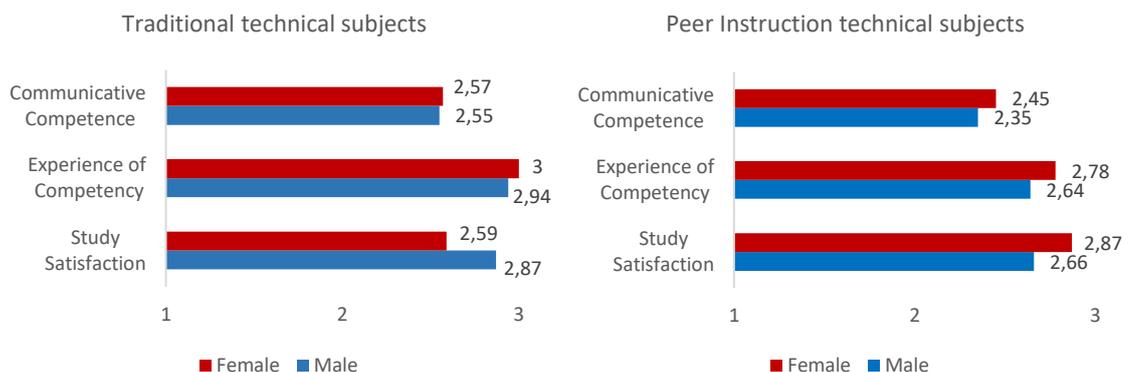


Abbildung 23: Gegenüberstellung einer traditionellen Vorlesung (3a) und einer mit Peer Instruction umgestellten Vorlesung (3b) in den technischen Fächern. Die Männer werden in Blau die Frauen in Rot dargestellt. Wertebereich der den Konstrukten zu Grunde liegenden Fragen von 1 = „stimme völlig zu“ bis 5 „stimme überhaupt nicht zu“. Je kleiner der Wert, desto positiver für die jeweilige Lehrmethode. Das Signifikanzniveau (** $\alpha=0,01$; * $\alpha=0,05$) ist auf die Kontrollgruppe bezogen. Berücksichtigt wurden nur Messungen zum Semesterende.

Diskussion

Der Effekt, dass Frauen mit den aktivierenden Lehrmethoden zufriedener sind, tritt nicht ein. Im Gegenteil bewerten in Puncto Studierzufriedenheit Frauen traditionelle Vorlesungen besser als die umgestellten. Gerade die beiden Methoden, die ein soziales Interagieren mit den Kommilitonen erfordern, nämlich Peer Instruction und Problem Based Learning, werden von Frauen schlechter bewertet. Das Kompetenzerleben wird von Frauen nur bei Peer Instruction besser als von Männern bewertet, allerdings nicht in den rein technischen, ingenieurwissenschaftlichen Fächern. Die Kommunikationskompetenz wird zwar von den Frauen besser bei Problem Based Learning bewertet, das steht aber im Widerspruch zur Studierzufriedenheit und dem allgemeinen Kompetenzerleben.

Eine genderdifferente Sichtweise auf die Naturwissenschaften wird schon bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe beobachtet. Bei der Auswertung einer internationalen Studie konnte Hostermann & Bögeholz (2007) feststellen, dass die Interessen von Jungen und Mädchen an Naturwissenschaft und Technik unterschiedlich sind. Jungen interessieren sich dabei mehr für Forschung und gefährliche Anwendungen, Mädchen haben Interesse an Körperfunktionen und Naturphänomenen (Holstermann & Bögeholz, 2007). Stadler geht auch von einem unterschiedlichen Verständnis von Buben und Mädchen in der Physik aus. Mädchen setzen Physik mehr in Bezug zu ihrer Umwelt und versuchen die

Phänomene mehr in ihrer eigenen Sprache zu erklären und auch ein Phänomen zu vermenschlichen und zu personalisieren, während Jungen versuchen, rein das System zu betrachten und schon früh viele Fachtermini zu verwenden (Bessenrodt-Weberpals, 2006). So kann ein praktischer Bezug, z.B. in Form eines Simulationsspiels, die Motivation von Frauen erhöhen (Joiner, et al., 2011). Das würde für die Verwendung von aktivierenden Methoden sprechen, da diese verständnisbasiert sind und die Kontexte in einen größeren Zusammenhang stellen. Stadler beobachtet aber auch, dass Jungen die Tendenz haben, Diskussionen bei Gruppenarbeiten zu dominieren (Stadler, Duit, & Benke, 2000). Dies könnte erklären, warum Frauen erstens mit traditionellen Vorlesungen zufriedener sind und zweitens mit der Methode Problem Based Learning, die auf Gruppenarbeit basiert, unzufrieden sind, obwohl sie ihre Kommunikationskompetenz aber im Allgemeinen besser einschätzen. Untersuchungen zeigen auch, dass in gemischten Gruppen die Mädchen die Experimente oft den Jungen überlassen und nur zusehen (Robertson, 2006). Auch könnte die generell schlechtere Einschätzung der eigenen Kompetenzen und ihr Vertrauen in die wissenschaftlichen Fähigkeiten bei Frauen die unterschiedlichen Bewertungen beim Kompetenzerleben erklären (Laws, Rosborough, & Poodry, 1999).

Es wird allerdings durchaus kritisch gesehen, aktivierende Lehr-Lernmethoden als Allheilmittel für eine gendergerechte Lehre anzusehen. So zeigen Untersuchungen, dass PBL als lernfreundliches Umfeld für beide Geschlechter angesehen ist (Du & Kolmos, 2007). Das Jahresgutachten des Aktionsrat Bildung empfiehlt vielfältige Maßnahmen, angefangen von der frühkindlichen Erziehung über Elternarbeit bis hin zu Schule und weiterer Bildungssteuerung, um die geschlechtsspezifischen Interessen beider Geschlechter zur Steigerung der Lernmotivation zu berücksichtigen und gleichzeitig eine Stereotypenbildung zu unterbinden (Blossfeld, et al., 2009). So gibt es durchaus schon Ansätze, Genderkompetenz in der LehrerInnenausbildung einzubringen (Mischau, Langfeldt, & Mehlmann, 2009), damit es zukünftig mehr Frauen in den naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Berufsfeldern gibt (Blickenstaff, 2005).

3.6 First Results of a new digitalized concept for teaching control theory as minor subject at a university of applied science²⁷

Rösel, Birgitt; Köhler, Thomas (2018): First Results of a new digitalized concept for teaching control theory as minor subject at a university of applied science. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, La Palma, 2018. S.118-125

Abstract — This paper presents a digitalized concept for teaching control theory as minor subject with an integrated approach for lectures, exercises and practical sessions and first results of the implementation at the department of electrical engineering at the OTH Regensburg. The concept uses activating methods like blended learning and possibilities of digitalization of teaching implementing Just in Time Teaching and Peer Instruction. The base of the new concept is the idea of constructive alignment.

Furthermore this paper presents also the feedback of the students along with an accompanying scientific research over several semesters. The data obtained from the presented module are compared with the data from other blended learning approaches in Germany.

Keywords — *blended learning, constructive alignment, Just in Time Teaching, teaching text*

3.6.1 INTRODUCTION

At the OTH Regensburg, one of the biggest universities of applied sciences in Bavaria, teaching takes place in groups of around 50 students attending lectures with exercises included.

This paper presents a digitalized concept for teaching control theory as minor subject with an integrated approach for lectures, exercises and practical sessions and first results of the implementation at the department of electrical engineering.

The concept uses activating methods like blended learning and possibilities of digitalization of teaching implementing Just in Time Teaching and Peer Instruction. Just in Time Teaching or JiTT is a strategy founded on several principles of pedagogical best practice. In the concept described here, students ought to read a teaching text before a blended learning unit. Furthermore, they have to answer several questions regarding the content of the text. Based on these answers the lecturer adjusts the content attendance phase of the blended learning unit. Thus the attendance phase is not wasted on topics that students learn easily. Students come to class better prepared and the lecturer comes to class better prepared for

²⁷ Zweitautor

this particular group of students (Gavrin, 2006). Peer Instruction (PI) is an interactive teaching technique that promotes classroom interaction and thus an ideal complement to JiTT, as stated in Watkins & Mazur (2010). JiTT structures students' reading before a lecture and provides feedback, so the lecturer can tailor PI questions to target student difficulties (Watkins & Mazur, 2010).

The base of the new concept is the idea of constructive alignment (Biggs J. , 2003). The paper shows the use of this idea for the development of the exam. According to the new concept for the whole module the author created specific teaching texts for the blended learning units. The paper explains the base for the decision which context will be handled by blended learning units.

Additionally, there are lectures without blended learning as well as additional exercise units and practical work units for further improvement of the competencies. The overall structure of the teaching module as well as the structure of the texts and the specifics of the practical work units are presented in the paper.

Furthermore this paper presents the feedback of the students along with an accompanying scientific research of 152 students over several semesters. In that research the authors will present a model containing the professional, methodical and communication competency, as well as satisfaction of the students with the presented teaching method (TM). The main goal of the effort to change concept of teaching and rework all the teaching material of the course is to improve the competence and the satisfaction of students, and therefore the commitment of students to their studies.

3.6.2 DEVELOPMENT OF THE NEW CONCEPT

A. Learning objectives and structure of the new concept

The development of the new concept started with the definition of learning objectives for the whole module. It was an aim of the new concept to achieve a stronger relation between theoretical concepts and their practical relevance. That is why there are lessons to impart theoretical knowledge, exercise units to recognize the practical use of this knowledge and finally practical work units to improve this understanding. To achieve that aim a structure for the whole teaching module was created giving a defined sequence of lessons, exercises and practical work (refer to Fig. 24). This structure was the base for the acquisition of learning objectives for every lecture. Each learning outcome was classified according to the taxonomy of Biggs and Mandl (2003). Thereby the authors restricted themselves to three levels:

- knowing – reproducing acquired knowledge,
- using – adopt acquired knowledge by decomposition and recombination,
- applying – reflect and/or evaluate acquired knowledge, explain relations between topics and consequences of modifications.

Each learning objective was furthermore associated to one of the following aspects: technical, methodical, social or personal.

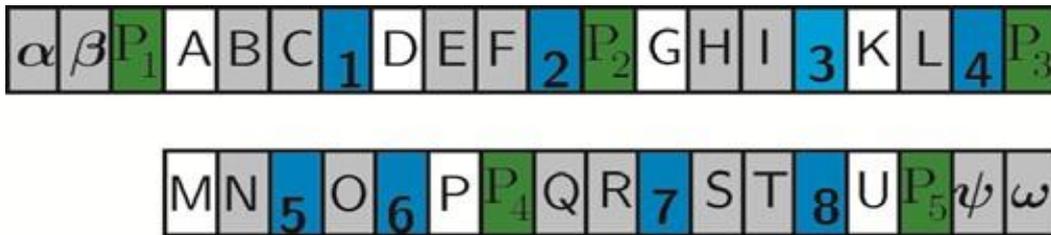


Abbildung 24: Structure for the whole teaching module with lessons (indicated with letters), exercises (indicated with small numbers on blue ground) and practical work units (indicated with a "P" followed by a number on green ground).

According to Biggs (2003) there is a strong relation between the learning objectives, the methods applied for the exam and the teaching arrangement. Thus the classification of the learning outcome for every lesson was important for the decision which content should be dealt within the blended learning concept. The essential criterion was the highest level of learning objective in a technical or methodical aspect. That is why the most difficult content can be specifically adopted by the professor to each group and discussed during the attendance phase of the blended learning unit. An additional criterion is the need of further explanation of specific mathematical content to react on the different abilities of the students concerning maths. Finally the texts ought to be evenly distributed over the whole semester.

Other blended learning attempts changed every communication of theoretical knowledge into a blended learning unit as described in Ewald, et al. (2015). The author decided to mix both forms – blended learning units and classical lectures. The main reason is that the module has three teaching slots in a week. With this concept, there would have been not enough time for the students to work through the texts neither for the lecturer to prepare the attendance units.

As a result seven teaching texts for blended learning units were defined. In Fig.24 they are marked with a letter on white ground. There are 13 lectures without blended learning (in Fig.1 marked with a letter on grey ground) and practical work units for further improvement of the competencies. In Fig. 24 they are marked with P1, P2, ... on green ground. Additionally, there are dedicated exercise units to recognize the practical use of the theoretical knowledge gained in the lectures. In Fig.24 they are marked with numbers on blue ground. Students are asked to prepare some exercises given via the eLearning platform. In the exercise unit the students discuss their results and ask questions to the lecturer. Finally a common solution is worked out in discussion with the students.

The concept for the whole teaching module thus reflects the strong relation between learning objectives and the teaching arrangement.

The first and last two lessons play a special role in this concept (in Fig.1 marked with greek letters). The first two lessons are introductory lessons to give an overview on the content of the whole module and to explain the new methods the students are confronted with. Both lessons focus on methodical and personal aspects of the competencies.

The last two lessons are used to get feedback from the students and to talk about the exam and its preparation. Furthermore the author provides a set of understanding oriented multiple-choice questions covering the content of the whole course and presented as a contest with small prizes. Although there is no multiple choice question in the exam it gives the students a good impression on their performance level.

An overview on all types of lessons used in the module is given by Table 14.

Tabelle 14: TYPES OF LESSONS IN THE MODULE

| Type of lesson | number |
|--|--------|
| Classical lecture | 13 |
| Blended learning unit | 7 |
| Exercise unit | 8 |
| Practical work unit | 5 |
| Introductory lessons | 2 |
| Summary, feedback and exam preparation | 2 |

B. Approach for an aligned exam concept

The definition of learning objectives for every lecture was a base for the concept of the exam, to give respect to the relation between both (refer to Fig. 25).

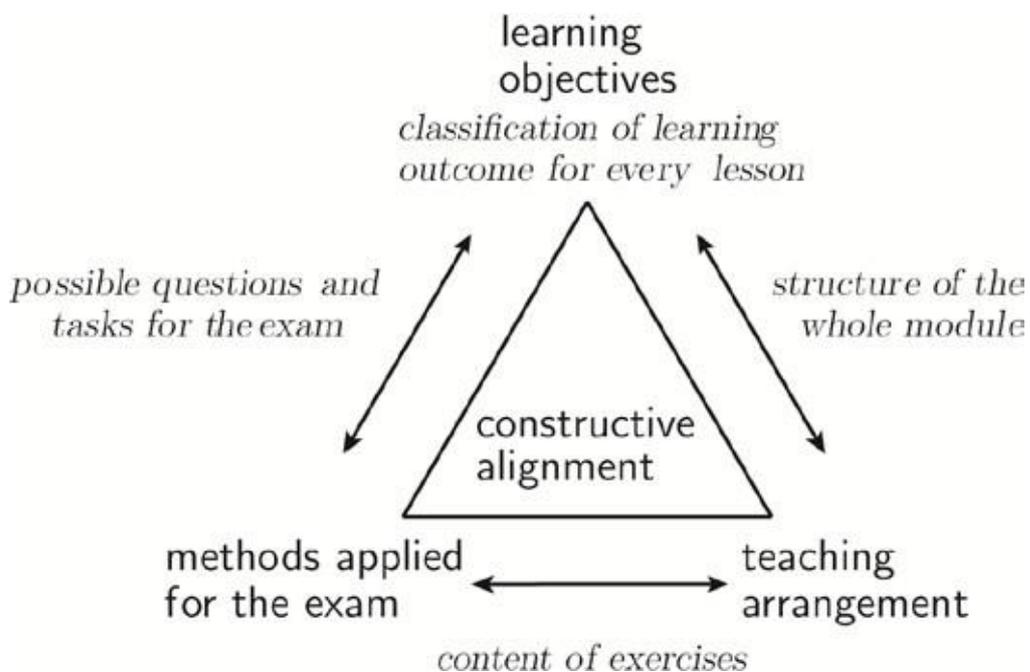


Abbildung 25: Constructive alignment according to Biggs [1] and implementation in the concept for the teaching control theory

The author added possible questions and tasks for the exam to every lecture and classified it according to the taxonomy of Biggs and Mandl as done with the learning outcomes before. Additionally the content of the exercises was aligned to these questions and tasks. Finally both – the questions and tasks for the exam and the exercises – were associated with the learning objectives for the whole module. Thus it is possible to show in which lecture which learning objective is covered at which level and if there is an exercise at an appropriate level.

This approach facilitates a competence based exam setup on one hand and assures that the exercise tasks contribute to the achievement of the learning outcomes of the whole module by the students on the other hand. This gives respect to the third relation mentioned in Biggs (2003) between methods applied for the exam and the teaching arrangement. Thus, it was possible to adjust the main points of the course and stress them to be the most important parts of the exam. Contents that were discussed in depth during the course will play an important role in the exam.

3.6.3 REALIZATION

A. Structure of the teaching texts and associated questions²⁸

For every blended learning unit the students get a specific teaching text at a dedicated eLearning platform of our university. This starts the online phase of a blended learning unit. They have to read the text during their self-learning time before the attendance phase. Furthermore, they have to answer the questions belonging to the text during this online phase. The answers have to be delivered by using the eLearning platform at least 24 hours before the attendance phase starts.

The teaching texts were written by the author of this paper based on several approved textbooks for control theory. This gives the possibility to adopt the texts in the specific needs for this particular module and additionally students have the possibility to get familiar with different textbooks.

Each teaching text has the same structure and is about six to eight pages long. It starts with an introduction section containing an abstract of the content and a statement about the prior knowledge necessary to follow the content and closes with the learning outcome to be reached with the text. This introduction covers about half a page. Then the actual teaching text starts. The main headlines are numbered like it is to be found in the script of the module. This is to make it easier for the students to get a link between texts, script and exercises as well. Each text closes with a list of references. As stated above the author used different references intentionally to make the students familiar with the famous textbooks on the subject.

²⁸ The teaching texts and the questions are not part of this paper to avoid uncontrolled distribution. If there is an interest in the actual content, please contact the first author.

Some teaching texts additionally contain a so-called mathematical attachment. It is known that control theory is rated as a challenging subject. This assessment is according to the opinion of the author mainly based on the need to use specific mathematical tools. That is why this tool is explained in the mathematical attachment if such a tool is needed to understand a particular teaching text. Consequently, students that have difficulties with the mathematical background of a specific topic in control theory may work with the mathematical attachment before dealing with the teaching text itself.

During the online phase of a blended learning unit students have to work through the text and answer specific questions by using the eLearning platform at least 24 hours before the attendance phase starts. The teaching texts stay visible at the eLearning platform once enabled but the questions disappear when the attendance phase starts. This is to prevent that students may memorize the questions and possible answers thinking this to be a good preparation for the exam itself.

There are four to six questions checking a basic understanding of the content. The answers may be found by carefully reading the text. The following questions are conceptual questions or exercises. The answers cannot be looked up easily and thus require a deep understanding of the subject. Most of these questions are provided with predefined multiple-choice answers with points for each correct answer. The answers to these questions chosen by the students are evaluated automatically by means of the eLearning platform.

Furthermore there is an open question asking if there are still issues open. If this is the case, the students may ask their question. If there is no issue open, students shall give a statement on the most important message of the text. The evaluation of this open question from the students has to be done by the lecturer. Students are granted with points if they give a meaningful question or statement.

B. Attendance phase of a blended learning unit

The evaluation of the answers to the questions belonging to a specific teaching text is the main item of the attendance phase. This was pointed out by Ewald, et al. (2015) as essential for a Just in Time Teaching concept. The content of the teaching text itself is not explicitly summarized or discussed to keep the motivation to actually read the texts.

As stated before, the answers to questions checking a basic understanding of the text and most of the conceptual questions are evaluated automatically by means of the eLearning platform. During the attendance phase, the lecturer repeats these questions and gives the right answer. All other options for answers are discussed, especially if it was chosen by students. The achieved points are not communicated individually to the students. However, a summary of the results serves as an additional feedback concerning the performance of the students.

The questions and statements from the students to the final open question form the main part of the preparation for the attendance phase for the lecturer. The preparation starts with clustering of the questions and statements. Usually there are less issues regarding questions checking basic understanding compared with

issues regarding the conceptual questions. Sometimes students raise new questions related to the text.

Each issue stated by a student will be cited anonymously without any correction in spelling or sentence construction. This direct confrontation with their own mistakes leads to an improvement in carefulness of the students by writing their answers during the semester.

Then the clustered questions are answered by the lecturer. Some answers need preparation in form of additional mathematical description, some require a modification of a graphic or an example. The answers prepared by the lecturer and its discussion with the students form the main part of the attendance phase. Thus it happens that topics discussed in the teaching text are explained during the attendance phase from a different viewpoint or with different means than in the text itself, leading to a deeper understanding. Another great advantage of the concept described in this paper is that the answers of the students sometimes reveal incorrect interpretations of a topic which cannot be found with any question.

The attendance phase may end with additional conceptual questions to be discussed in class using Peer Instruction.

As obvious the blended learning approach requires a permanent adaptation of the materials used for the attendance phase.

The blended learning approach has the advantage that every student may work in its own learning pace. Thus, this is one possibility to react on the increasing inhomogeneity of the students' abilities. This may result in a greater learning progress for all students. The advantage is only reachable if the learning text is available on an eLearning platform, which gives the students the possibility to work with it at any time and any place independent from the attendance time. Furthermore most of the questions are evaluated automatically by means of the eLearning platform. Because the communication of theoretical knowledge was transferred into the independent learning time of the students it is now possible to use the attendance time for answering individual questions. Often there are several questions regarding one topic. Thus the answers or the discussion regarding this topic are not only interesting for one student. This shall improve the understanding of the topics of the learning texts as stated in Nowak (2011). The advantage of the questions raised by the students is a new viewpoint for the lecturer, which gives the possibility to explain what the students really need and not what the lecturer thinks they may need. As a result the number of students in the attendance phase is equal or even higher than in a classical lecture.

As stated before the teaching texts stay visible at the eLearning platform once enabled. This also obtains for the material provided for the preparation of the practical work units. Thus at the end of the semester the students have a whole library of supporting material in the right order according to the order in the script. It is the idea of the concept that the students summon the content of the lectures during the semester to complete their own library continuously.

C. Practical work units

The practical work units take place during a normal teaching unit of 90 minutes. As the aim is a deeper understanding of the topics discussed in the lectures before there is no obligation to attend these units.

The first practical work unit P1 confronts the students with the difference of open and closed loop control using a small mobile robot. This unit is followed by a teaching text giving the necessary theoretical background to the issues demonstrated in the practical work unit.

All other practical work units are planned for the end of each chapter and shall deepen one essential context of this. In the second practical unit P2 the students shall measure a step function response of an unknown control system unit and describe and identify it. The presentation is done during the practical work unit to assure that every student may see different step functions and classification attempts.

The third practical unit P3 deals with the same control system units. But now the frequency response is to be measured. The students shall draw a Nyquist plot based on their measurements. For this practical unit they are asked to deliver a written measuring protocol and report afterwards.

The further practical units P4 and P5 deal with actual control loops and different effects to occur when setup the parameters of a controller.

The feedback of the students regarding this integrated approach is very good. Normally more than 80% of the attendants of the lecture take part at the practical work units.

D. One consistent example for the whole module

One point of criticism to lecturers is that they tend to have special examples to show special effects. Students may get the impression that these examples are specially constructed and do not reflect the reality. That is why the author developed one example used in every chapter of the module.

This example is intentionally no obvious technical one but a water bath to warm up and melt chocolate. This example gives the students a good mood because it is an everyday life thing and they are open to deal with the issues the lecturer wants to explain. So the “chocolate bath” is used to explain the difficult topic of obtaining a mathematical model of a real object and its description by different means the control engineer is familiar with. Furthermore the behaviour of the system is analysed in the time and frequency domain. Finally the example is used to explain the idea of a controlled closed loop and the choice and parametrization of a controller.

For the future it is planned to actually build this object to generate even more interest for control theory and its useful application in everyday life.

3.6.4 REACTIONS AND FEEDBACK OF THE STUDENTS

With the automated assessment of the answers from the students given by the eLearning platform, it is possible to evaluate the achievements of the students as a group. After the new concept was implemented for the first time in the winter semester 2016/17 the average number of points reached by the students was 70% for the first teaching text. With the other texts, which are more demanding concerning the content the rate of success reached 60%. The lecturer ranks these figures as a good result.

The number of students taking actively part, which means not only reading the texts but also answering the questions, varies during the semester. However, a survey of the students using electronic voting devices found that 80% of the students read three of the four provided teaching texts at least. Given the fact that this blended learning method was completely new to the students this may be seen as a good result as well.

80% of the students took part at the voluntary practical work units. 75% of the participants stated that these units were a useful contribution for understanding.

The positive effect of the new teaching concept is visible in the teaching evaluation of the department as well. Comparing the results of this evaluation from the summer semester 2015 with the winter semester 2016/17, there is a substantial improvement especially regarding the categories “logical structure”, “interest for the course”, “increase in knowledge” and “assumed knowledge”.

3.6.5 RESULTS OF THE ACCOMPANYING SCIENTIFIC RESEARCH

In that paper we use the students’ feedback to underline the effects of the teaching methods, even while that is a subjective approach. There is simply no objective alternative we could use to measure the effects. We cannot use the results of the exams due to the fact that we have to change the style of exams with the teaching method, so that wouldn’t be a valid test, because we would compare two results of two different instruments. Generally, exams are not a good tool to compare teaching methods. Another approach were diagnostic tests like Hake used in his study (Hake R. , 1998), but there are not enough well evaluated tests that cover the topics of that course. The best approach is to use self-assessments of students, which correlating highly with objective approaches, like diagnostic tests, which we could show in the HD MINT Project. To get a broader view of this topic read Asikainen, et al. (2013).

The effect of changing over teaching concepts was measured with a questionnaire developed by the HD MINT Project. This survey is a self-assessment covering the categories communication, methodical and professional competency, as well as the satisfaction of the participants with the teaching method and allows furthermore a comparison of the collected data with all the data gathered within the HD MINT Project of approximately 7100 students in 133 lectures at Bavarian

universities of applied sciences. The questionnaires were used at the end of the term in one of the last sessions.

The questionnaires were evaluated by The Bavarian State Institute for Higher Education Research and Planning (IHF) in Munich. Thereby a part of the model the questionnaire is based on shows how the change of teaching method effects students' commitment to study:

This model is already validated in the publications of the HD MINT Project. For a detailed comparison, refer to Hofmann & Köhler (2016).

The design of the examination consists of a before/after comparison. Therefore the questionnaire for the lecture control technology was used without JiTT (summer term 2014 and 2015) - these measurements serve as basis of comparison. For the first time in the summer term of 2016 lectures with JiTT have been carried out by using two teaching texts and have been evaluated with a questionnaire. In the winter term 2016/17 the implementation was carried out with four teaching texts and three practical work units. The evaluation includes 152 students, among them 28 female students (refer to Table 15).

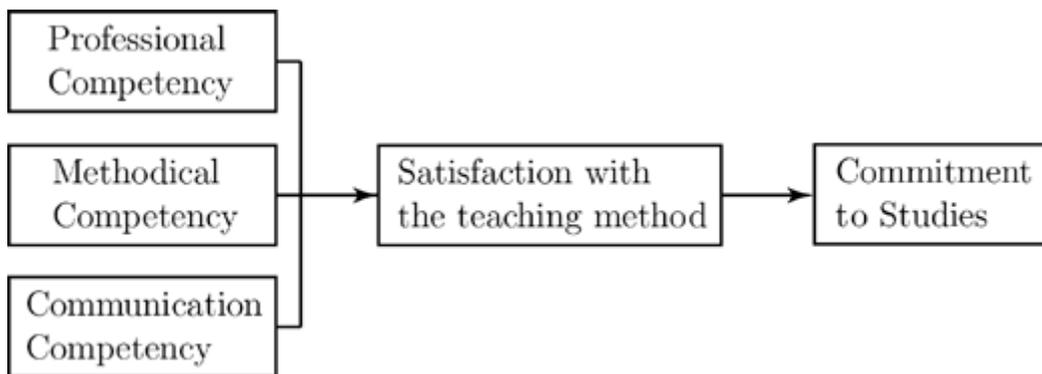


Abbildung 26: Model of the interdependency of changes through interactive teaching methods, in accordance with Hofmann/Köhler 2016

Tabelle 15: NUMBER OF STUDENTS PER TERM

| | Summer term 2014 | Summer term 2015 | Summer term 2016 | Winter term 2016/17 | Sum |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-----|
| Number of students | 38 | 42 | 39 | 33 | 152 |
| Including | female | male | | | |
| | 28 | 121 | | | |

By trend every self-concept of the students improves over time (refer to Fig. 27), especially regarding the methodical competency, which is improving from 2.7 to nearly 2.2 and is also highly statistical significant.

Furthermore there is a strong improvement of the professional competency, from 2.75 at summer term 2014 over 2.67 at summer term 2015, to 2.38 at summer term 2016, even with the winter term 2016/17 where the value is rising only a small amount, the trend is clearly seen. With the winter term 2016/17 the module moved towards an earlier semester within the curriculum. This might be one reason for the slight rising of the rating. With using the JiTT method there is a clear increase of the students' professional competency.

Generally, the increase of competency perceived by the students leads to a rapid advancement of the satisfaction with the teaching method, increasing from nearly three to two. Due to the model this also leads to a stronger commitment of the students to their studies, making it less likely students will quit their studies.

Looking at the approval for competence gain through the new teaching method in contrast to the comparison of mean values, the impact of the new concept shows up more clearly (refer to Fig. 27).

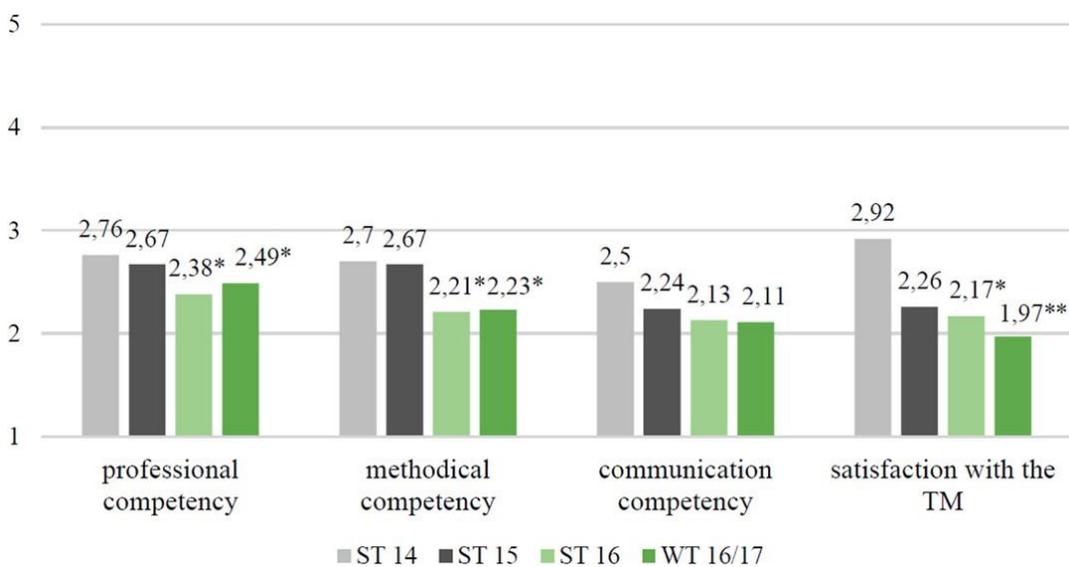


Abbildung 27: Comparison of the terms showing the mean of the self-concept of students regarding their competency and satisfaction. The smaller the value the merrier the self-concept of the students. with 1 := agree absolutely, until 5 := disagree absolutely. With level of significance (** $\alpha=0.01$; * $\alpha=0.05$).

Before using the new concept the approval of the students to gain professional competency was just 30% and increased to more than 50%. The same goes for the methodical competency which improved from 37% respectively 48% to 82% respectively 64%. Especially the category satisfaction with the teaching method got a significantly higher approval with using JiTT. A reason for that increase may also be the improved sovereignty of the lecturer over time.

The communication competency however is constant and not improving at all, but improving communication is not in the focus of that teaching method. Students learn for themselves and not in a group for example. There are other teaching methods to gain better results on the communication competency, like Problem

Based Learning or Peer Instruction. Yet it is an unexpected result that students evaluate communication competency in frontal teaching method that high. The authors would have expected at least some visible change due to the noticeable higher participation of students at a session as they, for example, asked more questions.

Furthermore, there were some interesting findings outside of the presented model, for example the feeling of autonomy students experienced with being part in that new concept. They answer question like, if they had the opportunity to independently work on a topic of the course, or, if they could make own decisions and distribute their time freely. Especially in the first item, they gave a positive feedback. The mean was increasing from 3 to 2. The overall results are no different for male or female students.

The results presented in this paper reflect the results of the HD MINT Project, where the method JiTT also increased the self-concept of professional and methodical competency, as well as the satisfaction with the teaching method of the students (refer to Fig. 28 and Fig. 29).

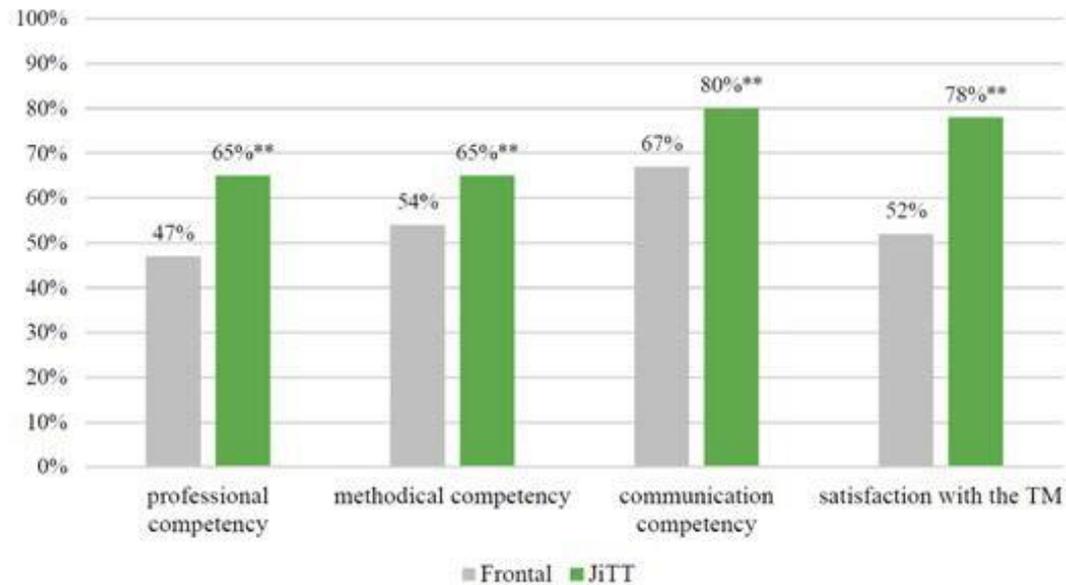


Abbildung 28: Agreement to gain competency and satisfaction: Resource: Hofmann/Köhler (2016). The statements underlying the constructs of competency and satisfaction were measured from 1 to 5, with 1:= agree absolutely, until 5:= disagree absolutely, also the constructs were normed from 1 to 5. The figure shows only the part of distribution has a value from 1 to 2.4, which is taken as approval to the underlying statements. The figure is showing the share of students agreeing to gain competency and satisfaction or commitment. With the level of significance 0,01 - ** and 0,05 - *.

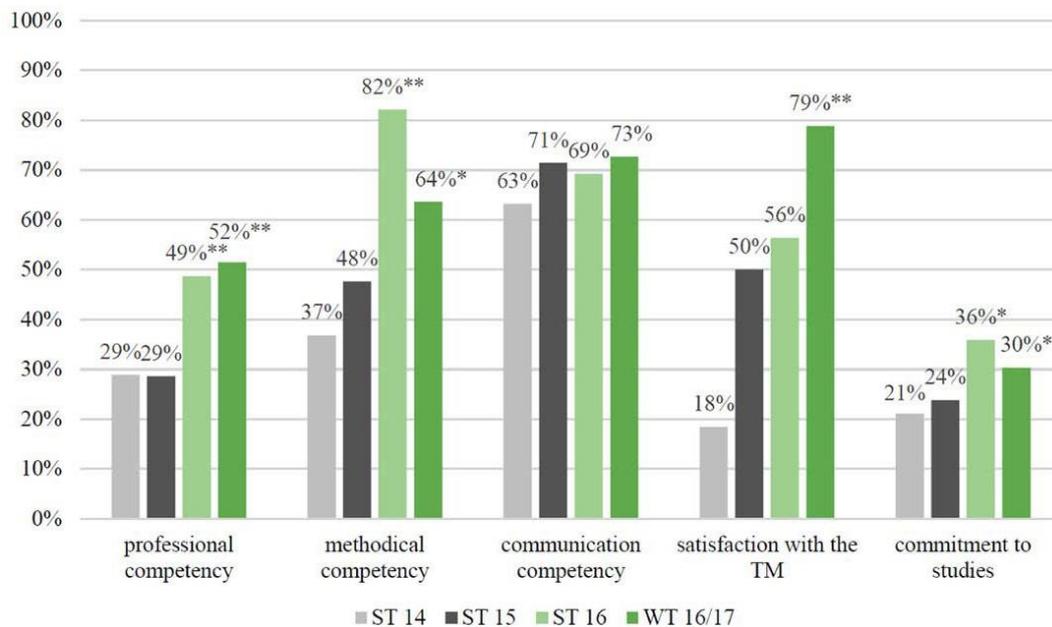


Abbildung 29: Approval of the students to the statements of competency, satisfaction and commitment. The statements underlying the constructs of competency and satisfaction were measured from 1 to 5, with 1:= agree absolutely, until 5:= disagree absolutely, also the constructs were normed from 1 to 5. The figure shows only the part of distribution has a value from 1 to 2.4, which is taken as approval to the underlying statements. The figure is showing the share of students agreeing to gain competency and satisfaction or commitment. With the level of significance 0,01 - ** and 0,05 - *.

The only difference is that at the HD MINT Project female students evaluated JiTT significantly higher than male students. The study also shows that the level of significance of differences between frontal teaching and JiTT improves. In addition, the difference is that in the HD MINT study, the participating lecturers used JiTT for 3 terms and longer, so they were getting more confident with the use of the new teaching concept. Furthermore, the instructors were slowly increasing the number of educational texts, so they increased the use of JiTT which leads to better evaluations (Hofmann & Köhler, 2016). The advantage of this study therefore is that the authors showed what really happened in the courses per term, which could be shown at the HD MINT Project, due to the high number of participants.

The idea of the HD MINT study was to compare different teaching methods without looking how the process of changing the method is taking place. We could show so far that the methods have certain effects, but the interesting part of the paper we present here is to show the reader an example of how to structure the steps to change a course. The relation between HD MINT study to this study is a change from the macro perspective to a micro perspective. In addition, this paper presents an idea how a change in teaching methods can be done, step by step.

Some limitations of this paper shall be mentioned. In the data solely students were included that were present at the last sessions of the term when the questionnaires were used, so the data shows only a share of the students participating in the courses. The implementation of JiTT is still ongoing and only a few sessions were supported with JiTT, so there is probably some more potential to further improve competency and satisfaction with JiTT. Perhaps there is an

optimal amount of JiTT sessions in one term. That would be a question the authors can answer at a later point in the research.

3.6.6 CONCLUSION

The concept for teaching control theory as a minor subject which was presented in this paper leads to improved competencies and satisfaction of the students and therefore to a stronger commitment of the students to their studies. The paper was able to show that the main goal, to improve competency with using the presented concept, was successful. Especially the professional and methodical competence have been improved considerably.

The increased satisfaction of the students is noticeable for the lecturer as well. There is a more opened climate during each lesson. Students asked freely even when there is no special activating method used at that particular time. This gives an extra motivation to keep this changing process of teaching running.

The conceptual change in the teaching method is a labour-intensive process starting with the use of the idea of constructed alignment. The authors propose a stepwise implementation based on the definition of learning objectives and aligned teaching arrangement. Those might be implemented step-by-step to limit the workload and to reach increasing confidence for the lecturer as well.

The change described in this paper has influenced other subjects of the lecturer. Each subject has now learning objectives defined. Activating methods are implemented and the eLearning platform is intensively used with different means.

3.7 Experiences with a new digitalized concept for teaching control theory as minor subject at a university of applied science²⁹

Köhler, Thomas; Rösel, Birgitt (2019): Experiences with a new digitalized concept for teaching control theory as minor subject at a university of applied science. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Dubai, 2019.

Abstract — This paper presents experiences with a digitalized concept for teaching control theory as minor subject with an integrated approach for lectures, exercises and practical sessions at the department of electrical engineering at the OTH Regensburg. The concept uses activating methods like blended learning and possibilities of digitalization of teaching implementing Just in Time Teaching and Peer Instruction. The basis for the new concept is the idea of constructive alignment.

Furthermore, this paper presents the feedback of the students along with an accompanying scientific research over several semesters focusing on the development over the past semesters.

Keywords — blended learning, constructive alignment, Just in Time Teaching, teaching text

3.7.1 Introduction

At the OTH Regensburg, one of the greatest universities of applied sciences in Bavaria, teaching takes place in groups of around 50 students attending lectures with exercises included.

This paper presents experiences with a digitalized concept for teaching control theory as minor subject with an integrated approach for lectures, exercises and practical sessions at the department of electrical engineering.

The concept uses activating methods like blended learning and possibilities of digitalization of teaching implementing Just in Time Teaching and Peer Instruction. Just in Time Teaching or JiTT is a strategy based on several principles of pedagogical best practice. In the concept described here, students ought to read a teaching text before a blended learning unit. Furthermore, they have to answer several questions regarding the content of the text. Based on these answers the lecturer adjusts the content of the attendance phase. Thus, the attendance phase of the blended learning unit is not wasted on topics which students learn easily. Students come to class well prepared and the lecturer is primed for this particular group of students while attending class (Gavrin, 2006). Peer Instruction or PI is an interactive teaching technique that promotes classroom interaction and thus complements the idea of JiTT, as stated in Watkins & Mazur (2010). JiTT structures

²⁹ Erstautor

students' reading before a lecture and provides feedback, so the lecturer can tailor PI questions to target the difficulties of the students (Watkins & Mazur, 2010).

The base of the new concept is the idea of constructive alignment (Biggs J. , 2003). The authors showed the use of this idea for the development of a competence-based exam setup in Rösel & Köhler (2018). According to the new concept for the whole module the author created specific teaching texts for the blended learning units.

The paper explains the base for the decision which context will be handled by blended learning units.

Additionally, there are lectures without blended learning as well as additional exercise units and practical work units for further improvement of the competencies. The overall structure of the teaching module is presented in the paper. The structure of the texts and the specifics of the practical work units are presented in Rösel & Köhler (2018).

Furthermore, this paper presents the feedback of the students along with an accompanying scientific research of more than 200 students over six semesters. In that research, the authors will present a model containing the professional, methodical and communication competency, as well as satisfaction of the students with the presented teaching method (TM). The main goal of the effort to change the concept of teaching and rework all the teaching material of the course is to improve the competence and the satisfaction of students, and therefore the commitment of students to their studies.

3.7.2 Idea of the new Concept

The development of the new concept started with the definition of learning objectives for the whole module. It was an aim of the new concept to achieve a stronger relation between theoretical concepts and their practical relevance. That is why there are lessons to impart theoretical knowledge, exercise units to recognize the practical use of this knowledge and finally practical work units to improve the understanding. To achieve that aim a structure for the whole teaching module was created giving a defined sequence of lessons, exercises and practical work.

Other blended learning attempts changed the communication of every theoretical knowledge into a blended learning unit as described in Ewald, et al. (2015). The author decided to mix both forms – blended learning units and classical lectures. The main reason is that the module has three teaching slots in a week. With this concept, there would have been not enough time for the students to work through the texts neither for the lecturer to prepare the attendance units. Students who completed the course stated that the change between blended learning units, classical lectures, exercise units and practical work was very helpful for the understanding of the module.

The defined structure with the different types of lessons was the base for the acquisition of learning objectives for every lecture. Each learning outcome was classified according to the taxonomy of Biggs and Mandl (2003). Thereby the authors restricted themselves to three levels:

- knowing – reproducing acquired knowledge,
- using – adopt acquired knowledge by decomposition and recombination,
- applying – reflect and/or evaluate acquired knowledge, explain relations between topics and consequences of modifications.

Each learning objective was furthermore associated to one of the following aspects: technical, methodical, social or personal.

According to Biggs (2003) there is a strong relation between the learning objectives, the methods applied for the exam and the teaching arrangement. Thus the classification of the learning outcome for every lesson was important for the decision which content should be dealt within the blended learning concept. The essential criterion was the highest level of learning objective in a technical or methodical aspect. That is why the most difficult content can be specifically adopted by the professor to each group and discussed during the attendance phase of the blended learning unit. An additional criterion is the need of further explanation of specific mathematical content to react on the different abilities of the student's concerning maths. Finally, the texts ought to be evenly distributed over the whole semester.

As a result, seven teaching texts for blended learning units were defined. The teaching texts³⁰ were written by the second author of this paper based on several approved textbooks for control theory. This gives the possibility to adopt the texts in the specific needs for this particular module and additionally students have the possibility to get familiar with different textbooks. Each teaching text has the same structure and is about six to eight pages long.

There are 13 lectures without blended learning and practical work units for further improvement of the competencies. Additionally, there are dedicated exercise units to recognize the practical use of the theoretical knowledge gained in the lectures. Students are asked to prepare some exercises given via the eLearning platform. In the exercise unit the students discuss their results and ask questions to the lecturer. Finally, a common solution is worked out in discussion with the students.

The concept for the whole teaching module thus reflects the strong relation between learning objectives and the teaching arrangement.

The first and last two lessons play a special role in this concept. The first two lessons are introductory lessons to give an overview on the content of the whole module and to explain the new methods the students are confronted with. Both lessons focus on methodical and personal aspects of the competencies.

³⁰ The teaching texts and the questions are not part of this paper to avoid uncontrolled distribution. If there is an interest in the actual content, please contact the second author.

The last two lessons are used to get feedback from the students and to talk about the exam and its preparation.

Furthermore, the author provides a set of understanding oriented multiple-choice questions covering the content of the whole course and presented as a contest with small prizes. Although there is no multiple-choice question in the exam it gives the students a good impression on their performance level.

With four terms experience with this concept the author can state that the setup of the new concept has been a great effort, especially for the preparation of the attendance phases. But the positive feedback of the students and a good atmosphere during the lectures were worth it.

3.7.3 Realization

For every blended learning unit the students get a specific teaching text at a dedicated eLearning platform of our university. This starts the online phase of a blended learning unit. They have to read the text during their self-learning time before the attendance phase. Furthermore, they have to answer the questions belonging to the text during this online phase. The answers have to be delivered by using the eLearning platform at least 24 hours before the attendance phase starts.

There are four to six questions testing a basic understanding of the content. The answers may be found by carefully reading the text. The following questions are conceptual questions or exercises. The answers cannot be looked up easily and thus require a deep understanding of the subject. Most of these questions are provided with predefined multiple-choice answers with points for each correct answer. The answers to these questions chosen by the students are evaluated automatically by means of the eLearning platform. The achieved points are not communicated individually to the students. However, a summary of the results works as additional feedback concerning the performance of the students.

Furthermore, there is an open question asking if there are still issues open. If this is the case, the students may ask their question. If there is no issue open, students shall give a statement on the most important message of the text. The evaluation of this open question from the students has to be done by the lecturer. Students are granted with points if they give a meaningful question or statement.

The evaluation of the answers to the questions belonging to a specific teaching text is the main item of the attendance phase. This was pointed out by Ewald, et al. (2015) as essential for a Just in Time Teaching concept. The content of the teaching text itself is not explicitly summarized or discussed to keep the motivation to actually read the texts.

The questions and statements from the students to the final open question form the main part of the preparation for the attendance phase for the lecturer. Now, after four terms experience, there is an effort of four to five hours to prepare one attendance phase. The preparation starts with clustering of the questions and

statements. Usually there are less issues regarding questions checking basic understanding compared with issues regarding the conceptual questions. Sometimes students raise new questions related to the text.

Each issue stated by a student will be cited anonymously without any correction in spelling or sentence construction. This direct confrontation with their own mistakes leads to an improvement in their carefulness by writing their answers during the semester.

Then the clustered questions are answered by the lecturer. Some answers need preparation in form of additional mathematical description, some require a modification of a graphic or an example. The answers prepared by the lecturer and its discussion with the students form the main part of the attendance phase. Thus, it happens that topics discussed in the teaching text are explained during the attendance phase from a different viewpoint or with different means than in the text itself, leading to a deeper understanding. Another great advantage of the concept described in this paper is that the answers of the students sometimes reveal incorrect interpretations of a topic, which cannot be found with any question. The attendance phase may end with additional conceptual questions to be discussed in class using Peer Instruction.

The blended learning approach requires a permanent adaptation of the materials used for the attendance phase.

The blended learning approach has the advantage that every student may work in its own learning pace. Thus, this is one possibility to react on the increasing inhomogeneity of the students' abilities. This may result in a greater learning progress for all students. The advantage is only reachable if the learning text is available on an eLearning platform, which gives the students the possibility to work with it at any time and any place independent from the attendance time. Furthermore, most of the questions are evaluated automatically by means of the eLearning platform. Because the communication of theoretical knowledge was transferred into the independent learning time of the students, it is now possible to use the attendance time for answering individual questions. Often there are several questions regarding one topic. Thus, the answers or the discussion regarding this topic are not only interesting for one student. This shall improve the understanding of the topics of the learning texts as stated in Nowak (2011). The advantage of the questions raised by the students is a new viewpoint for the lecturer, which gives the possibility to explain what the students really want and not what the lecturer thinks they may need. As a result, the number of students in the attendance phase is equal or even higher than in a classical lecture.

The teaching texts stay visible at the eLearning platform once enabled. This also obtains for the material provided for the preparation of the practical work units. Thus, at the end of the semester the students have a whole library of supporting material in the right order according to the order in the script. It is the idea of the concept that the students summon the content of the lectures during the semester to complete their own library continuously.

3.7.4 Reactions and Feedback of the Students

The first reaction when introducing the concept of the course described in this paper is often some kind of refusal because of the workload. However, students quickly realize the positive effect of the mixture of different teaching approaches and learning materials as often stated by the students.

The number of students taking actively part, which means not only reading the texts but also answering the questions, varies during the semester (refer to Fig. 30). After the new concept was implemented four times, it can be stated that the number of participants is changing but there is no clear pattern. In winter term 2016/17 the number of participants dropped from the first to the last teaching text by almost 50% (only four texts in that term). In winter term 2017/18 the number raised by almost the same amount. In summer term 2018 the number of participants started at a high level but after the second text it dropped down again by 45% and in winter term 2018/19 it was around 40% over all texts. Nevertheless at least 70 to 80% of the students stated in all semesters that they worked through all texts or left out only one text. They stated that they spend twice as much effort in the preparation of one blended learning unit than for a classical lecture. Furthermore, a clear majority of students stated that they would like to work through the next texts with the same effort or even more compared to the effort they spend for the first two texts.

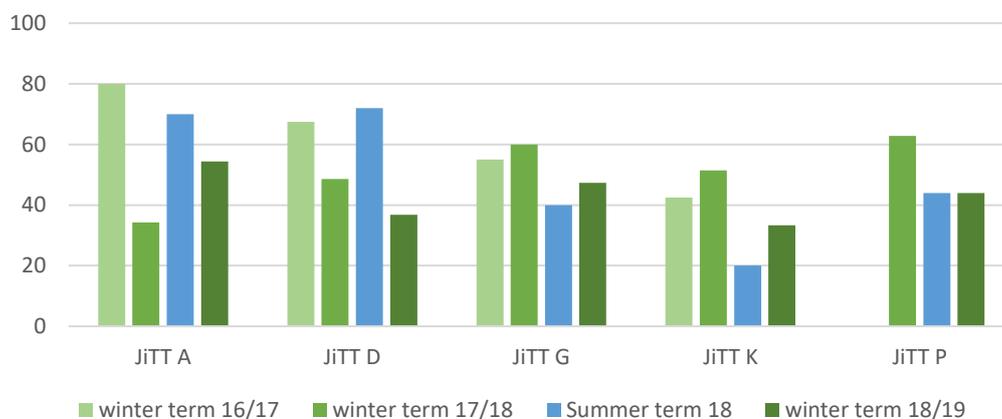


Abbildung 30: Participants of the JiTT units in percent of all students enrolled at the online platform

The students were asked in all four semesters with full implementation of the new concept how often they would like to have a blended learning unit. The answer was the same in every semester – most of them wanted to have such a unit every second week. The final version of the concept almost reaches this interval which seems to be a good compromise between the effort for the blended learning units and the positive results which are seen by the students as well. There was one additional text planned. However, shortly before and after this planned text there is a practical unit and two exercises. Thus, there is really not enough time to work with the text and that is why its content is presented with a classical lesson.

With the automated assessment of the answers from the students given by the eLearning platform, it is possible to evaluate the achievements of the students as a group. The result of this evaluation over four semesters with full implementation is given in fig. 31. It is obvious that the first teaching text reaches a high average number of points. Over all semesters the average achieved by all students regarding this teaching text is 73%. With the next text which has a more demanding content the rate of success drops down to an average of 60% over all semesters. But with following texts a rising in terms of average number of points reached by the students can be observed. Again, the four groups of students are different and thus there is no clear pattern. To sum it up the lecturer ranks these figures as a good result.

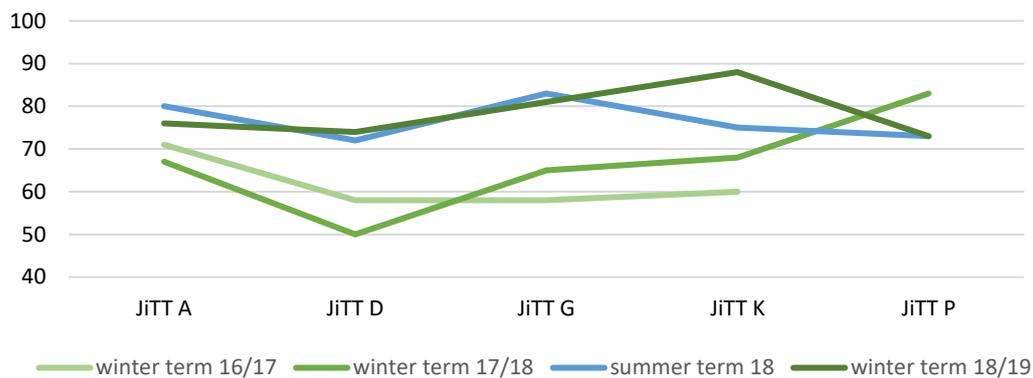


Abbildung 31: Average results at the JiTT course in percent.

In every semester more than 70% of the students took part at the voluntary practical work units. Most of them stated that these units were a useful contribution for understanding.

The positive effect of the new teaching concept is visible in the teaching evaluation of the department as well. Comparing the results of the evaluation from the summer semester 2015 with the winter semester 2016/17 and winter semester 2017/18 there is a substantial improvement especially regarding the categories "increase in knowledge". Students made clear that the learning material given to them was helpful. They stated furthermore that they used not only the learning texts and the script itself but also other material such as tutorials and videos.

3.7.5 Long term results regarding Competency and Satisfaction

The effects of the teaching concept are shown in this paper by using a self-assessment covering the categories of professional, methodical and communication competency as well as the general experience of competence and student satisfaction with the teaching method. Furthermore, the encouragement, which the course provides for students to keep on studying that subject, is examined. This item is called commitment to studies. The questionnaires were evaluated by The Bavarian State Institute for Higher Education Research and

Planning (IHF) in Munich. Figure 32 specifies the effectiveness of the teaching method in our view. The model is just a part of a model the original questionnaires are based on and was already validated in the publications of the HD MINT Project. For a detailed comparison, refer to Hofmann & Köhler (2016). This part will be used to focus on a long-term view of the effects in this paper, which is missing in the literature regarding new teaching concepts.

To explain the model shown in figure 32 in short form: Due to the constant feedback that is provided by using JiTT the students have the opportunity to reach a feeling of competency.

As they test their knowledge and experience their competence, they reach more satisfaction with the course and do not just think that they are competent. By the end of the course, they should also increase their commitment to their studies. The effectiveness of that model was already proved, so the authors will focus on showing that using JiTT has a beneficial effect, especially if used multiple times. It is expected by the authors that, due to learning effects for the teacher as well as learning effects for the students and improvements in using the concept, the feeling of competency and satisfaction will increase over time.

In this study the authors used the students' feedback to underline the effects of the teaching concept, even though that is a subjective approach. Anyhow, there is no objective alternative the authors could use to measure the effects. The results of the exams cannot be used, because with every change of the teaching method the structure of exams has to be modified. With that it would not be a valid test, because two results of two different instruments would be compared. Generally, exams are not a good tool to compare effects of teaching methods. Another approach which is used in this study (Hake R. , 1998) were diagnostic tests like Hake but there do not exist enough well evaluated tests that cover the topics of that course. The best approach is to use self-assessments of students, which are correlating highly with objective approaches, like diagnostic tests, what was shown in the HD MINT Project. To get a broader view of this topic refer to Asikainen, et al. (2013).

The design of the examination consists of a before and after comparison. Therefore, the questionnaire for the lecture control technology was applied without JiTT (summer term 2014 and 2015) - these measurements serve as basis of the comparison with the four semesters where the new teaching concept was stepwise implemented.

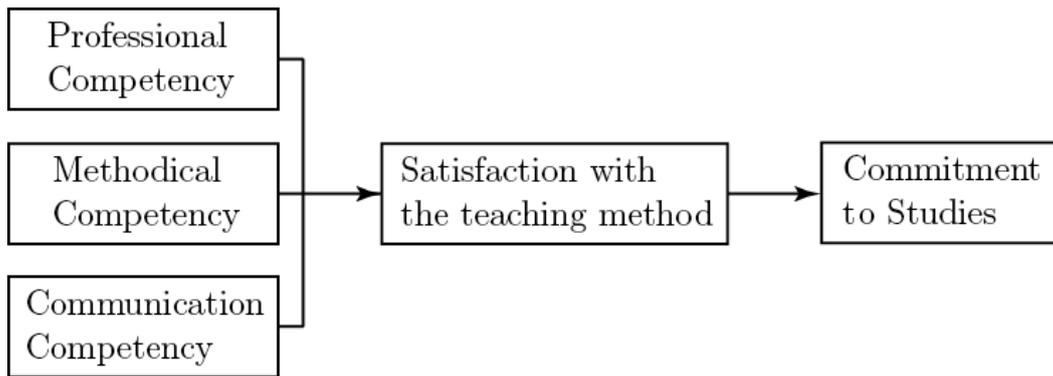


Abbildung 32: Model of the interdependency of changes through interactive teaching methods, in accordance with Hofmann/Köhler 2016

For the first time in the summer term of 2016 lectures with JiTT have been carried out by using two teaching texts and have been evaluated with a questionnaire. In the winter term 2016/17 the implementation was carried out with four teaching texts and three practical work units. In the following winter term 2017/18 another two teaching texts were added. In the summer term 2018 the concept was carried out with a group of students studying a different subject. Their timetable has a smaller number of lectures for control theory. Thus the content had to be adopted and the practical units were skipped, which may explain the different results of that semester, which is examined in the following paragraphs.

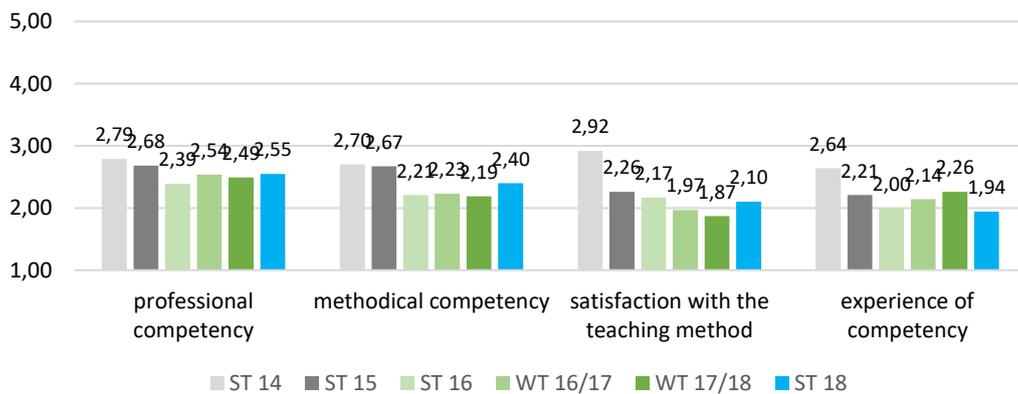


Abbildung 33: Comparison of the terms showing the mean values of the self-concept of students regarding their competency and satisfaction. The smaller the value the merrier the self-concept of the students. with 1 := agree absolutely, until 5 := disagree absolutely.

Overall, the evaluation includes 209 students, among them 33 female students. However some students did not give details about their gender. There are about 35 participants per term at the survey on average, shown in table 16. The number of students that participated on the questionnaire has dropped a little in the last three semesters. Some studies (Keller & Köhler, 2016) indicate that there should be a difference how male and female students value different teaching approaches, but due to the low rate on female students the authors cannot compare this number with the male group to get that kind of information. For example in winter term 2017/18 there is only one female student who answered the questionnaires.

Tabelle 16: NUMBER OF STUDENTS PER TERM

| | ST 14 | ST 15 | ST 16 | WT 16/17 | WT 17/18 | ST 18 | Sum |
|---------------------------|---------------|-------------|-------|----------|----------|-------|-----|
| Number of students | 38 | 42 | 39 | 33 | 23 | 34 | 209 |
| Including | female | male | | | | | |
| | 33 | 171 | | | | | |

with ST = summer term and WT = winter term.

There are some limitations to the evaluation of the long-term effects. The first to state is that it is not a panel design, which means that the groups of students are changing every semester. This makes it unable to validate that the effects are completely based on the new teaching approach. However, the trend shows a clear direction and the results of the studies are consistent with other results from studies like (Hofmann & Köhler, 2016). Furthermore, in the data presented are only students included that were present at the last sessions of the term when the questionnaires were used, so the data may be biased.

Fig. 33 shows the comparison of the mean values from some of the concepts which are analysed in this paper. The means are decreasing over time in the most cases, which indicates that students feel more competent and they have an increase in their satisfaction with the change of the teaching method. The lower the mean the higher the approval to the underlying statements of competence and satisfaction. The figure also displays that the effects are constant over time. At the summer term 2014 and 2015, the means are significantly higher than they are on summer term 2016 and 2017 and winter term 2017/18. In summer term 2018, there is a little increase, which may be due to the fact that in this group JiTT started for the first time again and was missing a practical unit, as mentioned before. Especially the difference from frontal teaching (grey bars) to the new teaching approach (green bars) is highly statistically significant at the methodical, professional competency and the student satisfaction with the teaching method, measured with a level of significance of $\alpha=0.05$ and 0.01.

To give a better picture of the long-term effect, the authors dichotomized the answers of the group of students that approve with the self-concept of competence and satisfaction, showing if the portion of students that agree is increasing or not. The results are displayed in fig. 34, showing the same picture as before. The approval is increasing over time with the exception of the summer term 2018. There is obviously a variance between the JiTT lectures (green bars), but overall a trend is visible. In fig. 34 the experience of competence is also added, which shows if the students not only feel competent, but also experience that due to the course. Most interesting is that in summer term 2018 students did not feel much more competent but they got a high experience of competence.



Abbildung 34: Approval of the students to the statements of competency, satisfaction and commitment. The statements underlying the constructs of competency and satisfaction were measured from 1 to 5, with 1:= agree absolutely, until 5:= disagree absolutely, also the constructs were normed from 1 to 5. The figure shows only the part of distribution has a value from 1 to 2.4, which is taken as approval to the underlying statements. The figure is showing the share of students agreeing to gain competency and satisfaction or commitment.

The trend for different competencies is displayed in fig. 35. The graph shows an increase of professional competency. At the summer semester the approval was under 40% and since then it increased slowly over the next semesters to an approval of 60%, then drops at summer term 2018. The methodical competency is also increasing starting by 40% approval and going up to 80% at summer term 2016, then lining-up at around 70% at the following semesters. It seems that the results of the methodical competency is more robust to a change of students every semester. In addition, the experience of competency was increasing slowly from 47% in 2014 to 69% in winter term 2016/17, dropping to 57% in winter term 2017/18 and increase to 77% in summer term 2018. There is some variation in the results but overall the student approval is way higher as it is with a frontal teaching concept. Even while the approval trend decreases once, the approval never drops down to the level at the semesters with frontal teaching approach.

Fig. 36 also displays the communication competency. There is also a trend slowly increasing starting in summer term 2014 by 63% going up to 83% in winter term 2017/18 und decreasing to 74% at summer term 2018. The effect on the communication competence is way lower then on the other competencies. It shall be mentioned that it is not the focus of a JiTT approach to enhance that competency, as students work for themselves not in groups for example. The most increasing concept is clearly the student satisfaction with that teaching method. It increased from 18% approval in 2014 to 79% in winter term 2016/17, then lining-up at around 65% approval. That is a clear positive trend. In addition, the student commitment for their studies is increasing a little, from 21% at 2014 up to 43% at WT 2017/18, then dropping as usual in summer term 2018. That means that students agree to the statement that this course encourages them to study their subject further. Regarding the fact that the commitment is influenced by many different aspects that result is notable.

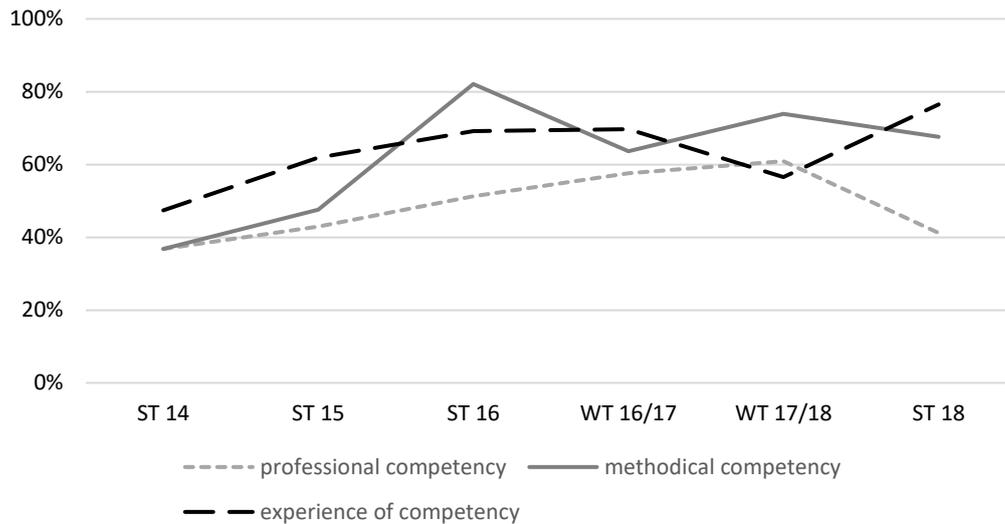


Abbildung 35: Approval of the students to the statements of competency at a long term trend. The statements underlying the constructs of competency and satisfaction were measured from 1 to 5, with 1:= agree absolutely, until 5:= disagree absolutely, also the constructs were normed from 1 to 5. The figure represents only answers showing a value between 1 and 2.4, which is taken as approval to the underlying statements. The figure is showing the share of students agreeing to gain competency.

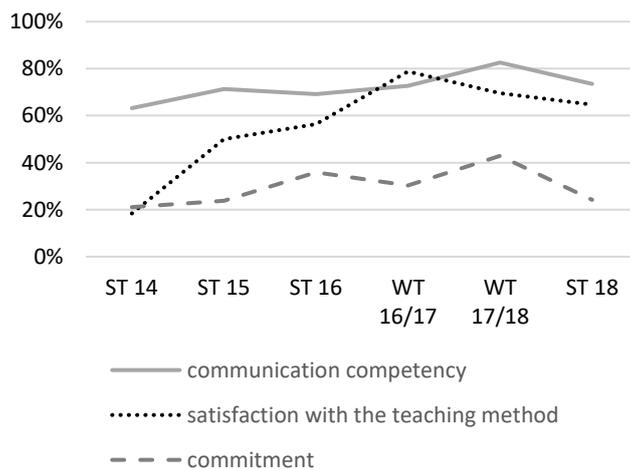


Abbildung 36: Approval of the students to the statements of communication competency, satisfaction and commitment. The statements underlying the constructs of competency and satisfaction were measured from 1 to 5, with 1:= agree absolutely, until 5:= disagree absolutely, also the constructs were normed from 1 to 5. The figure represents only answers showing a value between 1 and 2.4, which is taken as approval to the underlying statements. The figure is showing the share of students agreeing to gain competency and satisfaction or commitment.

Summing up the results in the long-term view, the data collected show a clear trend regarding student competency and satisfaction as well as their commitment for their studies. Even with the problematic summer term 2018 a picture of a positive growing trend towards a higher sense for more competency and satisfaction on student side can be given. Due to the high variance of the data, regarding different groups of students every term, which makes it hard to determine that the effects are exclusively caused by the teaching approach as the only treatment, we can still be shown that over all semesters with a JiTT approach the positive trend over time is distinctive. Viewing the model in fig. 32 that shows how the effectiveness of the teaching approach takes place it can be summed up

that over time the students' feeling of being competent is increasing, which leads to an increase of students' satisfaction and therefore to an increase of students' commitment to their studies.

Some interesting results of single items that were included in our questionnaires should also be mentioned. Fig. 37 shows the average values, which can be interpreted that the lower the mean the more students agree with the statement. Most interesting on the result is that students have a strong feeling that they get better feedback regarding their state of knowledge and their state of comprehension with using JiTT, even the summer term 2018 is agreeing strongly. Also, the rate of satisfaction is way higher, dropping from 2,78 in 2014, so they are indifferent with the course, to a value under 2 since winter term 2016/17, which is interpreted as average agreement that students are satisfied with the course. Furthermore, students tend to feel more autonomy while participating in that course. They have the feeling that they can use their time more freely and can decide when to work on a specific topic for example. That single item gives a good picture how the effectiveness of JiTT is taking place. It is a tool to get better feedback, working more self-controlled and having a more satisfying experience with the lecture.

This result is also reflecting in the approval of the students regarding the question how good they feel with the teaching approach they were participating in comparison to a frontal teaching approach. The results to that question are including answers from winter term 2016/17 to summer term 2018. The bulk of student answers were very good or good, around 92% of students (Fig. 38). Three students were indifferent, and four students did not like that kind of teaching method. That result is notable, considering the fact that JiTT includes them having a higher workload during the semester.

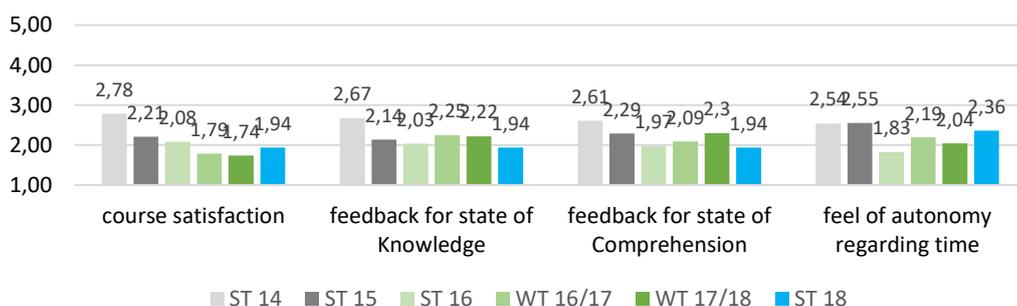


Abbildung 37: Comparison of the terms showing the mean of selected items of students regarding satisfaction feedback and autonomy. The smaller the value the merrier the self-concept of the students. with 1 := agree absolutely, until 5 := disagree absolutely.

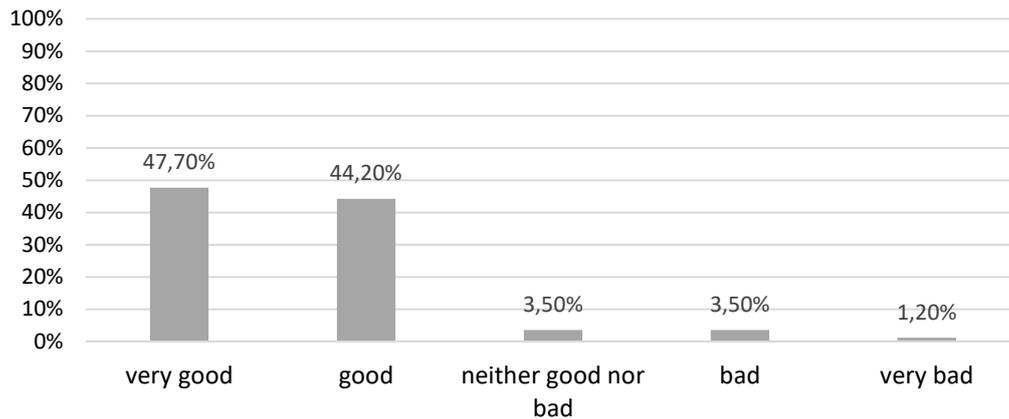


Abbildung 38: Distribution of answers to the question how students feel about the new teaching approach in comparison to a frontal teaching approach. The 83 answers of students including winter term 2016/17 to summer term 2018.

3.7.6 Conclusion

The concept for teaching control theory as a minor subject which is presented in this paper leads to improved competencies and satisfaction of the students and therefore to a stronger commitment of the students to their studies, a result which seems to be reproduced every term. The paper shows that the main goal of changing the teaching concept to improve competency with using the presented concept was successful. Especially the professional and methodical competence has been improved considerably and that improvement is constant over the time.

The significant increasing satisfaction of the students is noticeable for the lecturer as well. There is a more opened climate during each lesson. Students asked freely even when there is no special activating method used at that particular time. This gives an extra motivation to keep this changing process of teaching running. Furthermore, there is two-sided feedback from students to the lecturer and from the lecturer to the students, which takes place in the higher feeling of competence. A rather strange result regarding a more active and open atmosphere is that the feeling of communication competence is only slightly improving. This was not the main focus of using JiTT, but with students participating more actively in the courses and agreeing to have good feedback it was expected to reach a stronger increase. It can be that students in frontal teaching overestimate their communication competency.

Due to methodical issues it was described that it cannot be validated if the effect is exclusively caused by using JiTT. But with every term producing a similar picture, a strong indication towards a trend in the data for students feeling more competent and more satisfied with their participation at the courses can be presented.

To give a clear picture it has to be mentioned that the conceptual change in the teaching method is a labour-intensive process starting with the use of the idea of constructed alignment. The authors propose a stepwise implementation based on

the definition of learning objectives and aligned teaching arrangement. Those might be implemented step-by-step to limit the workload and to reach increasing confidence for the lecturer as well. As the data presented there are even effects with small changes.

The change described in this paper has influenced other subjects of the lecturer. Each subject has now learning objectives defined. Activating methods are implemented and the eLearning platform is intensively used with different means.

4 Diskussion

4.1 Revision der Modellspezifikation aufgrund der empirischen Befunde

Die Studie baute in den Messungen der Kompetenzen auf das Evaluationsinstrumentarium von Braun (2008) auf, welches sich nur zum Teil als praktikabel erwies und zu inkonsistenten Ergebnissen führte, einzig die Fachkompetenz und die Methodenkompetenz ließen sich schlüssig messen. Die Kommunikationskompetenz ist dabei das auffälligste Konstrukt, das sich in dieser Form für eine solche Studie eher nicht verwenden lässt. Die diesbezüglichen Ergebnisse waren nicht nur unerwartet, sondern auch inkonsistent. Studierende haben diese Kompetenz immer sehr hoch bewertet, egal mit welcher Lehrmethode sie konfrontiert wurden. Hierbei wäre es wünschenswert, wenn ein solches Konstrukt die Antwortmöglichkeiten einer Messskala ausschöpft. Die Studie lässt somit offen, inwiefern eine korrekt spezifizierte Kommunikationskompetenz in einem solchen Messmodell wirken kann.

Das in Kapitel 2, Abb. 6 beschriebene Kernmodell lässt sich auch in einer abgewandelten Form darstellen, wie auch schon in den Kapiteln 3.6 und 3.7 angedeutet. Dabei wird die Studierzufriedenheit in Abhängigkeit von Kompetenzerleben und Kompetenzwahrnehmung gestellt. Die Zufriedenheit wirkt dabei allein und direkt auf das Commitment (s. Abb. 39). Eindeutig klären lässt sich dies auf Grundlage der Literatur zum Commitment im Berufsumfeld in Kapitel 2 nicht. Beide Modellspezifikationen müssen daher weiter diskutiert und getestet werden. Es bleibt also die Frage, ob das Kompetenzerleben und die Kompetenzwahrnehmung nur indirekt mit dem Commitment zusammenhängen. Ließe sich daher das Modell wesentlich kompakter darstellen, indem man sich ausschließlich auf die Studierzufriedenheit als zentrale erklärende Größe stützt? Mit einer stärkeren Datenbasis wäre dahingehend eine Kausalanalyse sicher aufschlussreich.

Weiterhin ließe sich aufgrund der starken Korrelation zwischen Kompetenzwahrnehmung und Kompetenzerleben das Modell evtl. sparsamer darstellen. Je nachdem ob die Wirkung auf einzelne Kompetenzen gefragt ist, ließen diese sich aus dem Modell entfernen und einzig durch das Kompetenzerleben ersetzen. Dies würde sowohl das Modell als auch ein mögliches Messinstrument stark vereinfachen. Gerade auch mit Blick auf die Kompetenzwahrnehmung liefern nur Fach- und Methodenkompetenzen eindeutige Ergebnisse, sodass das Kompetenzerleben als Ersatz nur zu einem geringen Informationsverlust führen würde. Natürlich hängt dies vom Erkenntnisinteresse ab. Bezogen auf die Zielsetzung im Projekt wäre ein vereinfachtes Modell durchaus zu empfehlen, da es vor allem für ein Längsschnittdesign mit Fokus auf wenigen Variablen nutzbar wäre. Zudem bezogen sich die Kernfragen hier nicht auf Kompetenzen, sondern auf Zufriedenheit und Abbruchneigung.

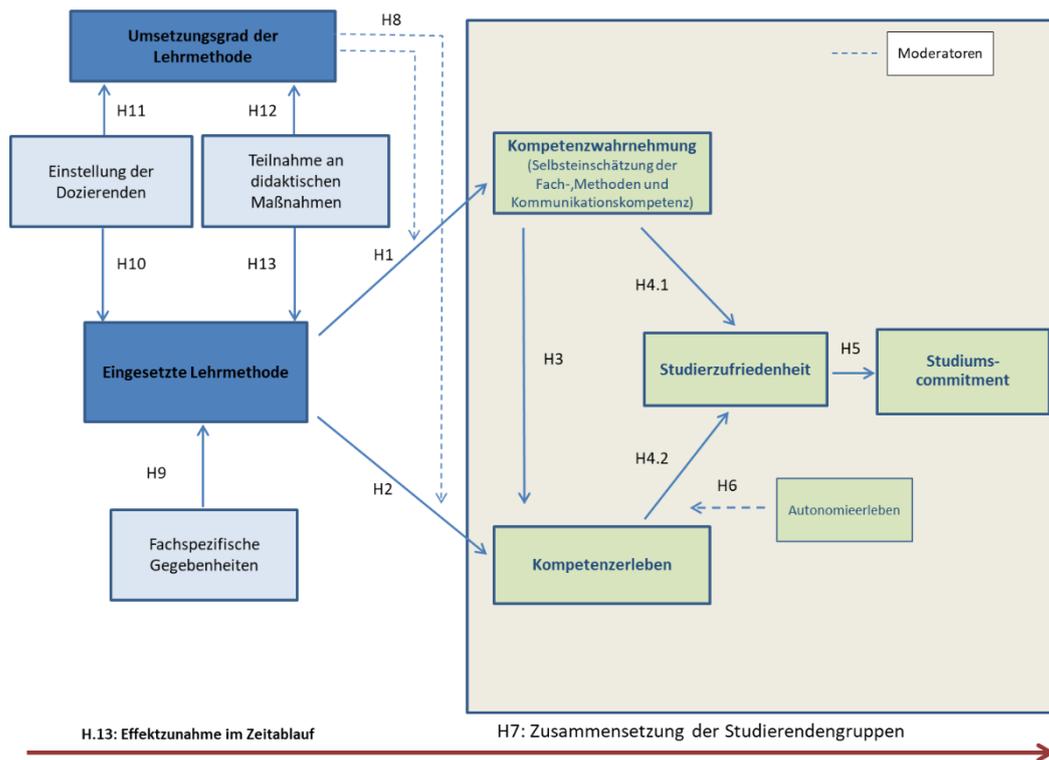


Abbildung 39: Wirkungsmodell in neuer Spezifikation

4.2 Limitationen

Einige Limitationen wurden im Kapitel 3 an unterschiedlichen Stellen angeführt und sollen hier nochmals komprimiert dargestellt und erweitert werden. Viele limitierende Faktoren liegen in der Natur des Verbundprojekts und in der Freiwilligkeit der Teilnahme an den Maßnahmen, was sich auch kaum anders gestalten lässt. In erster Linie war es ein Projekt zur Verbesserung der Lehrqualität und keine wissenschaftliche Studie. Die formative Evaluationsstudie zum Projekt musste die Gegebenheit vor Ort annehmen, um diese im Lauf der Studie aufgrund gewonnener Daten sukzessive zu verändern. Diese Einschränkungen beeinflussen die Qualität der Daten mitunter und zeigen sich in eher verhaltenen Aussagen der Autoren hinsichtlich signifikanter Ergebnisse. Die Studie beschränkt sich weitestgehend auf das Aufzeigen von Trends innerhalb der Daten, auch wenn der Querschnitt klar signifikante Ergebnisse hinsichtlich der zentralen Konstrukte aufzeigt.

Die Erhebung fand in unterschiedlichen Hochschulen statt, was auch ein unterschiedliches Klima zwischen den Lehrkräften mit sich bringt. In einigen Hochschulen ist ein Austausch in Bezug auf Lehre zwischen den Lehrkräften normal, bis hin zum Materialaustausch, an anderen Hochschulen ist es eher Tabu über die Lehre einer anderen Lehrkraft zu sprechen. Das bezieht sich auch auf Unterschiede in den Fachkulturen zwischen den MINT-Fächern, wie in der Studie von Derboven und Winkler (2009) angesprochen. Hinzu kommt, dass aufgrund der Freiwilligkeit der Dozent allein entscheidet, wie er die Idee einer bestimmten

Lehrmethode umsetzt, die daraus folgenden Implikationen wurden in Kapitel 1 und 2 bereits aufgeführt.

Ein weiterer einschränkender Faktor hierbei ist, dass die Studierenden nur entweder frontale oder aktivierende Lehrmethoden erleben und niemals dieselbe Studierendengruppe beides im Vergleich erlebt, zumindest in Bezug auf ein bestimmtes Stoffgebiet. Es gibt in dem Sinne auch keine echte Kontrollgruppe von Studierenden und somit auch keine Randomisierung, da deren Merkmale innerhalb eines Jahrgangs mitunter stark variieren können, gerade in sehr heterogenen Studierendengruppen wie sie an Fachhochschulen üblich sind. Dies ist ein Problem, das sich in dieser Form der formativen Evaluationsstudie mit ständig wechselnden Bedingungen auch schwerlich anders gestalten lässt.

Ein weiterer limitierender Faktor ist der häufige Wechsel der Mitarbeitenden an den Hochschulstandorten, die mit der Beratung und der Durchführung der Erhebung betraut waren und den Einsatz der Methode sowohl anleiteten als auch bewerten konnten. Zwar ließen sich diese Wechsel teilweise mit dem Konzept des Umsetzungsgrades auffangen, jedoch hätte mehr Kontinuität die empirischen Ausarbeitungen und die Datenqualität innerhalb des Projekts verbessert.

Die Limitationen führen dazu, dass die Ergebnisse in Form eines Trends in den Daten bewertet werden, insbesondere im Hinblick auf Langzeiteffekte, wie in Abschnitt 3.7 beschrieben.

4.3 Implikation und Empfehlungen für weitere Studien

Die Ausführungen über die Inputseite, die den Einfluss der Einstellungen der Lehrkräfte auf den Einsatz eines neuen Lehrkonzepts beinhalten, blieben hier in empirischer Hinsicht offen. In zukünftigen Forschungsarbeiten könnten die Lehrkraft und mit ihr verbundene Einflussgrößen auf den Lehrmethodeinsatz beleuchtet werden. Aus Trigwell und Posser (2006) und Pundak et al. (2009) lässt sich ableiten, dass ein Konzept der Einstellungsmessungen in verschiedenen Dimensionen einen Einfluss haben könnte, wie in Kapitel 2 dargestellt. Darüber hinaus sind die jeweiligen Erfahrungen der Dozierenden und inwiefern sie mit didaktischen Konzepten im Vorfeld vertraut waren und zu welchem Zeitpunkt sie mit den Konzepten konfrontiert waren ebenfalls ein offener Punkt.

Eine Komponente, die in dem Modell nicht enthalten war, die aber aus theoretischer Sicht interessant sein könnte, ist die Lehrmotivation einer Lehrkraft, die hier nicht beschrieben wurde. Einerseits, da die Arbeit sich nur auf Lehrkräfte innerhalb der Fachhochschulen bezieht und damit nicht repräsentativ für den ganzen Hochschulbereich ist, andererseits da sonst eine weitere Betrachtung der Anreizsysteme für Lehre im Hochschulwesen eingeführt werden müsste, wobei intrinsische und extrinsische Motivatoren unterschieden werden müssten. Für die hier vorliegende Arbeit wäre das nicht zielführend, aber es wäre durchaus denkbar, Arbeiten direkt an dieses Modell anzuknüpfen. Die Komponenten wären dann Einstellungen, Erfahrung und Motivation. Zu erwarten sind dabei starke Wirkungen dieser erklärenden Größen auf den Methodeneinsatz.

In jedem Falle zeigt sich, dass die Ergebnisse der Studie stark vom jeweiligen Fach und der Studierendenschaft abhängen können, gerade der Artikel in Kapitel 3.7 zeigt, dass die Anwendung derselben Methode durch denselben Dozenten in einem anderen Fach mit anderen Studierenden zu stark variierenden Ergebnissen führen kann, auch wenn eine Implementationsphase erfolgt war. Die hier interessanten Implikationen sind, dass die Lehrmethoden vermutlich in Abhängigkeit zur Fachkultur stehen und diese im Modell berücksichtigt werden sollte. Daraus folgt auch, dass es keine klare Empfehlung beziehungsweise klare Bestimmung der Wirkung einer Lehrmethode über Fächergrenzen hinweg geben kann. Dies muss in den jeweiligen Fachkulturen in größeren Stichproben getestet werden. Wie aus den empirischen Ergebnissen deutlich wird, gibt es keine in allen Aspekten überlegene Lehrmethode, sondern Lehrmethoden mit bestimmten Stärken, die zum Beispiel im Hinblick auf eine bestimmte Kompetenz wirken können. Deshalb sollten die hier dargestellten Lehrmethoden auch als ein Werkzeugkasten verstanden werden, der dabei helfen kann, Effekte wie Förderung des Verstehens oder der Zufriedenheit oder aber beispielsweise die Stärkung der Methodenkompetenz zu erreichen.

In jedem Fall waren die Aufstellung von Mindestkriterien der Umsetzung und die Bestimmung eines Umsetzungsgrades unerlässlich und werden dringend empfohlen, wenn größere Mengen an Veranstaltungen mit unterschiedlichen Dozierenden bewertet werden sollen. Im Rahmen des Projekts entstanden höchst unterschiedliche Interpretationen der jeweiligen didaktischen Konzepte der Lehrmethoden. Prinzipiell kann durch solche Abweichungen natürlich auch neues Wissen im Hinblick auf die Methoden entstehen, für eine Messung im größeren Umfang ist es dennoch hinderlich und sollte in Form einer Bewertung der Umsetzung Eingang finden.

Eine Verkürzung des Fragebogens wäre im Hinblick auf ein Längsschnittdesign zu empfehlen, aber auch im Hinblick auf die Akzeptanz durch die Lehrkraft, diesen Fragebogen während der Lehrveranstaltung einzusetzen. Die hier vorgestellten Ergebnisse geben einen Einblick, welche Komponenten des Modells dafür Verwendung finden können und inwiefern das Modell sparsamer dargestellt werden kann. Dies führt somit automatisch zu einem wesentlich kürzeren Fragebogen. Dazu wäre es zusätzlich sinnvoll, ein Matchingverfahren für die Studierenden zu verwenden, um zumindest einem Teil der unbeobachteten Varianz im Modell entgegenzuwirken. Es wird auch in Zukunft schwer möglich sein, ein klares experimentelles Setting für eine größere Studie zu schaffen.

4.4 Abschließende Bemerkungen hinsichtlich der Eignung einer solchen Studie

Warum wurde diese Studie trotz der beschriebenen Limitationen durchgeführt? Die Art und Weise der Durchführung war nur in dieser Form möglich, was zusätzliche Erkenntnisse hinsichtlich der Umsetzbarkeit und Machbarkeit solcher Projekte schuf. Verglichen mit einer Reihe anderer Studien leistet diese einen

wesentlich umfassenderen Beitrag: Man begnüge sich nicht damit, nur zwei Messzeitpunkte miteinander zu vergleichen oder wenig geeignete Operationalisierungsparameter wie bspw. Noten zu verwenden, die kaum Rückschlüsse auf subjektive Wahrnehmungen oder die Lernmotivation zulassen und vor allem wenig objektive bzw. reliable Messinstrumente darstellen. Soll der Fokus dagegen auf Zufriedenheit und Commitment der Studierenden liegen, lässt sich mit den hier dargestellten Messkonzepten auch leicht eine Veränderung über die Zeit messen. Das Instrumentarium, das hier vorgestellt wurde, ist für jede Lehrmethode in jedem Kontext und in jeder Fachrichtung für beliebige stoffliche Schwerpunkte einsetzbar und kann auch an veränderte Prüfungsanforderungen flexibel adaptiert werden. Darüber hinaus lässt sich dieses Modell mit einigen hier besprochenen Anpassungen zu einem klaren Längsschnittdesign bzw. zu einem Paneldesign erweitern. Außerdem umgeht diese Studie die Schwierigkeit, Abbrecher erfassen zu müssen. Das Modell, wie es hier vorgestellt wurde, ließe sich in jedem Fall sparsamer darstellen oder eben um weitere interessierende Aspekte erweitern. Sparsamer im Sinne der in Abschnitt 4.1 vorgestellten Ideen der starken Korrelation zwischen Kompetenzwahrnehmung, -erleben und der Studierzufriedenheit. Ein Beispiel hierfür wäre die Modifikation des Modells, in der die Aspekte der verschiedenen Kompetenzwahrnehmungen oder das Kompetenzerleben ersetzt werden können, da es ohnehin eine starke Korrelation zwischen den Größen gibt und beide auf die Zufriedenheit wirken. In jedem Fall sollte das Modell hinsichtlich der Kommunikationskompetenz neu spezifiziert werden und das Messinstrument dahingehend angepasst werden.

Natürlich ließe sich das Modell auch im Querschnitt erweitern, zum Beispiel um den Aspekt der Lehrmotivation von Dozierenden auf der Inputseite des Modells. In jedem Fall wäre es sinnvoll, die Dozierendenperspektive noch stärker auszuleuchten und diese Ideen auch zu testen. Ideen hierzu wären: Es fehlt noch ein tieferer empirischer Blick auf das Thema der Einstellungen und der Motivation von Lehrkräften hinsichtlich der Verwendung interaktiver Lehrmethoden, dabei kann diese Studie und auch die hier dargelegten theoretischen Überlegungen beitragen.

Alles in allem gibt diese Studie einen Überblick über das Feld zur Messung von didaktischen Großprojekten. Dabei wurde herausgearbeitet, welchen Herausforderungen eine solche Studie gegenübersteht und wie sich die meisten dieser Herausforderungen bewältigen lassen. Darüber hinaus sollte ein klarer Blick dafür entstehen, wo weitere Studien ansetzen könnten.

5 Literaturverzeichnis

- Abele, A. E., & Gendolla, G. H. (1999). Satisfaction judgments in positive and negative moods: Effects of concurrent assimilation and contrast producing processes. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25(7), S. 883-885.
- Abele, A. E., Cohrs, C., & Dette, D. E. (2005). Arbeitszufriedenheit - Person oder Situation? In L. Fischer, *Arbeitszufriedenheit. Konzepte und empirische Befunde* (S. 205-225).
- Anderson, L.; et al. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York.
- Anger, C., Geis, W., & Plünnecke, A. (2015). *MINT-Frühjahrsreport 2015. MINT – Regionale Stärken und Herausforderungen*. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft. Abgerufen am 25. November 2015 von <http://www.iwkoeln.de/studien/gutachten/beitrag/226208>
- Asikainen, H., Parpala, A., Virtanen, V., & Lindblom-Ylänne, S. (2013). The relationship between student learning process, study success and the nature of assessment: A qualitative study. *Studies in Educational Evaluation* 39, S. 211-217.
- Bandura, A. (1993). Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist*, 28(2), S. 117-148.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Salt Lake City.
- Benedikt, A., Brunnhuber, M., Franzen, O., & Herdegen, S. (2013). Peer Instruction in der Anwendung. *Tagungsband zum 1. HD-MINT Symposium 2013*, S. 12-18.
- Berg, C. (2017). Zusammenhänge zwischen beruflicher Identität, Commitment und. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 71, S. 169-178.
- Bessenrodt-Weberpals, M. (2006). Geschlechtergerechte Lehre in der Physik. Kontextorientiertes Lehren und Lernen in Naturwissenschaft und Technik. In S. Ebeling, Y. Khalil, V. Lukies, M. Sadaghi-ani, & M. Wiemeler, *Gezeitenwechsel. Dokumentation 30. Kongress von Frauen in Naturwissenschaft und Technik* (S. 221-227). Oldenburg.
- Bessenrodt-Weberpals, M. (2006). Geschlechtergerechte Lehre in der Physik. Kontextorientiertes Lehren und Lernen in Naturwissenschaft und Technik. In S. Ebeling, Y. Khalil, V. Lukies, M. Sadaghiani, & M. Wiemeler, *Gezeitenwechsel. Dokumentation 30. Kongress von Frauen in Naturwissenschaft und Technik* (S. 221-227). Oldenburg: BIS-Verlag.
- Biggs, J. (1999). What the Student Does – Teaching for enhanced learning. *Higher Education Research & Development*, 18(1), S. 57-75.
- Biggs, J. (2003). Aligning teaching and assessing to course objectives. *Teaching and Learning in Higher Education: New Trends ans Innovations*.

- Biggs, J., & Collis, K. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy*. New York: Academic Press.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: what the student does* (4. Ausg.). Maidenhead.
- Bischof-Köhler, D. (2006). *Von Natur aus anders. Die Psychologie der Geschlechtsunterschiede* (3 Ausg.). Stuttgart.
- Blickenstaff, C. J. (2005). Women and science careers: leaky pipeline or gender filter? *Gender and education*(17(4)), S. 369-386.
- Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David McKay Company.
- Blossfeld, H.-P., Bos, W., Hannover, B., Lenzen, D., Müller-Böling, D., Prenzel, M., & Wößmann, L. (2009). Geschlechterdifferenzen im Bildungssystem. In V. d. e.V. (Hrsg.), *Jahresgutachten 2009 des Aktionsrats Bildung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Blüthmann, I. (2012). Individuelle und studienbezogene Einflussfaktoren. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*(15), S. 273-303.
- Börensens, C., & Gensch, K. (2009). *MINT – Wege zu mehr MINT-Absolventen. Zwischenbericht*. München.
- Bösebeck, V. (2010). *Geschlechtliche Konnotationen in den disziplinären Kulturen der Ingenieurwissenschaften?*
- Böttcher, A., Kämper, A., & Thurner, V. (2015). On Analyzing the Effectiveness of Just-in-Time Teaching. *Proceedings of the 2015 IEEE Global Engineering Education Conference* , S. 453-461.
- Brabrand, C., & Dahl, B. (2007). Constructive Alignment and the SOLO Taxonomy: A Comparative Study of University Competences in Computer Science vs. Mathematics. In K. Calling, *Proceedings of the Seventh Baltic Sea Conference on Computing Education Research* (S. 3-17).
- Brabrand, C., & Dahl, B. (2009). Analyzing CS Competencies using the SOLO Taxonomy. In ITiCSE, *Proceedings of 14th Annual ACM SIGCSE conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (S. 1).
- Brannon, L. (2008). *Gender: Psychological perspectives* (6 Ausg.). Boston.
- Braun, E.; et al. (2008). Das Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen. *Diagnostica*, 54(1), S. 30-42.
- Brauner, P.; et al. (2010). The effect of tangible artifacts, gender and subjective technical competence on teaching programming to seventh graders. *Proceedings of the 4th International Conference on Informatics in Secondary Schools (ISSEP 2010)* (S. 61-71). LNCS 5941.

- Brauner, P.; et al. (2010). The effect of tangible artifacts, gender and subjective technical competence on teaching programming to seventh graders. In P. o. 2010), *LNCS 5941* (S. 61-71).
- Brezowar, G., Mair, M., Olsowski, G., & Zumbach, J. (2012). *Problem-Based Learning Im Dialog. Anwendungsbeispiele und Forschungsergebnisse aus dem deutschsprachigen Raum*. Wien: Facultas.
- Brovelli, D., & Wilhelm, M. (2009). Problemorientiertes Lernen für den integrierten Naturwissenschaftsunterricht – Vorschläge für Unterricht zur Optik und Akustik. *PhyDid A 2* (9), S. 65-72.
- Bundesagentur für Arbeit. (2014). Der Arbeitsmarkt in Deutschland - MINT-Berufe. (B. f. Arbeit, Hrsg.) Nürnberg. Abgerufen am 25. November 2015 von <http://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Arbeitsmarktberichte/Arbeitsmarkt-Allgemein/Arbeitsmarkt-Allgemein-Nav.html>
- Chang, I.-Y., & Chang, W.-Y. (Vol 4 Num 3. Winter 2012). THE EFFECT OF STUDENT LEARNING MOTIVATION. *International Journal of Organizational Innovation*, 4(3), S. 281-305.
- Colliver, J. (2000). Effectiveness of problem-based learning curricula: research and theory. *Academic Medicine*, 75(3), S. 259-266.
- Davies, J. (1998). The Shift from Teaching to Learning: Staff Recruitment and Careers Development Policies for the Universities of the Twenty-First Century. *Higher Education in Europe*(23), S. 307-316.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), S. 223-238.
- Derboven, W., & Winkler, G. (2009). *Ingenieurwissenschaftliche Studiengänge attraktiver gestalten*. Berlin: Springer.
- Deslauriers, L., Schelew, E., & Wieman, C. (2011). Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. *Science*(332(6061)), S. 862-864.
- Du, X. Y., & Kolmos, A. (2007). GENDER INCLUSIVENESS IN ENGINEERING EDUCATION: IS PROBLEM-BASED LEARNING ENVIRONMENT A RECIPE? *AC 2007-952*.
- Du, X., & Kolmos, A. (2007). *AC 2007-952: Gender Inclusiveness in Engineering Education: Is Problem-Based Learning Environment a Recipe?* AC 2007-952.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6), S. 905-923.
- Duncan, D., & Mazur, E. (2005). *Clicker in the classroom. How to enhance science teaching using classroom response systems*. San Francisco: Pearson Education.

- Eich-Soellner, E., Fischer, R., & Wolf, K. (2014). Aktivierung und Feedback – Der Einsatz von Just-in-Time Teaching und Peer Instruction in einer Analysis-Veranstaltung. In J. Roth, & J. Ames, *Beiträge zum Mathematikunterricht*, (S. 321-324). Münster: WTM.
- Eich-Soellner, E., Fischer, R., & Wolf, K. (2014). Ein Praxisbeispiel: Problembasiertes Lernen in der Veranstaltung „Angewandte Mathematik. In J. Roth, & J. Ames, *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 1345-1346). Münster: WTM.
- Ewald, J., Brand, C., Dölling, H., Muthig, V. O., & Serbu, M. (2015). 4 Jahre JiTT an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf: Zwei Praxisbeispiele. *Wege zum Verständnis bauen - Das Projekt HD MINT*.
- Gavrin, A. (2006). Just-in-time teaching. *Metropolitan Universities* 17(4), S. 9-18.
- Gensch, K., & Kliegl, C. (2011). Studienabbruch – was können Hochschulen dagegen tun? Bewertung der Maßnahmen aus der Initiative „Wege zu mehr MINT-Absolventen“. *Studien zur Hochschulforschung*(80).
- Gensch, K., & Sandfuchs, G. (2007). Den Einstieg ins Studium erleichtern. Unterstützungsmaßnahmen für Studienanfänger an Fachhochschulen. In B. S. Hochschulplanung, *Beiträge zur Hochschulforschung 2*. München.
- Gruber, H., Mandl, H., & Rankl, A. (1999). *Was lernen wir in Schule und Hochschule: träges Wissen? (Forschungsbericht Nr. 101)*. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik.
- Hagmaier, T., & Abele, A. E. (2015). Determinants of job satisfaction: Living ones calling as a neglected predictor. In R. Osbourne, *Job Satisfaction: Determinants, Workplace Implications and Impacts on Psychological Well-Being*. New York.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics* 66 (1), S. 64-74.
- Halpern, D. F. (2000). *Sex differences in cognitive ability* (3. Ausg.). Mahwah, NJ.
- Hamilton, C. (2008). *Cognition and sex differences*. Basingstoke, UK.
- Heiblein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. *DZHW Forum Hochschule*, 4.
- Hetze, P. (2011). *Nachhaltige Hochschulstrategien für mehr MINT-Absolventen*. Essen.
- Hetzer, P. (2011). *Nachhaltige Hochschulstrategien für mehr MINT-Absolventen*. Essen: Edition Stifterverband.

- Heublein, U.; et al. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an. *DZHW Forum Hochschule*, 4.
- Hmelo-Silver, E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational psychology review* 16(3), S. 235-266.
- Hochstetter, K. (2013). Just-in-Time-Teaching: Vorbereitete Studierende, maßgeschneiderte Lehrende – geht das? In *Z. f. Hochschuldidaktik, Tagungsband zum 1. HD-MINT Symposium 2013* (S. 80-88). Ingolstadt.
- Hochstetter, K., Brunnhuber, M., Kämper, A., Keller, U., Nissler, A., Waldherr, F., . . . Wolf, K. (2014). Projekt HD MINT: Hochschuldidaktik im MINT-Bereich - Wege zu einer lernerzentrierten und aktivierenden Lehre. In *m. Forward, Engineering Education from vision to mission* (S. 246-248). Dortmund: TeachING-LearnING.EU.
- Hochstetter, K., Gubner, A., & Nissler, A. (2015). Konfrontation mit Fehlkonzepten durch Just-in-Time Teaching und Peer Instruction – ein Beispiel aus der Fluidmechanik. In H. Schelhowe, & M. Schaumburg, *Teaching is Touching the Future. Academic teaching within and across disciplines* (S. 99-101). Bielefeld: Webler.
- Hofmann, Y., & Köhler, T. (2013). Möglichkeiten und Grenzen der Wirksamkeitsmessung interaktiver Lehrmethoden – Ein erster Erfahrungsbericht. In *Z. f. Hochschuldidaktik, Tagungsband zum 1. HD-MINT Symposium 2013* (S. 102-108). Ingolstadt.
- Hofmann, Y., & Köhler, T. (2014). Wissenschaftliche Begleitforschung im Projekt HD-MINT – Erste Ergebnisse zur Lehrmethode Problem-Based Learning (PBL). *DiNa 10/2014*, S. 41-43.
- Hofmann, Y., & Köhler, T. (2016). Aktivierende Lehrmethoden in MINT-Fächern: Einsatzvariationen und Wirkungen aus Sicht der Studierenden. *Wege zum Verständnis bauen - Das Projekt HD MINT* (S. 132-151). Ingolstadt: Zentrum für Hochschuldidaktik.
- Hofmann, Y., & Köhler, T. (2016). Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT Fächern. *HSW*.
- Hofmann, Y., & Köhler, T. (2016). Interaktivität um jeden Preis? Bericht aus dem Alltag von Lehrveranstaltungsumstellungen in MINT-Fächern. *HSW*(4), S. 124-128.
- Holstermann, N., & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I [Gender-specific interests of adolescent learners in science topics]. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, S. 71-86.
- Holstermann, N., & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(13), S. 71-86.

- Hyde, J. S. (1990). Meta-Analysis and the Psychology of Gender Differences. *Signs*, 16(1), S. 55-73.
- Joiner, R., Lacovides, J., Owen, M., Gavin, C., Clibbery, S., Darling, J., & Drew, B. (2011). Digital Games, Gender and Learning in engineering: Do females benefit as much as males? *Journal of Science Education and Technology* 20(2), S. 178-185.
- Kämper, A., Böttcher, A., & Köhler, A. (2016). Research-based Learning in an Advanced Software Engineering Course. In G. Hagel, & J. Mottok, *Proceedings of the European Conference on Software Engineering Education 2016* (S. 87-99). Aachen: Shaker Verlag.
- Keller, U., & Köhler, T. (2016). Aktivierende Lehrmethoden in den MINT-Fächern aus der Genderperspektive. In *Anwendungsorientierung und Wissenschaftsorientierung in der Ingenieurbildung - Wege zur technischen Bildung*. (S. 124-131). Siegen: Universität Siegen.
- Keller, U., Stippler, G., Hofmann, Y., Köhler, T., Waldherr, F., & Walter, C. (2014). Das Projekt HD MINT ein neuer Weg zur verständnisorientierten Lehre. In M. Merkt, N. Schaper, & C. Wetzel, *Professionalisierung der Hochschuldidaktik. Blickpunkt Hochschuldidaktik* (Bd. 127). Bielefeld: Bertelsmann.
- Klann-Delius, G. (2005). *Sprache und Geschlecht*. Stuttgart.
- Köhler, T., & Hofmann, Y. (2013). *Fragebogen zu Motivation und Kompetenzerfinden*. München: IHF.
- Koneczny, N., Hick, C., Siebachmayer, M., Floer, B., Vollmar, H., & Butzlaff, M. (2003). Evidenzbasierte Medizin: Eingebettet in die Ausbildung – Selbstverständlich in der Praxis? *Zeitschrift für Ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung*(97(4)), S. 295-300.
- Lathinen, T. (2005). Implementation of Problem-Based Learning in Engineering Education – PBL curriculum in Mechatronics. In P. E., & P. S., *PBL in Context – Bridging Work and Education* (S. 75-95). Tampere.
- Laws, P. W., Rosborough, P. J., & Poodry, F. J. (1999). Women's responses to an activity-based introductory physics program. *American Journal of Physics*, 67(S1), S. 32-37.
- Malouff, J. M., Hall, L., Schutte, N. S., & Rooke, S. E. (1. März 2010). Use of Motivational Teaching Techniques and Psychology. *Psychology Learning and Teaching*, 9(1), S. 39-44.
- Mandl, H. (2011). Worksheet Lernziele. Workshop material presented at Virtuelle Hochschule Bayern. Von <http://www.psy.lmu.de/edu/persons/emeriti/mandl-heinz/index.html> abgerufen

- Marrs, K. A., & Novak, G. (2004). Just in Time Teaching in Biology: Creating an Active Learner Classroom Using the Internet. *Cell Biology Education*, 3(1), S. 49-61. Von <http://www.lifescied.org/content/3/1/49.full.pdf>. abgerufen
- Martínez-Caro, E., & Campuzano-Bolarín, F. (1. Oktober 2011). Factors affecting students' satisfaction in engineering. *European Journal of Engineering Education*, 36(5), S. 473-483.
- Maudsley, G. (1999). Roles and responsibilities of the problem based learning tutor in the undergraduate medical curriculum. *BMJ: British Medical Journal* 318(7184), S. 657.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. New Jersey : Prentice-Hall.
- Mazur, E. (2006). Peer Instruction: Wie man es schafft Studenten zum Nachdenken zu bringen. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*(4/55), S. 11-15. Von Universität München: http://www.bmo.physik.uni-muenchen.de/~riedle/E2p/skript/Mazur_22744.pdf abgerufen
- Meissner, B., & Neng, A. (Oktober 2014). Was brauchen wir in der Prüfung?“ Problembasiertes Lernen (PBL) im ersten Semester. *Didaktik Nachrichten*, S. 14-24.
- Meyer, J. P., Stanley, D. J., Herscovitch, L., & Topolnytsky, L. (2002). Affective, Continuance, and Normative Commitment to the Organization: A Meta-analysis of Antecedents, Correlates, and Consequences. *Journal of Vocational Behavior*, 61, S. 20-52.
- Mills, J. E. (2011). Reflections on the past, present and future of women in engineering. *Australasian Journal of Engineering Education* 17(3), S. 139.
- Mischau, A., Langfeldt, B., & Mehlmann, S. (2009). Genderkompetenz als innovatives Element der Professionalisierung der LehrerInnenausbildung für das Fach Mathematik. *Journal des Netzwerks Frauenforschung NRW*(25).
- Moust, J., Berkel, H., & Schmidt, H. (2005). Signs of erosion: Reflections on three decades of problem-based learning at Maastricht University. *Higher education*(50(4)), S. 665-683.
- Müller, C. (2011). Implementation von Problem-based Learning – institutionelle Bedingungen und Anforderungen. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*(6(3)), S. 111-127.
- Myrdal, C., Kolmos, A., & Holgaard, J. (2011). The New Aalborg PBL Model – the first Part of the Story from a Management Perspective. In J. Davies, E. de Graaff, & K. A., *PBL across the disciplines: Research into best practice* (S. 726-734).
- Neville, A., & Norman, G. (2007). PBL in the undergraduate MD program at McMaster University: three iterations in three decades. *Academic Medicine* 82(4), S. 370-374.

- Nienhüser, W. (2015). Mehr Mitbestimmung auf Arbeitsplatz-, Betriebs- und Unternehmensebene – Vorschläge zur Diskussion. In D. Wetzels, *Beteiligen und Mitbestimmen. Für eine lebendige Demokratie in Wirtschaft und Gesellschaft* (S. 30-33). Hamburg: VSA.
- Novak, G., Gavrin, A., Christian, W., & Patterson, E. (1999). *Just-in-Time-Teaching: Blending Active Learning with Web Technology*. Upper Saddle River: NJ: Benjamin Cummings.
- Nowak, G. M. (2011). Just-in-time teaching. *New Directions für Teaching and Learning 2011(128)*, S. 63-73.
- Pajares, F. (1996). Self-Efficacy Beliefs in Academic Settings. *Review of Educational Research, 66(4)*, S. 543-578.
- Perrenet, J., Bouhuijs, P., & Smits, J. (2000). The suitability of problem-based learning for engineering education in theory and practice. *Teaching in higher education 5(3)*, S. 345-358.
- Prosser, M., & Trigwell, K. (2006). Confirmatory factor analysis of the Approaches to Teaching Inventory. *British Journal of Educational Psychology, 76*, S. 405-419.
- Pundak, D., & Herscovitz, O. (2009). Instructors' Attitudes toward Active Learning. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects, 9*, S. 215-232.
- Raine, D., & Symons, S. (2005). Experience of PBL in Physics in UK Higher Education. In P. E., & P. S., *PBL in Context – Bridging Work and Education* (S. 67-79). Tampere.
- Riedl, L., & Lermer, S. (2016). Aktivierende Methoden für heterogene Lerngruppen – ein Vergleich zweier konzeptioneller Ansätze. In I. f. Heidelberg, *Beiträge zum Mathematikunterricht*. Münster: WTM-Verlag.
- Robertson, L. A. (2006). Why are there so few female physicists? *The Physics Teacher, 44(3)*, S. 177-180.
- Rösel, B., & Köhler, T. (2018). First Results of a new digitalized concept for teaching control theory as minor subject at a university of applied science. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. La Palma.
- Roslöf, J., & Tuohil, R. (2005). Experiences on a PBL Implementation in Engineering Education. In P. E., & P. S., *PBL in Context – Bridging Work and Education* (S. 95-117). Tampere.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology, 25*, S. 54-67.
- Ryan, R., & Deci, E. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic. *Contemporary Educational Psychology(25)*, S. 54 – 67.
- Satow, L., & Schwarzer, R. (2003). Entwicklung schulischer und sozialer Selbstwirksamkeitserwartung. Eine Analyse individueller

- Wachstumskurven. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 50(2), S. 168-181.
- Savery, J. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* 1(1), S. 9-20.
- Scherer, T., & Schaffner, N. (2012). Wenn der Sieben-Schritt zum Alibi wird: Die Studienaufgabe. In G. M. Mair, O. G., & Z. J., *Problem-Based Learning im Dialog* (S. 1-11). Wien: facultas. wuv Universitätsverlag.
- Schmidt, H., Cohen-Schotanus, J., van der Molen, H. T., Splinter, T. W., Bulte, J., Holdrinet, R., & van Rossum, H. (2010). Learning more by being taught less: A "time-for-self-study" theory explaining curricular effects on graduation rate and study duration. *Higher Education* 60(3), S. 287-300.
- Schwab, S. (2014). Zufrieden mit der Schulwahl? Aspekte der Schulwahl in der Sekundarstufe II. *Erziehung & Unterricht* 164(7-8), S. 719-730.
- Serbu, M., Orsic-Muthig, V., Dolisni, N., Kias, U., & Palfreyman, N. (2014). Problem-Based Learning Eine Methode – drei Anwendungen. In F. Waldherr, *Didaktik Nachrichten 10/2014, Zentrum für Hochschuldidaktik (DiZ)* (S. 25-35). Ingolstadt.
- Shinde, V., & Kolmos, A. (2011). *Students experience of Aalborg PBL Model: A case study*. Lisboa: World Engineering Education Flash Week.
- Stadler, H., Duit, R., & Benke, G. (2000). Do boys and girls understand physics differently? *Physics Education*, 35(6), S. 417.
- Turner, V., Böttcher, A., & Kämper, A. (2014). Identifying Base Competencies as Prerequisites for Software Engineering Education. In I. G. (EDUCON), *Proceedings of the 2014* (S. 1069-1076).
- Turpen, C., & Finkelstein, N. D. (2009). Not all interactive engagement is the same: Variation in physics professors' implementation of Peer Instruction. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 5.
- Uhly, A. (Januar 2014). *Bundesinstitut für Berufsbildung*. Von Bundesinstitut für Berufsbildung:
https://www.bibb.de/dokumente/pdf/a21_dazubi_methodenpapier_abbruchquote_jan-2014.pdf abgerufen
- Usher, E. L., & Pajares, F. (2006). Sources of academic and self-regulatory efficacy beliefs of entering middle school students. *Contemporary Educational Psychology*, 31, S. 125-141.
- Vandercammen, L., Hofmans, J., & Theuns, P. (2014). The mediating role of affect in the relationship. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 87, S. 62-79.
- Voigt, A., & Jönes, I. (2005). Multiples Commitment als Erweiterung bestehender Konzepte der Mitarbeiterbindung? *Mannheimer Beiträge zur Wirtschafts- und Organisationspsychologie*(3), S. 11-17.

- Walter, C. (2013). *Technik, Studium und Geschlecht: Was verändert sich im Technik- und Selbstkonzept der Geschlechter?* Berlin.
- Walzik, S. (2012). *Kompetenzorientiert prüfen: Leistungsbewertung an der Hochschule in Theorie und Praxis. Kompetent lehren (Band IV)*. Opladen & Toronto: Verlag Barbara Budrich/UTB.Weinert.
- Watkins, J., & Mazur, E. (2010). Just-in Time Teaching and Peer Instruction. In *Just-in Time Teaching* (S. 39-62).
- Weber, A. (2007). *Problem-Based Learning*. Bern: h.e.p.
- Weinert, F. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. Weinert, *Leistungsmessung in Schulen* (2. Ausg., S. 17-31). Weinheim: Beltz.
- Welbers, U. (1998). Studierendenpartizipation in der Hochschullehre und in der Organisations- und Qualitätsentwicklung von Fachbereichen. In U. Welbers, *Die Lehre neu verstehen – Die Wissenschaft neu entdecken* (S. 189-210). Berlin.
- Welbers, U. (1998). Studierendenpartizipation in der Hochschullehre und in der Organisations- und Qualitätsentwicklung von Fachbereichen. In U. Welbers, *Die Lehre neu verstehen – Die Wissenschaft neu entdecken* (S. 189-210). Berlin.
- Wildt, J., & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im ‚Constructive Alignment‘. In B. Berendt, H.-P. Voss, & J. Wildt, *Neues Handbuch Hochschullehre: Lehren und Lernen effizient gestalten*. Berlin.
- Wolf, K., Kämper, A., & Nissler, A. (2013). Problembasiertes Lernen (PBL) in Mathematik und Technik – Ein Ansatz für mehr Anwendungsbezug und Praxishöhe. In Z. f. Hochschuldidaktik, *Tagungsband zum 1. HD-MINT Symposium 2013* (S. 19-27). Ingolstadt.
- Woods, D. (1995). *Problem-based Learning: Helping your students gain the most from PBL*. Canada: Waterdown.
- Woods, D. (2000). *Helping your students gain the most from PBL*. Singapore: Asia-Pacific Conference on PBL.
- Zimmermann, M., Wittkowski, M., & Keller, U. (2017). Tutorials in der Grundlagenphysik Erfahrungen mit der Implementierung eines neuen Lehr- und Lernmaterials. *11. Ingenieurspädagogische Regionaltagung 2016*.
- Zumbach, J., & A., W. (2007). *Problembasiertes Lernen: Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*. Bern: H.E.P. Verlag.

Appendix

Studierendenfragebögen des HD MINT Projekts

Im Folgenden sei der Studierendenfragebogen einer der sechs teilnehmenden Hochschulen dargestellt. Die Fragebögen der anderen Hochschulen unterscheiden sich nur hinsichtlich des Logos der jeweiligen Hochschule.