

Martin HÄNZE¹, Elisabeth FISCHER (Kassel), Stephan SCHREIBER (Lüneburg), Rolf BIEHLER (Paderborn) & Reinhard HOCHMUTH (Lüneburg)

Innovationen in der Hochschullehre: empirische Überprüfung eines Studien- programms zur Verbesserung von vorlesungs- begleitenden Übungsgruppen in der Mathematik

Zusammenfassung

Die Mathematikausbildung zukünftiger Haupt- und Realschullehrer/innen erscheint vor dem Hintergrund aktueller Befunde verbesserungswürdig. Ziel der vorliegenden Studie war es, lehr-lerntheoretisch und mathematikdidaktisch begründete Lehrinnovationen für den Übungsbetrieb im Fach Mathematik zu entwickeln und zu evaluieren. Die Lehrinnovationen setzen insbesondere an einer besseren fachspezifischen und didaktischen Ausbildung der Tutorinnen und Tutoren und einer stärker an Prinzipien der kognitiven Aktivierung orientierten Gestaltung der Übungsgruppen an. Es wurde eine quasi-experimentelle Studie zur Evaluation der Maßnahmen im Vergleich von zwei Kohorten durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden von den Lehrinnovationen profitierten; Unterstützungsqualität und Kompetenz der Tutorinnen und Tutoren wurden von der Experimentalgruppe als besser wahrgenommen. Außerdem wurden bessere Lösungen bei den semesterbegleitenden, zu Hause bearbeiteten Übungsaufgaben erreicht. Der Effekt schlug jedoch nicht auf die Leistung in der Abschlussklausur am Ende des Semesters durch. Als Folge der Lehrinnovationen empfanden sich die Studierenden zudem als weniger kompetent, was möglicherweise mit einer realistischeren Selbsteinschätzung zusammenhing.

Schlüsselwörter

Hochschuldidaktik, Mathematik, Studierendenfokussierte Lehrorientierung, Lernwirksamkeit von Hochschullehre

Innovations in higher education: Empirical evaluation of a program to improve tutorials accompanying a mathematics lecture

Abstract

As recent findings suggest, the education of future secondary school teachers seems to be in need of improvement. For the subject of mathematics, the present study aimed to develop and evaluate teaching innovations based on theoretical principles of effective learning and instruction in mathematics in higher education. The innovations were mainly implemented in the tutorials accompanying an

¹ E-Mail: haenze@uni-kassel.de

introductory lecture. Specifically, the innovations were meant to improve both the content and the pedagogical content knowledge of the tutors, with an additional goal of supporting the cognitive activating elements within the tutorials. The measures were evaluated with the help of a quasi-experimental study that compared two cohorts of students. The results indicate that the students benefitted from the teaching innovations, and both the supportiveness and the competence of the tutors were found to be higher in the experimental group. The answers to the weekly homework during the semester were better as well. However, the positive effect was not evident in the final exam at the end of the semester. As a consequence of the teaching innovations, the students also perceived themselves as less competent, which may be linked to a more realistic self-assessment.

Keywords

Higher education, mathematics, student-centered teaching approach, learning outcomes in higher education

1 Einleitung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Verbesserung der Hochschullehre im Bereich der MINT-Fächer, die – trotz des hohen Bedarfs an Abgängern – mit hohen Abbrecherquoten zu kämpfen haben (BRIEDIS et al., 2008; DIETER, BRUGGE, SCHNELLE & TÖRNER, 2008; FELLEBERG & HANNOVER, 2006). Es wird als ein bildungspolitisch bedeutsames Ziel angesehen, mehr Studierende für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer zu gewinnen und diese besser durch das Studium zu begleiten, damit die Zahl der Abbrecher/innen sinkt (z. B. BERLIN-BRANDENBURGISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, 2012). Ziel der hier vorgestellten Studie war es, für die Gruppe der Lehramtsstudierenden im Fach Mathematik im ersten Semester fachlich orientierte, das Studium begleitende Unterstützungsmaßnahmen zu entwickeln und zu evaluieren. Die Maßnahmen bezogen sich primär auf hochschuldidaktisch begründete Veränderungen im begleitenden Übungsbetrieb. Mathematik zählt zu den Fächern, in denen studienbegleitende Übungsgruppen eine hohe Relevanz für erfolgreiches Studieren haben. Die Untersuchung wurde im Rahmen des LIMA-Projekts (Lehrinnovation in der Studieneingangsphase „Mathematik im Lehramtsstudium“) durchgeführt, dessen Fokus auf der Ausbildung im Fach Mathematik für angehende Haupt- und Realschullehrer liegt. Ergebnisse der TEDS-M Studie (BLÖMEKE, KAISER & LEHMANN, 2010; BLÖMEKE, SUHL, KAISER, FELBRICH & SCHMOTZ, 2010) bestätigten, dass insbesondere die Gruppe der Haupt- und Realschullehrer/innen im internationalen Vergleich noch Nachholbedarf in Bezug auf eine effektivere fachmathematische Ausbildung hat.

Die Forschung zum Bereich Qualitätsmerkmale guter Hochschullehre fassen WINTELER (2006) sowie HELMKE & SCHRADER (2010) zusammen. WINTELER (2006) zufolge fördern folgende Merkmale von Hochschulunterricht das studentische Lernen: die Vorbereitung des Dozenten / der Dozentin, Organisation der Veranstaltung, Klarheit und Verständlichkeit, wahrgenommene Effizienz des Unterrichts, Aufgeschlossenheit des Dozenten / der Dozentin für Fragen und Diskussion sowie Offenheit für andere Meinungen. HELMKE & SCHRADER (2010)

fokussieren den Stand der Forschung zu Schlüsselmerkmalen erfolgreicher Hochschullehre noch weiter auf die Kurzformel „EEE“: gute Erklärung, die die Informationsverarbeitung erleichtert sowie Neugier und Sachinteresse weckt, Engagement und Enthusiasmus, die ansteckende Begeisterung der/des Lehrenden über die Inhalte und schließlich Empathie, worunter sie persönliche Wertschätzung der Studierenden, Offenheit für Probleme und Bemühen um Rückmeldung zur besseren Anpassung der Lehre fassen. SCHAPER, SCHLÖMER & PAECHTER (2012) beschreiben mit der kompetenzorientierten Lehr-/Lerngestaltung eine aktive, handelnde und problemorientierte Auseinandersetzung mit den Lerngegenständen, die in einem hohen Maß auf Begleitung und Beratung individueller Lernprozesse angewiesen ist. Bei bisherigen empirischen Untersuchungen zur Hochschullehre wurden begleitende Maßnahmen, wie der von studentischen Tutorinnen und Tutoren geleitete Übungsbetrieb, jedoch kaum betrachtet. Die Hochschullehre in Mathematik zeichnet sich traditionell dadurch aus, dass die mathematischen Fähigkeiten und fachspezifischen Lernstrategien in vorlesungsbegleitenden Übungsgruppen entwickelt werden sollen. Während Übungsphasen in der Schule direkt in den Unterricht integriert sind (vgl. das Konzept und die empirischen Untersuchungen zur direkten Instruktion, z. B. ROSENSHINE & STEVENS, 1986), werden im Hochschulunterricht die unterschiedlichen Lernelemente im Regelfall stärker voneinander getrennt (Vorlesungen, Seminare, Übungen u. a.). Der erfolgreiche Umgang mit universitären Lernformen setzt eine größere Fähigkeit zum selbstständigen Lernen als im schulischen Kontext erforderlich voraus. Bekannt ist mittlerweile aber, dass nicht alle Studierenden die notwendigen Voraussetzungen und Fähigkeiten zum selbstregulierten Lernen mitbringen und mit der größeren Eigenverantwortlichkeit effizient umgehen können. STARK & MANDL (2005) finden etwa bei rund einem Drittel der Studierenden Defizite im Bereich des selbstregulierten Lernens. Bei der Gestaltung von Lerngelegenheiten sollte dieser Sachverhalt berücksichtigt werden (vgl. z. B. BRAUN & HANNOVER, 2011).

Das LIMA-Projekt will auf den Bedarf unterstützter Phasen selbstständigen Lernens im Mathematikstudium reagieren und setzt beim Übungsbetrieb an. Ziel ist es, die Übungstreffen im Fach Mathematik durch verschiedene Maßnahmen für die Studierenden kognitiv aktivierender und damit auch lernwirksamer zu gestalten. Lernmotivation und die Initiierung von Lernprozessen hängen nach dem Motivationsmodell von Eccles von Erwartungs- und Wertaspekten ab (ECCLES & WIGFIELD, 2002). Während die Erwartungskomponente stärker von persönlichen Voraussetzungen wie zum Beispiel der Selbstwirksamkeitserwartung und dem fachlichen Selbstkonzept bestimmt wird, ist der Wertaspekt durch didaktische Maßnahmen direkter beeinflussbar. Da Lernen an der Hochschule in einem deutlich freieren Setting stattfindet als schulisches Lernen, ist es vermutlich noch wichtiger für die Nutzung von Angeboten, den Studierenden das Gefühl zu vermitteln, dass spezielle Lehrangebote wie das Bearbeiten von Mathematikaufgaben einen Wert im Hinblick auf das Erreichen individueller Lernziele haben und die Anforderungen für die Studierenden auch bewältigbar sind. Basierend auf dem Erwartungs-Wertmodell der Lernmotivation von Eccles war für das Projekt die Idee handlungsleitend, gleich im ersten Fachsemester durch mehrere Maßnahmen die Erwartung,

dass Übungsgruppen für das individuelle Lernen hilfreich sind, positiv und nachhaltig zu beeinflussen.

Bei der Verbesserung der studienbegleitenden Unterstützung von Übungsgruppen haben wir uns von drei lehr-lerntheoretisch begründeten Prinzipien leiten lassen. Diese betreffen erstens die Rolle der fachlichen Kompetenz der Lehrenden in den Übungsgruppen, zweitens die Rolle der kognitiven Aktivierung in den Übungsgruppen und drittens die Rolle von individuellen Rückmeldungen für das Lernen.

Insbesondere für das Fach Mathematik ist aus der Schulforschung die herausragende Rolle des fachlichen und fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte bekannt (Coactiv-Studie: KRAUSS et al., 2008; BAUMERT et al., 2010). Gutes Fachwissen ist Voraussetzung für eine größere Klarheit und Strukturierung bei der Vermittlung des Stoffes und – dieser Aspekt hat für Übungsgruppen an der Hochschule hohe Relevanz – für den Umgang mit typischen Schwierigkeiten und Fehlvorstellungen. Wir gehen auf der Basis dieser Befunde davon aus, dass die fachlich-mathematische Kompetenz der Übungsgruppenleiter maßgeblich für die Qualität der Betreuung von Studierenden durch die Übungsgruppenleiter/innen ist. Die fachliche Schulung der Tutorinnen und Tutoren als Leiter/innen der Übungsgruppen sollte insbesondere das Ziel haben, sie auf spezifische inhaltliche Schwierigkeiten und populäre Fehlvorstellungen hinzuweisen. Die höhere fachliche Qualifikation der Tutorinnen und Tutoren sollte sich sowohl beim plenumsorientierten Vorrechnen von Übungsaufgaben und der Modellierung und Anregung angemessener Selbsterklärungen (CHI, BASSOK, LEWIS, REIMANN & GLASER, 1989) als auch bei der Unterstützung während studentischer Übungsphasen in Kleingruppen positiv auswirken. Die Steigerung der fachlichen Kompetenz der Tutorinnen und Tutoren sollte im Rahmen der vorliegenden Studie durch eine Tutorinnen-/Tutorenschulung und semesterbegleitende Betreuung erreicht werden.

Zum zweiten bieten Übungen in der universitären Mathematikausbildung großes Potenzial für eine methodische Neuorientierung (vgl. z. B. BEUTELSPACHER, DANCKWERTS, NICKEL, SPIES & WICKEL, 2011). Übungsgruppen sind meist geprägt durch das plenumsorientierte Vorrechnen von Aufgaben an der Tafel; das Tutorinnen-/Tutorenverhalten entspricht damit dem, was ROSCOE & CHI (2007) als „knowledge-telling“ beschreiben. Wünschenswert ist ein Tutorinnen-/Tutorenverhalten, das stärker ein „knowledge-building“ bei den Tutees ermöglicht (ROSCOE & CHI, 2007). Um dieses zu ermöglichen, erscheint eine Erweiterung des Übungsbetriebs um lerneraktivierende Übungsphasen in Kleingruppen zielführend (vgl. BEUTELSPACHER et al. 2011; siehe auch SCHLÖMERKEMPER, 2005). Wir gehen davon aus, dass viele der Studierenden insbesondere von einem betreuten und strukturierten Übungssetting profitieren, da die Motivation, Bereitschaft und Fähigkeit zum eigenständigen Üben im häuslichen Setting nicht in ausreichendem Maße bei allen Studierenden gegeben ist. Zudem sollten die Studierenden mit dem für das Mathematikstudium notwendigen elaborierten Üben, zu dem Aspekte wie problemlösendes mathematisches Denken, Erarbeiten von Heuristiken zum Finden von Lösungsideen usw. gehören, möglichst in einer tutoriell betreuten Lernphase vertraut gemacht werden.

Drittens weist der Bereich individueller Rückmeldungen an Lernende bei fundierter Gestaltung ein großes Unterstützungspotenzial auf, das sich insbesondere bei der Korrektur von Übungsaufgaben entfalten kann. Speziell für komplexe und anspruchsvolle Aktivitäten, wie sie im Mathematikstudium angeregt werden sollen, gilt, dass Rückmeldungen und Interventionen wirksamer sind, wenn sie strategorientierte Hinweise beinhalten und die Lernenden dazu anhalten, vertieft über ihre Bearbeitungsprozesse nachzudenken (HATTIE & TIMPERLY, 2007).

2 Fragestellung und Hypothesen

Auf den beschriebenen, lehr-lerntheoretisch begründeten Prinzipien basierend wurde ein Maßnahmenpaket „Lehrinnovationen“ geschnürt, das die Verbesserung des Übungsbetriebes als Begleitveranstaltung zu einer Mathematikvorlesung zum Ziel hatte. In der hier präsentierten Studie gehen wir der Frage nach, ob diese Lehrinnovationen geeignet sind, die Übungsgruppen aus Sicht der Studierenden tatsächlich zu verbessern und die selbsteingeschätzte Kompetenz zu verbessern. Zudem wird die Auswirkung der Lehrinnovationen auf Leistungsmaße (Übungsaufgaben und Abschlussklausur) in den Blick genommen. Die Evaluation basiert methodisch auf einem Zwei-Gruppen-Vergleich von zwei aufeinanderfolgenden Studierendenkohorten, die an Übungsgruppen ohne bzw. mit Lehrinnovationen teilnahmen.

Hypothese 1 (Einschätzung des Übungsbetriebs durch die Studierenden): Die den Übungsbetrieb betreffenden Lehrinnovationen führen dazu, dass der Übungsbetrieb durch die Studierenden als hilfreicher und die Tutorinnen und Tutoren als kompetenter wahrgenommen werden.

Hypothese 2 (Einschätzung der eigenen Kompetenz): Die den Übungsbetrieb betreffenden Lehrinnovationen führen zu einem verbesserten Kompetenzerleben beim Bearbeiten der Übungsaufgaben und zu einer besser eingeschätzten Fachkompetenz Mathematik zu Ende des Semesters.

Hypothese 3 (Leistung): Die Studierenden mit Lehrinnovationen erzielen bessere Leistungen bei den wöchentlichen Übungsaufgaben und in der Abschlussklausur.

3 Methode

3.1 Rahmen und institutionelle Einbettung

Die Lehrinnovationen betrafen die Vorlesung „Grundzüge der Mathematik“, die zum Curriculum der Lehramtsstudierenden für die Sekundarstufe I im ersten Fachsemester gehört. Diese Vorlesung mit vier Semesterwochenstunden wurde begleitet durch eine Übung im Umfang von weiteren zwei Semesterwochenstunden. Die Größe der Übungsgruppen lag bei ca. 15-20 Studierenden. Als Leiter/innen der Übungsgruppen fungierten ausgewählte Studierende aus höheren Semestern und in einzelnen Fällen wissenschaftliche Mitarbeiter/innen.

Die Teilnahmebedingungen und -verpflichtungen an unterschiedlichen Lehrveranstaltungsangeboten sind fachlich und örtlich sehr unterschiedlich geregelt. Bei der Umsetzung der hochschuldidaktischen Ideen zur Übungsgestaltung musste bei der vorliegenden Feldstudie natürlich Rücksicht auf die örtlichen Prüfungsordnungen, Routinen und Gepflogenheiten genommen werden. Für den Hochschulstandort Kassel galt, dass die regelmäßige Teilnahme an den Übungen obligatorisch und die Abgabe der wöchentlichen Übungsaufgaben ein Teil der Studienleistung war. Dabei war eine Mindestzahl an Punkten (50 %) für die Zulassung zur Teilnahme an der Abschlussklausur zu erreichen.

3.2 Design und Stichprobe

Das Design sah einen Zweigruppenvergleich vor, wobei die Studierendenkohorte 1 (Wintersemester 2009/10) als Kontrollgruppe ohne Lehrinnovationen mit der Studierendenkohorte 2 (Wintersemester 2010/11) als Experimentalgruppe mit Lehrinnovationen verglichen wurde. Es wurde darauf geachtet, das Lehrangebot der Vorlesung in beiden Kohorten möglichst identisch zu halten (Hochschullehrer, Prüfungsanforderungen, didaktischer Aufbau, Skript und Inhalte der Vorlesung). Der begleitende Übungsbetrieb unterschied sich durch die in Kohorte 2 eingeführten Lehrinnovationen. Es wurde eine Totalerhebung der Teilnehmer/innen dieser Vorlesung in beiden Kohorten durchgeführt. In Kohorte 1 nahmen 85 Studierende an der Abschlussklausur teil, in Kohorte 2 waren es 70 Studierende, von diesen waren jeweils 72 bzw. 44 Studierende für den Studiengang Lehramt an Haupt- und Realschulen eingeschrieben. Die für die Auswertung zur Verfügung stehende Stichprobe verringerte sich noch weiter, da die Variablen zu verschiedenen Zeitpunkten in den Lehrveranstaltungen erhoben wurden und nicht immer alle Studierenden anwesend waren.

3.3 Lehrinnovationen

Orientiert an den oben dargestellten lehr-lerntheoretischen Prinzipien und basierend auf beobachteten Defiziten und Interviews mit Studierenden der Kohorte 1, bestanden die Lehrinnovationen aus einem Bündel von drei aufeinander abgestimmten Maßnahmen.

- (1) Vor und während des Semesters gab es fachlich orientierte Tutorenschulungen. Hier wurden die Tutorinnen und Tutoren auf das adressatengerechte Vorrechnen von Lösungen an der Tafel (im Sinne eines Modells für die (Selbst-)Erklärung von Lösungsschritten), das Anleiten von Kleingruppenarbeit und das Korrigieren und Feedbackgeben zu den Hausaufgaben vorbereitet. In semesterbegleitenden wöchentlichen Tutorenbesprechungen wurden zusätzlich das Aufbereiten des Vorlesungsinhalts (didaktische Intention des Dozenten / der Dozentin, Zusammenhang von Vorlesungsinhalten und Übungsaufgaben), die Sensibilisierung für typische Fehlkonzepte und Verständnisschwierigkeiten sowie die Ausarbeitung möglicher Strategien zu deren Aufarbeitung und schließlich die gemeinsame didaktische Planung der einzelnen Übungstreffen ausführlich thematisiert. Nähere An-

gaben zur Tutorenschulung finden sich in BIEHLER, HOCHMUTH, KLEMM, SCHREIBER & HÄNZE (2012).

- (2) Während die Übung in Kohorte 1, wie an vielen Hochschulstandorten üblich, vor allem in plenumsorientierten Settings im Vorrechnen der Übungsaufgaben bestand, wurde – ohne die Gesamtzeit der Übungen zu erhöhen – in Kohorte 2 eine „Präsenzphase“ in den Übungen eingeführt. Die Studierenden erhielten hier Aufgaben, die vor Ort in Kleingruppen zu bearbeiten waren. Die Tutorinnen und Tutoren standen dabei zur fachlichen Beratung zur Verfügung. Auf diese Aufgabe wurden die Tutorinnen und Tutoren während der gemeinsamen Tutorenbesprechung vorbereitet. Um eine bessere Betreuung der Studierenden zu gewährleisten, waren die Tutorinnen und Tutoren jeweils zu zweit als Tandems in den Übungsgruppen tätig. Die Präsenzphase nahm ca. die Hälfte der Übungszeit ein und verkürzte somit die Zeit für das Vorrechnen im Plenum. Auf die Gestaltung der Präsenzphase wurden die Tutorinnen und Tutoren jeweils gezielt vorbereitet. Sie erhielten eine ausführliche, kommentierte Musterlösung der Präsenzaufgabe und einen Stundenverlaufsplan für den Ablauf der gesamten Übung. Sie wurden auf die Vorlesungsinhalte verwiesen, welche zur Bearbeitung der Präsenzaufgabe nötig waren, und auch auf die Lernziele, die mit der jeweiligen Aufgabe in Bezug auf den Vorlesungsstoff verknüpft waren. Zudem wurden ihnen für den Umgang mit typischen Fehlern konkrete Möglichkeiten der minimalen Hilfestellung aufgezeigt. Für die Präsenzphase formulierten die Tutorinnen und Tutoren einen klaren Arbeitsauftrag und machten Vorgaben zur Sozialform und Zeitangaben. Die Hilfestellungen während der Präsenzphase wurden vor allem in Form von strategischen Hinweisen erteilt. Bei diesen Interventionen gaben die Tutorinnen und Tutoren möglichst wenig inhaltliche Hilfestellungen, sondern vermittelten Strategien zur Problemlösung (z. B. Formulierung von Zwischenzielen, Nutzung weiterer Ressourcen wie das Nachschlagen im Skript, Aktivierung von auf die Aufgabe bezogenen Inhalten aus der Vorlesung).
- (3) Die Tutorinnen und Tutoren gaben ausführliche schriftliche Rückmeldungen zu den eingereichten Übungsaufgaben. Diese Rückmeldungen waren im Gegensatz zu dem ergebnisbezogenen Feedback in Kohorte 1 prozessbezogen und gaben sowohl ein spezifisches und auf den Lösungsweg bezogenes Feedback als auch Hinweise zur Weiterarbeit (vgl. HATTIE & TIMPERLY, 2007). Dafür wurden ausführlichere Kommentare (nicht nur „richtig“ oder „falsch“) und Lösungsansätze gegeben. Bei sehr vielen Fehlern in einer Aufgabe bezogen sich die Kommentare nur auf die Fehler mit dem größten Bezug zum Lernziel der Aufgabe. Für diese vielfältigen Aufgaben wurden die Tutorinnen und Tutoren im Rahmen eines Korrekturworkshops speziell geschult.

3.4 Selbstberichtsskalen

Die eingesetzten Selbstberichtsskalen sind mit Beispielitems und Angaben zur internen Konsistenz in Tabelle 1 dargestellt.

3.5 Leistungsmaße

Vorwissen: Zu Beginn des Semesters wurde ein Vorwissenstest durchgeführt. Dieser Test enthielt 13 Aufgaben aus der gesamten Bandbreite der Mittelstufenmathematik und wurde in Kassel (in ähnlicher Form) seit mehreren Jahren verwendet und evaluiert. In der vorliegenden Untersuchung betrug die interne Konsistenz für den Vorwissenstest *Cronbach's* $\alpha = .81$.

Übungsaufgaben: 25 der als verpflichtende Hausaufgaben eingesetzten Übungsaufgaben waren in beiden Semestern vergleichbar (identisch bis auf andere Zahlen oder kleine Formulierungsänderungen), sie wurden als semesterbegleitendes Leistungsmaß ausgewertet. Da zur Erfüllung der Studienleistung nur 50 % der maximal möglichen Gesamtpunktzahl erreicht werden musste und zwischen den Aufgaben zum Teil Wahlmöglichkeiten bestanden, liegen viele fehlende Werte vor. Es konnte daher keine einheitliche Skala gebildet werden und die Analyse fand auf Ebene der Einzelaufgaben statt.

Skala	Beispielitem	Erhebungszeitpunkt	Anzahl Items	Interne Konsistenz (<i>Cronbach's</i> α)
Übungsleiterkompetenz	Die Übungsleiterin/der Übungsleiter konnte bei Fragen zum Vorlesungsstoff weiterhelfen.	Semesterende	3	.97
Unterstützungsqualität der Übungen	Die Übung hat mir beim Verständnis des Stoffes geholfen.	Semesterende	2	.73
Kompetenzerleben beim Bearbeiten der Übungsaufgaben	Ich habe gemerkt, dass ich die Dinge verstanden habe.	Während des Semesters	3	.78
Selbsteingeschätzte Fachkompetenz Mathematik	Meine Kompetenzen in [17 Bereiche] schätze ich sehr gut (1) sehr schlecht (6) ein.	Semesterende	17	.84

Tab. 1: Selbstberichtsskalen

Anmerkung: Die vollständigen Skalen mit Verweisen auf weitere Quellen finden sich bei FISCHER, BIANCHY, BIEHLER, HÄNZE & HOCHMUTH (2012)

Abschlussklausur: Als inhaltlich valides Leistungskriterium wurde die als Modulprüfung fungierende Abschlussklausur eingesetzt. Die Klausur enthielt insgesamt zwölf Aufgaben, die die Bandbreite der in der Vorlesung vermittelten Inhalte abbildeten. Diese wurden nach einer präzisen Korrekturanleitung mit einem Bewertungsschema bewertet. Im Mittel erreichten die Studierenden 54 % ($SD = 14.3$, $min = 13.3$ %, $max = 84.2$ %) der erreichbaren Punktzahl. Eine Aufgabe wurde

wegen fehlender Varianz von der psychometrischen Analyse ausgeschlossen. Die anderen Aufgaben wurden z-standardisiert, die interne Konsistenz betrug *Cronbach's* $\alpha = .79$.

4 Ergebnisse

4.1 Parallelität der Kohorten

Die beiden Kohorten wurden zunächst auf Parallelität geprüft. Es zeigen sich weder hinsichtlich demografischer Merkmale (Geschlecht, Alter, Durchschnittsnote der Hochschulzugangsberechtigung) noch hinsichtlich der Leistung im Vorwissenstest Unterschiede zwischen den beiden Kohorten (alle $F < 1, p > .40$).

4.2 Effekte der Lehrinnovationen

Hypothese 1 betrifft Frage, ob die Lehrinnovationen einen Einfluss auf die von den Studierenden wahrgenommenen Lernbedingungen in den Übungen haben. Bei der Analyse wurde die Übungsgruppenzugehörigkeit als unter der Kohorte geschachtelter Kontrollfaktor berücksichtigt. Die entsprechenden Mittelwerte sind in Tabelle 2 zu finden. Es gab einen signifikanten Einfluss der Lehrinnovationen auf die wahrgenommene Unterstützungsqualität in den Übungsgruppen ($F(1,45) = 24.70, p < .001$, partielles $\eta^2 = .35$) und auf die Übungsleiterkompetenz ($F(1,45) = 47.36, p < .001$, partielles $\eta^2 = .51$).

	Kohorte 1 (ohne Lehrinnovationen) <i>M</i> (<i>SD</i>)	Kohorte 2 (mit Lehrinnovationen) <i>M</i> (<i>SD</i>)
Unterstützungsqualität	4.4 (1.35)	5.5 (0.61)
Übungsleiterkompetenz	4.1 (1.78)	5.4 (0.66)
Kompetenzerleben Übungsaufgaben	4.4 (0.77)	3.9 (0.79)
Selbstberichtete Fachkompetenz Mathematik	3.9 (0.56)	4.0 (0.46)
Leistung Abschlussklausur*	0.0 (0.41)	-0.1 (0.49)
	Anzahl	Anzahl
Von 25 Übungsaufgaben wurden besser in dieser Kohorte gelöst	6	19

*kovarianzanalytisch für das Vorwissen adjustierte Mittelwerte auf der Basis aufgabenweise z-standardisierter Werte

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Selbstberichtsskalen und der Leistung zum Messzeitpunkt 2 (während des Semesters) und Messzeitpunkt 3 (Ende des Semesters)

Hypothese 2 betrifft die Frage, ob die Lehrinnovationen einen Einfluss auf die selbsteingeschätzten Kompetenzen haben. Das Kompetenzerleben beim Bearbeiten der Übungsaufgaben war – entgegen der Hypothese – in Kohorte 1 (ohne Lehrinnovation) besser als in Kohorte 2 (mit Lehrinnovation), $F(1,46) = 5.40$, $p < .05$, partielles $\eta^2 = .11$). Bei der zu Ende des Semesters selbsteingeschätzten Fachkompetenz Mathematik zeigte sich – in der vorhergesagten Richtung – ein kleiner Vorteil zu Gunsten Kohorte 2, der jedoch nicht statistisch signifikant wurde ($t(53) = 0.89$, $p > .20$, $d = 0.24$).

Gemäß Hypothese 3 wurde ein Effekt der Lehrinnovation auf Leistung in den semesterbegleitenden Übungsaufgaben und in der Abschlussklausur erwartet. Wie oben begründet musste bei den Übungsaufgaben die Analyse aufgabenweise vorgenommen werden. Es wurde je Aufgabe die Effektgröße Cohen's d für den Unterschied zwischen den beiden Bedingungen gebildet. Anschließend wurde getestet, ob die so gefundene mittlere Effektgröße über die Aufgaben hinweg signifikant von Null abweicht. Die 25 vergleichbaren Übungsaufgaben wurden in 19 Fällen von der Kohorte 2 besser bearbeitet, in sechs Fällen von Kohorte 1. Die mittlere Effektgröße war zugunsten der Kohorte 2 mit Lehrinnovationen und betrug Cohen's $d = 0.27$ ($t(24) = 2.59$, $p < .05$), was als kleiner bis mittlerer Effekt anzusehen ist.

Zudem wurde postuliert, dass die Studierenden mit Lehrinnovationen bessere Leistungen in der Abschlussklausur zeigen. Für die Analyse wurden die Vortestleistungen als Kovariate einbezogen sowie die Übungsgruppenzugehörigkeit als unter der Kohorte geschachtelter Kontrollfaktor berücksichtigt. Es gab keine Unterschiede in der Klausurleistung der Kontroll- und Experimentalgruppe ($F < 1$, $p > .50$).

5 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob nach lehr-lerntheoretischen und mathematikdidaktischen Prinzipien gestaltete Lehrinnovationen im Übungsbetrieb einer Mathematikvorlesung zu auf Studierendenseite erlebbaren und in Leistungsmaßen nachweisbaren Verbesserungen führen. Es handelte sich um ein quasi-experimentelles Design, bei dem Studienanfänger/innen, die ihr erstes Semester unter herkömmlichen Bedingungen absolvierten, mit der darauf folgenden Kohorte verglichen wurden, die mit neu eingeführten, den Übungsbetrieb betreffenden Lehrinnovationen studierte. Die Lehrinnovationen bestanden vor allem in der besseren fachlichen Vorbereitung der Tutorinnen und Tutoren, der Gestaltung der Übungen mit kognitiv aktivierenden Präsenzphasen und aussagekräftigeren Rückmeldungen zu den Übungsaufgaben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lehrinnovationen mit großem Effekt von den Studierenden als hilfreich wahrgenommen wurden; die Tutorinnen und Tutoren der Kohorte 2 wurden als kompetenter beschrieben und die Teilnahme an den Übungsgruppen als hilfreicher. Diskussionswürdig ist der nicht erwartete Befund, dass das Kompetenzerleben bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben in der Kohorte mit Lehrinnovationen abgeschwächt war; zum Ende des Semester werden die mathematikbezogenen Kompetenzen jedoch in beiden Kohorten als gleich hoch erlebt. Die objektiven Leistungsmaße zeigen, dass

die Übungsaufgaben während des Semesters erfolgreicher bearbeitet wurden; in der Abschlussklausur zeigte sich jedoch kein Effekt der Lehrinnovationen.

Die erste Hypothese betraf die Frage, ob der verbesserte Übungsbetrieb tatsächlich von den Studierenden als hilfreicher wahrgenommen wurde. Wie erwartet zahlte sich die bessere fachspezifische Vorbereitung der Tutorinnen und Tutoren aus: Die Übungsgruppenleiter/innen wurden in Kohorte 2 mit großem Effekt als kompetenter eingeschätzt als in Kohorte 1, gleiches galt für die wahrgenommene Unterstützungsqualität der Übungsgruppen. Damit zeigt sich, dass die Effekte der umfangreichen Tutorenschulung bei den Studierenden ankamen und als ein verbessertes Angebot wahrgenommen wurden. Im Sinne des Erwartungs-Wertmodells der Lernmotivation von Eccles (ECCLES & WIGFIELD, 2002) konnte offenbar die Wertkomponente durch die Lerninnovationen gesteigert werden, also die Einschätzung, dass die Teilnahme an den Übungen im Hinblick auf die eigenen Lernziele bedeutsam ist.

Das bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben in der Experimentalbedingung reduzierte Kompetenzerleben ist zunächst überraschend – weil die Übungsgruppen ja als hilfreicher eingeschätzt werden und die Studierenden auch mehr Übungsaufgaben erfolgreich lösen. Wir vermuten als Erklärung eine Tendenz zu vermehrten Verständnisillusionen, also Selbstüberschätzungen in Kohorte 1. Weil die Übungsgruppen hier weniger stark gelenkt waren und den Studierenden mehr Freiräume ließen, bekamen sie seltener ihre Defizite gespiegelt, sondern wiegten sich in der Illusion, alles oder vieles verstanden zu haben. Außerdem waren die Korrekturen der Übungsblätter in Kohorte 2 detaillierter und trugen so zum Aufbau eines möglicherweise realistischeren Selbstbilds bei. Auf die gefährliche Rolle überhöhter Kompetenzeinschätzungen haben CHI et al. (1989), DUNNING, JOHNSON, EHRLINGER & KRUGER (2003) und RENKL (2009) hingewiesen. THIEDE et al. (THIEDE, ANDERSON & THERIAULT, 2003) zeigen, dass realistische Selbsteinschätzungen zu einer effektiveren Diskrepanzreduktion führen – der Lernende mit realistischen Selbsteinschätzungen kümmert sich demnach mehr um das, was er wirklich braucht. Im Rahmen dieser Erklärung könnten die Lehrinnovationen also eine Verringerung von Verständnisillusionen und die Ausbildung von metakognitiven Überwachungsprozessen bewirkt haben. Die Übungstreffen als aktive und nicht nur rezeptive Lerngelegenheit mögen hierbei eine weitere Rolle spielen. Die Einführung von selbstständigen Lernphasen in den Übungsgruppen regt vermutlich durch das gegenseitige Erklären und Austauschen eine bessere Überwachung des eigenen Lernerfolgs an als das ausschließliche Nachverfolgen von vorgerechneten Aufgaben, wie es in den herkömmlichen Übungsgruppen der Fall war. Eine weitere Rolle spielen wahrscheinlich die detaillierteren und spezifischeren Rückmeldungen zu den Übungsaufgaben. Das realistischere und insgesamt negativere Selbstbild der eigenen Leistungen löst ggf. eine aktivere Beschäftigung mit dem Stoff aus. Zum Ende des Semesters wurden die erworbenen Kompetenzen in beiden Kohorten gleich hoch eingeschätzt.

Die Interpretation der verminderten Verständnisillusionen in der Bedingung mit Lehrinnovationen wird auch von den objektiven Leistungsmaßen gestützt. Denn trotz vermindertem Kompetenzerleben werden die Übungsaufgaben in der Experimentalgruppe mit kleinem Effekt besser bearbeitet als in der Kontrollgruppe. Hier

zeigt sich, dass die durch Lehrinnovationen verbesserten Übungstreffen zumindest bis hin zu den häuslich bearbeiteten Aufgaben ihre Auswirkung haben. Im Ergebnis der Abschlussklausur zeigte sich der Effekt der Lehrinnovationen jedoch nicht mehr. Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass die hier durchgeführte Abschlussklausur von der Dozentin bzw. dem Dozenten konzipiert wurde und daher im Hinblick auf die Studienziele eine inhaltlich valide Erfassung des Lernerfolgs ermöglichte. Die Leistungsmessung war für einen solchen, nicht primär nach psychometrischen Kriterien entwickelten Test sehr reliabel, allerdings beruhte sie natürlich nicht auf einem psychometrisch fundierten Modell mathematischer Kompetenzen. Die Lehrinnovationen hatten bei gegebener und begrenzter Teststärke der Untersuchung nicht die postulierte Auswirkung auf die Leistungsmessung zu Ende des Semesters. Als Erklärungsmöglichkeit kann auch die inhaltliche Ausrichtung des Leistungsmaßes selbst in Betracht gezogen werden; so wurden etwa evtl. leichter beeinflussbare und prozessbezogene Aspekte wie Begründungs- und Darstellungsqualität weniger stark in dem Maß berücksichtigt.

Abschließend seien noch Grenzen und mögliche Probleme des Forschungsdesigns erwähnt. Die Lehrinnovationen waren für den Standort Kassel mit Fokus auf die Lehramtsstudierenden (Sekundarstufe 1) adaptiert. Die Generalisierbarkeit unserer Befunde ergibt sich insbesondere aus standortspezifischen Standards im Hinblick auf die Übungsgruppen; zentrale und für eine Übertragbarkeit auf andere Standorte ausschlaggebende Elemente sind die obligatorische Teilnahme an den Übungsgruppen und die für die Studienleistung verpflichtende wöchentliche Abgabe von Übungsaufgaben. Im Hinblick auf die Stichprobe ist das spezifische Lehrprogramm im Fach Mathematik für die Zielgruppe der Lehramtsstudierenden mit Abschluss für die Sekundarstufe 1 zu beachten. Potenzielle Schwächen des Designs liegen bei möglichen Kohorteneffekten im Vergleich der beiden Jahrganggruppen. Die Ergebnisse der Prätests deuten jedoch nicht darauf hin, dass diesbezüglich Störungen der Validität vorliegen.

Mögliche Schlussfolgerungen aus der Studie ergeben sich aus einer Einbettung der Ergebnisse in das von HELMKE & SCHRADER (2010) vorgeschlagene Rahmenmodell zur Wirkungsanalyse des Hochschulunterrichts. Es zeigt sich, dass zwischen Qualität des Lehrangebots und nachfolgenden fachlichen wie überfachlichen Effekten die Frage der Nutzung dieses Lehrangebots durch die Studierenden steht. Die Daten der LIMA-Studie zeigen, dass durch die Innovation begleitender Übungen die Qualität des Lehrangebots verbessert werden kann, die Änderungen von den Studierenden auch wahrgenommen werden und zum Teil auch in verändertes Studierverhalten umgesetzt werden, wie die verbesserte Bearbeitung der Übungsaufgaben zeigt. Nachhaltige Veränderungen wie eine Verbesserung der mathematischen Fähigkeiten bedürfen offenbar noch intensiverer und längerfristiger Maßnahmen. Dass die Innovation von studienbegleitenden Maßnahmen mit einem Schwerpunkt in der fachlichen Ausbildung der Tutorinnen und Tutoren in den Übungsgruppen hierfür ein guter Ansatzpunkt ist, zeigen unsere Ergebnisse.

4 Literaturverzeichnis

- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y. M.** (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Class-room, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften** (Hrsg.) (2012). *Stellungnahmen und Empfehlungen zu MINT-Bildung in Deutschland auf der Basis der europäischen Vergleichsstudie*. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.
- Beutelspacher, A., Danckwerts, R., Nickel, G., Spies, S. & Wickel, G.** (2011). *Mathematik neu denken. Impulse für die Gymnasiallehrerbildung an Universitäten*. Heidelberg: Vieweg + Teubner.
- Biehler, R., Hochmuth, R., Klemm, J., Schreiber & S., Hänze, M.** (2012). Tutorenschulung als Teil der Lehrinnovation in der Studieneingangsphase „Mathematik im Lehramtsstudium“ (LIMA-Projekt). In M. Zimmermann, C. Bescherer & C. Spannagel (Hrsg.), *Mathematik lehren in der Hochschule – Didaktische Innovationen für Vorkurse, Übungen und Vorlesungen* (S. 33-44). Hildesheim, Berlin: Franzbecker.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R.** (Hrsg.) (2010), *TEDS-M 2008 – Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann
- Blömeke, S., Suhl, U., Kaiser, G., Felbrich, A. & Schmotz, C.** (2010). Lerngelegenheiten und Kompetenzerwerb angehender Mathematiklehrkräfte im internationalen Vergleich. *Unterrichtswissenschaft*, 38(1), 29-50.
- Braun, E. & Hannover, B.** (2011). Gelegenheiten zum Kompetenzerwerb in der universitären Lehre. Zusammenhänge zwischen den Einschätzungen Studierender und unabhängigen Beobachtungen relevanter Merkmale universitärer Lehrveranstaltungen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43, 22-28.
- Briedis, K., Egorova, T., Heublein, U., Lörz, M., Middendorf, E., Quast, H. & Spangenberg, H.** (2008). *Studienaufnahme, Studium und Berufsverbleib von Mathematikern. Einige Grunddaten zum Jahr der Mathematik* (HIS: Forum Hochschule Band 9/2008). Hannover: HIS Hochschulinformations-System
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P. & Glaser, R.** (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Dieter, M., Brugger, P., Schnelle, D. & Törner, G.** (2008). Zahlen rund um das Mathematikstudium – Teil 3. *MDMV*, 16(3), 176-182.
- Dunning, D., Johnson, K., Ehrlinger, J. & Kruger, J.** (2003). Why people fail to recognize their own incompetence. *Current Directions in Psychological Science*, 12, 83-87.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A.** (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109-132.

- Fellenberg, F. & Hannover, B.** (2006). Kaum begonnen, schon zerronnen? Psychologische Ursachenfaktoren für die Neigung von Studienanfängern, das Studium abzubrechen oder das Fach zu wechseln. *Empirische Pädagogik*, 20(4), 381-228.
- Fischer, E., Bianchy, K., Biehler, R., Hänze, M. & Hochmuth, R.** (2012). *Lehrinnovation in der Studieneingangsphase ‚Mathematik im Lehramtsstudium‘ – Hochschuldidaktische Grundlagen, Implementierung und Evaluation: Skalendokumentation*. Kassel: Institut für Psychologie.
- Hattie, J. & Timperley, H.** (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Helmke, A. & Schrader, F.-W.** (2010). Hochschuldidaktik. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (4., überarb. und erweit. Aufl.; S. 273-279). Weinheim, Basel: Beltz.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. & Jordan, A.** (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716-725.
- Renkl, A.** (2009). Lehren und Lernen. In R. Tippelt & B. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (S. 737-751). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Roscoe, R. D. & Chi, M. T. H.** (2007). Understanding tutor learning: Knowledge-building and knowledge-telling in peer tutors' explanations and questions. *Review of Educational Research*, 77, 534-574.
- Rosenshine, B. & Stevens, R.** (1986). Teaching functions. In M. C. Wittrock (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (S. 376-391). New York, NY: Macmillan.
- Schaper, N. Schlömer, T. & Paechter, M.** (2012). Editorial: Kompetenzen, Kompetenzorientierung und Employability in der Hochschule. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 7(4), 1-4.
- Schlömerkemper, A.** (2005). Didaktische Fortbildung von Tutorinnen und Tutoren in der Mathematik. *Das Hochschulwesen*, 5, 198-203.
- Stark, R. & Mandl, H.** (2005). Lernen mit einer netzbasierten Lernumgebung im Bereich empirischer Forschungsmethoden. *Unterrichtswissenschaft*, 33, 3-29.
- Thiede, K. W., Anderson, M. C. M. & Theriault, D.** (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95, 66-73.
- Winteler, A.** (2006). Lehrende an Hochschulen. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 334-347). Weinheim, Basel: Beltz.

Autorin und Autoren



Prof. Dr. Martin HÄNZE || Universität Kassel, Institut für Psychologie || Holländische Str. 36, D-34109 Kassel

www.uni-kassel.de/~haenze

haenze@uni-kassel.de



M.A. Elisabeth FISCHER || Universität Kassel, Institut für Psychologie || Holländische Str. 36, D-34109 Kassel

www.uni-kassel.de/fb01/institute/psychologie/paedagogische-psychologie/ma-elisabeth-fischer.html

ElisabethFischer@uni-kassel.de



Dr. Stephan SCHREIBER || Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Mathematik und ihre Didaktik || Scharnhorststr. 1, D-21335 Lüneburg

www.leuphana.de/stephan-schreiber.html

stephan.schreiber@leuphana.de



Prof. Dr. Rolf BIEHLER || Universität Paderborn, Institut für Mathematik || Warburger Str. 100, D-33098 Paderborn

lama.uni-paderborn.de/personen/rolf-biehler.html

biehler@math.upb.de



Prof. Dr. Reinhard HOCHMUTH || Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Mathematik und ihre Didaktik || Scharnhorststr. 1, D-21335 Lüneburg

www.leuphana.de/reinhard-hochmuth.html

reinhard.hochmuth@leuphana.de