

Die Mumie im Einsatz: Tutorien lernerzentriert gestalten

Heimann, Michael¹; Roegner, Katherine¹; Seiler, Ruedi²

¹Technische Universität Berlin; ²integral learning GmbH

Abstract Die Mumie (multimediale mathematische Ausbildung für Ingenieure) ist eine Open-Source Lern- und Lehrplattform, welche eine Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten für Kurse in MINT-Fächer anbietet. Seit dem Wintersemester 06/07 wird diese unter anderem im Pflichtkurs „Lineare Algebra für Ingenieure“ an der Technischen Universität Berlin mit rund 3800 Teilnehmern pro Jahr in Verbindung mit dem eigens dafür entwickelten Blended-Learning-Verfahren TuMult (Tutorien Multimedial) eingesetzt. Das grundlegende Ziel dieses Verfahrens ist es, nicht nur die Studierenden beim Erlernen der Mathematik, sondern auch beim Übergang von der Schule zur Hochschule zu unterstützen, da dieser Kurs in der Regel von Studierenden im ersten Semester belegt wird. So können beispielsweise nur wenige bereits selbstständig lernen. Im TuMult-Modell wird der Fokus im Tutorium auf die eigentlichen Probleme der Studierenden gelegt, um die Effizienz der Tutorien zu erhöhen und gleichzeitig das selbstständige Lernen sowohl innerhalb als auch außerhalb der Tutorien zu fördern und zu unterstützen. Der für viele Studierende besonders im Selbststudium schwierige und zeitaufwändige Zugang zu den mathematischen Konzepten wird zum Schwerpunkt im Tutorium, während Rechenübungen (Anwendung von Algorithmen usw.), bei denen die Betreuung durch einen Tutor i.A. weniger erforderlich ist, mit vergleichsweise geringem Zeitaufwand in Selbstarbeit mithilfe der interaktiven Mumie-Onlinetrainingsmodule auch außerhalb des Tutoriums erledigt werden können. In dieser Arbeit werden das TuMult-Modell sowie die dafür entwickelten Lehr- und Lernmaterialien dargestellt.

1. Einführung

Die traditionell niedrigen Erfolgsquoten (Anteil der zum Kurs angemeldeten Studierenden, die am Semesterende eine Abschlussprüfung bestanden haben) von 34% bzw. 30% in den Erstsemestermodulen „Lineare Algebra für Ingenieure“

(LinA) bzw. „Analysis I für Ingenieure“ in den Jahren 2004-2006 an der Technischen Universität (TU) Berlin deuten auf erhebliche Schwierigkeiten der Studierenden beim Übergang von der Schul- zur Hochschulmathematik hin. Um die Probleme der traditionellen Veranstaltungsform sowie die Möglichkeiten, die mit der Mumie als Lernplattform realisiert werden könnten, zu identifizieren, wurden mit unterschiedlichen lernerzentrierten Methoden experimentiert. Dazu gehörten eigenständiges jedoch betreutes Lernen, kooperatives Lernen (Hagelgans, et al. 1995) und kooperatives Lernen kombiniert mit Interventionen. Die damit gewonnenen Erfahrungen wurden mit denen aus den Tutorien klassischer Art, mit Resultaten aus Befragungen von Lehrenden und Studierenden und mit Resultaten aus der Literatur kombiniert. Im Sinne von „Research-based Design“ (Collins 1992; Brown 1992) entstand so das Konzept TuMult und dazu passendes Lehr- und Lernmaterial für Tutoren und Studierende.

Die wesentlichen für die Entwicklung des Modells relevanten Schwierigkeiten der Studierenden in der Mathematikausbildung werden besprochen. Ferner werden die Herausforderungen seitens der Tutoren in Hinblick auf die Änderungen seit der Einführung der Bachelorstudiengänge und der Einsatz der Mumie an der TU Berlin kurz geschildert.

Studentische Fähigkeiten

Fehlende Kenntnisse in der Schulmathematik und Heterogenität. Es wird europaweit bemängelt, dass Studierende mathematische Grundfertigkeiten, besonders aus der Mittelstufe (siehe beispielsweise Berger und Schwenk 2001), nicht beherrschen. In einer Studie (Roegner 2012) mit Studierenden im LinA-Kurs aus dem Wintersemester (WS) 09/10 an der TU Berlin, haben diejenigen, die einen Leistungskurs in der Mathematik absolviert oder an einem Vorbereitungskurs teilgenommen hatten, sich selbst als gut oder sehr gut in der Mathematik einschätzten und Spaß an der Mathematik hatten (19% der 1333 abgefragten Studierenden), die beste Erfolgsquote von 64% erzielt. Im Vergleich lag die Erfolgsquote aller anderen Studienteilnehmer bei lediglich 37%. Diejenigen, die sich als schlecht oder sehr schlecht in der Mathematik eingeschätzt haben, hatten etwas häufiger an dem von der TU Berlin und anderen Universitäten in Deutschland angebotenen Online-Mathematik-Brückenkurs (OMB) (Roegner et al. 2012) oder an dem zum OMB angepassten Präsenzkurs an der TU Berlin im Vergleich zu den restlichen Studierenden (70% bzw. 65%) teilgenommen. Der Anteil der Studierenden, die einen dieser Vorkurse abgeschlossen hatten, war jedoch im Durchschnitt deutlich geringer (47% bzw. 62%). Solche freiwilligen Vorkurse scheinen bislang die Probleme, die mit Heterogenität verbunden sind, nicht zu lösen.

Schwierigkeiten beim Lesen der Mathematik. Viele Studierende haben erhebliche Probleme beim Verstehen von Definitionen. Dogan-Dunlap (2006) führt dies auf

mangelnde Kenntnisse in der Mengenlehre sowie in der Logik zurück. Auch an der TU Berlin wurde beobachtet, dass einige der Studierenden bei ihrer Vorbereitung auf eine mündliche Prüfung allzu leicht aufgaben, wenn sie ein Beispiel nicht verstanden haben. Einige lesen Zeile für Zeile und gehen nicht weiter, bis sie die eine Zeile verstanden haben, denn sie haben noch nicht gelernt, dass Lernen - besonders in der Mathematik - oftmals ein Prozess ist und einzelne Schritte, die beim ersten Lesen Mühe machen, erst mal übersprungen werden sollten und dann später bei einer zweiten, einer dritten oder einer n -ten Runde erst klar werden.

Soziale Aspekte

Anonymität. In einem Hörsaal mit mehreren Hundert Personen entsteht leicht der Eindruck in der Anonymität „unsichtbar“ zu sein. Auch in den traditionellen Tutorien an der TU Berlin wurde beobachtet, dass einige Studierende versuchten sich „in der Masse“ zu verstecken.

Fehlende Anbindung. Die Abgabe von Hausaufgaben in Gruppen von zwei bis drei Studierenden kann als Möglichkeit dienen Lernnetzwerke aufzubauen. Allerdings zeigt die Erfahrung im traditionellen System an der TU Berlin, dass schätzungsweise nur 50% der Studierenden in der zweiten Hälfte des Semesters noch aktiv im Kurs waren, sodass Einzelabgaben am Ende des Semesters die Regel waren.

Studentische Einstellungen

Eigenverantwortlichkeit für den Lernprozess. Viele Studierende haben zu Beginn des Studiums noch nicht verstanden, dass sie selbst Verantwortung für ihren eigenen Lernprozess übernehmen müssen. Dies ist ganz normal, denn dieser Schritt gehört zum universitären Lernprozess und kann durch geeignete didaktische Lehrformen unterstützt werden.

Studierende gehen unvorbereitet in Veranstaltungen. Diese Problematik ist besonders kritisch, weil die in den Tutorien für die Vertiefung des Stoffes vorgesehene Zeit dann für das Nacharbeiten der Grundlagen verwendet werden muss.

Ein typischer Prozess, der dies erläutert, ist folgender: Studierende hören im Laufe des Semesters auf, in die Vorlesung zu gehen. Sie sehen dann in den Tutorien Begriffe aus der Vorlesung zum ersten Mal. Die Tutoren sind damit „gezwungen“, eine Kurzfassung der Vorlesung zu präsentieren. Die Studierenden sind dann nicht mehr in der Lage, Aufgaben im Tutorium eigenständig zu bearbeiten. Die Tutoren müssen folglich auch die Tutoriumsaufgaben vollständig lösen und es bleibt kaum Zeit für vertiefende Fragen. Dies ist besonders bedauerlich, weil oft-

mals Fragen, die einem Großteil der Studierenden besondere Schwierigkeiten machen, erst am Ende des Tutoriums gestellt werden bzw. gestellt werden können. Zum Beispiel verbrachten einige Tutoren im traditionellen System an der TU Berlin die Hälfte der Tutoriumszeit mit Matrixmultiplikation, obwohl die Begriffe lineare Abbildung, Kern und Bild im selben Tutorium zu behandeln waren. Gerade diese Konzepte bereiten den Studierenden Schwierigkeiten. Die Matrixmultiplikation hingegen ist mit einem guten Beispiel und etwas Training leicht eigenständig zu lernen.

Fehlende Aktivität. Eine der Einstellungen von Studierenden zum Mathematikunterricht ist (vergleiche Hagelgans, et al. 1995, S. 12), dass Lernen gleich dem Transfer des Wissens des Dozenten in das Gehirn des Studierenden ist („Nürnberger Trichter“). Mit dieser Einstellung liegt die Verantwortung für das Lernen bei der Lehrperson. Werden die Inhalte der Vorlesung nicht sofort verstanden, so wird der Dozent als „schlecht“ bezeichnet und die Vorlesung von den Studierenden nicht weiter besucht. Beispielsweise waren am Ende des Sommersemesters (SS) 05 nur 35% der Studierenden, die in der ersten Vorlesung anwesend waren, noch in der vorletzten Woche in der Vorlesung. Bei Nachfragen, warum die Studierenden aufgehört haben, in die Vorlesung zu gehen, wurde drei Antworten häufig geäußert: „Die Vorlesung ist zu theoretisch“, „Ich konnte den Rechenschritten des Dozenten nicht folgen“ und „Mein Tutor kann alles viel besser erklären“.

Die Studierenden sind zu abhängig von den Lehrpersonen. Die Studierenden nahmen im traditionellen System auch im Tutorium eine eher passive Rolle ein. Es wurde erwartet, dass der Tutor die Tutoriumsaufgaben vollständig vorrechnet.

Mangelndes Zeitmanagement. Studierende im traditionellen System wurden im Bereich Zeitmanagement wenig unterstützt. Besonders nach der Klausur wurde einigen klar, dass sie unterschätzt hatten, wie viel Zeit für die Klausurvorbereitung eingeplant werden sollte.

Die Klausuren werden von Studierenden als „unfair“ empfunden. Die Schwierigkeitsgrade von Abschlussprüfungen in der LinA vom WS 04/05 bis zum WS 09/10 wurden in einer Studie untersucht (Roegner 2012) und bis auf wenige Ausreißer als vergleichbar bewertet. Eine realistische Einschätzung über die eigene Prüfungsleistung scheint deshalb bei einigen Studierenden zu fehlen.

Der Lernprozess

Die Studierenden bearbeiten nicht genügend Aufgaben selbstständig. Das traditionelle System erlaubte die Abgabe aller Hausaufgaben in zweier oder sogar dreier Gruppen, damit die Korrekturbelastung der Tutoren vertretbar blieb. Nach Aussagen von einzelnen Studierenden hatte jeweils nur eine Person in der Gruppe die

Hausaufgaben für die ganze Gruppe gemacht. Außerdem gab es (und gibt es immer noch) erhebliche Probleme mit Abschreiben.

Die Rückmeldung kommt zu spät. Im traditionellen System warteten die Studierenden bis zu drei Wochen nach der Einführung eines Konzeptes in der Vorlesung auf eine Rückmeldung in Form von korrigierten Hausaufgaben zu ihren Lernfortschritten.

Studierende verlassen sich auf Auswendiglernen und Nachahmung. In einer Studie, die an der TU Berlin durchgeführt wurde, wurden Studierende untersucht, die die schriftliche Klausur zweimal nicht bestanden hatten (Roegner 2013). Es stellte sich heraus, dass die Studierenden Denkprozesse höherer Ordnung (insbesondere Verständnis und Analyse) zum großen Teil nicht eingesetzt hatten. In der Schule hatten die Denkprozesse niedrigerer Ordnung (Wissen und Schemen anwenden) ausgereicht und mehr wurde nach Aussagen von Studierenden von ihren Lehrern auch nicht gefordert. Lernen zu lernen zeigt sich zum wiederholten Male als große Herausforderung in der Übergangsphase zur Hochschule.

Es fehlte an Beispielen. Nach Kirschner, Sweller und Clark (2006) benötigen Studierende eine Vielzahl von Beispielen, aus denen sie ihr Wissen konstruieren können. Die Kursmaterialien im traditionellen System boten nur wenige Beispiele und diese häufig mit unzureichenden Erklärungen.

Es fehlte an Transparenz bzgl. der Erwartungen in der Klausur. Fragen wie „Wie schreib ich das denn auf?“ gab es von verzweifelten Wiederholern, die Punktabzüge in der Klausur bekommen hatten, ohne zu verstehen weshalb.

Einige Herausforderungen für Tutoren

Die Tutoren in der Veranstaltung sind häufig neue Tutoren. Sie werden von einer Kommission nach ihren Noten in der Mathematik und auf Basis eines 15-minütigen Vortrages ausgewählt. In einem Wintersemester machen manchmal mehr als die Hälfte aller Tutoren im LinA-Kurs ihre ersten didaktischen Erfahrungen überhaupt. Da neue Tutoren in der Regel im 4. Semester sind, fehlt ihnen häufig ein tiefer gehender Einblick in die Mathematik. Darüber hinaus fehlt insbesondere den Tutoren, welche selbst Mathematik studieren, zu Beginn ihrer Tutorentätigkeit meist das Bewusstsein für die Schwierigkeiten von Studierenden der Ingenieurwissenschaften in Mathematikkursen. Zeitmanagementprobleme wurden im traditionellen System auch bei erfahrenen Tutoren festgestellt, denn der zu behandelnde Stoff ist sehr umfangreich.

Das TuMult-Modell, welches für die Veranstaltung „Lineare Algebra für Ingenieure“ (LinA) konzipiert wurde, wird seit WS 06/07 im regulären Kurs durchgeführt, um die geschilderten Probleme anzugehen. Die entwickelten Lehr- und

Lernressourcen, die die Studierenden und Tutoren unterstützen, werden dargestellt und über einige Aspekte der Evaluation berichtet.

2. Das TuMult-Modell

Das TuMult-Modell besteht aus einem Lernzyklus, welcher eine Woche im Leben eines Studierenden im LinA-Kurs darstellt. Die sechs Teile des Modells spiegeln die verschiedenen Lernphasen wider.

Prelearning

Im ersten Schritt erledigen die Studierenden sogenannten Prelearningaufgaben, die einen Einstieg in der Thematik der Vorlesung bieten. Somit sind die Studierenden für den Lernprozess von vornherein mitverantwortlich. Diese Aufgaben sind relativ leicht zu lösen und wurden überwiegend aus den Hausaufgaben ausgewählt, die Studierende in der experimentellen Phase eigenständig in relativ kurzer Zeit lösen konnten. Die Aufgaben sind personalisiert gestellt: Alle Studierenden bekommen eine Aufgabe wie im Abbildung 2.1a vom selben Typ jedoch mit verschiedenen Zahlenwerten, um sie zu motivieren, ihre eigene Aufgabe selbst zu lösen. Als Unterstützung gibt es anschauliche Demonstrationen (Abbildung 2.1b), um die Aufgabe mit den Inhalten zu verbinden. Ferner können die Studierenden zu jeder Prelearningaufgabe online trainieren (Abbildung 2.1c) und eine sofortige Rückmeldung erhalten, um Sicherheit zu gewinnen, bevor sie die eigentliche Aufgabe bearbeiten. Die Einreichung der studentischen Lösungen erfolgt elektronisch. Die Korrektur wird automatisch durch die Mumie durchgeführt. Tutoren werden deshalb mit keiner weiteren Korrekturarbeit belastet.

Vorlesung

Nachdem die Studierenden die Prelearningaufgabe bearbeitet haben, gehen sie in eine der drei (für circa insgesamt 1200 Studenten im SS) bis fünf (für insgesamt über 2600 Studenten im WS) zweistündigen Vorlesungen. Hierbei sind die Themen der verschiedenen Vorlesungen einer Woche identisch. Die Mumie bietet hierfür alle Inhalte in elektronischer Form. Der Dozent kann Definitionen, Sätze oder Algorithmen einfach projizieren, um mehr Zeit in der Vorlesung für Schwerpunkte oder erklärende Beispiele, die er selbst festlegen kann, zu gewinnen. Eine

auf die Vorlesung folgende Großübung, wie sie in anderen Veranstaltungen teilweise üblich ist, wird bei der LinA an der TU Berlin nicht angeboten.

Tutorium

Das Herz des TuMult-Modells ist das Tutorium. Dieser Teil der Veranstaltung wird von den Studierenden am besten angenommen und ist deshalb die wichtigste Anlaufstelle. Im Wintersemester (bzw. Sommersemester) werden ungefähr 70 (bzw. 35) Tutorien von rund 30 (bzw. 15) Tutoren angeboten. Die Tutorien sollen nach Möglichkeit weitestgehend einheitlich gehalten werden.

Die Inhalte der Tutorien wurden über die Jahre hinweg entwickelt. Die Tutoren erhalten Anregungen, wie sie den Stoff vermitteln und wie sie die Mumie dazu sinnvoll einsetzen können, um die Studierenden bei ihren Lernschwierigkeiten zu unterstützen.

Die einzelnen Tutoriumsaufgaben folgen überwiegend einer sogenannten P⁴-Herangehensweise, die auf der PPP-Methode aus dem Sprachunterricht basiert ist. P⁴ steht für „Preteach“, „Practice“, „Production“ und „Presentation“. In der Preteach-Phase leitet der Tutor eine Diskussion mit allen Teilnehmern über die allgemeine Terminologie aus der Vorlesung als kurze Wiederholung. In der Practice-Phase moderiert der Tutor die Diskussion über eine spezielle Tutoriumsaufgabe, um den Teilnehmer zu ermöglichen die für die Lösung der Hausaufgabe notwendigen Terminologien einzuüben. Wenn der Tutor einigermaßen sicher ist, dass die Studierenden dafür bereit sind, bearbeiten die Studierenden in der „Production“-Phase eine darauf abgestimmte weitere Tutoriumsaufgabe in Kleingruppen. Die Aufgaben für diesen Teil des Tutoriums sind zwar etwas leichter als die, die in traditionellen Zeiten gestellt wurden, aber sie sind so ausgewählt, dass die Studierenden diese (überwiegend) alleine lösen können. Die Lösungen dieser Aufgaben können häufig mit der Mumie selbst geprüft werden. Für Studierende, die noch keinen Ansatz gefunden haben, gibt es eine leichtere Variante der Aufgabe, die sie selbst auswählen können. Für diejenige, die schon die Aufgabe lösen konnten, stehen schwierigere zur Verfügung. So können die Studierenden in dieser Phase des Tutoriums im eigenen Tempo und auf dem eigenen Lernniveau arbeiten. Im Vergleich zum traditionellen Modell, erhöht das differenzierte Angebot die studentische Autonomie und die Chancen auf Erfolgserlebnisse im Tutorium.

Während die Studierenden arbeiten, kann der Tutor die Kleingruppen oder einzelne Personen individuell betreuen. Bei dieser Betreuung kann alles Mögliche besprochen werden, je nach den Bedürfnissen der individuellen Teilnehmer: relevante Fragen aus der Schulmathematik, Schwierigkeiten mit den Haus- oder Prelearningaufgaben, Ansätze bei der aktuellen Tutoriumsaufgabe oder eben Fragestellungen, die außerhalb der Reichweite des Tutoriums liegen. Falls Zeit übrig bleibt,

präsentieren einige Studierende ihre Lösung. Hierbei können die Vor- und Nachteile der präsentierten Lösungswege betont werden.

Um Tutoren bei ihrer Vorbereitung auf das Tutorium zu unterstützen, wurden detaillierte Tutorblätter erstellt. Als Erstes werden die Vorarbeit der Studierenden erläutert und die Themen auch in Zusammenhang mit früheren und späteren Kapiteln eingeordnet. Für jede Aufgabe werden die Ziele und der Hintergrund festgelegt. Eine Zeitangabe dient als Richtlinie, um das Zeitmanagement im Tutorium zu unterstützen. Für jede Teilaufgabe werden nicht nur Lösungen angeboten. Fragen für die Diskussion und Aktivitäten mit der Mumie werden vorgeschlagen. Darin ebenfalls enthalten sind erfahrungsgemäß typische Fehler und Fehlvorstellungen der Studierenden, sodass die Tutoren im Voraus für die Schwierigkeiten der Studierenden sensibilisiert werden.

Hausaufgaben

Die Hausaufgaben sind teilweise elektronisch und teilweise schriftlich einzureichen. Die elektronischen Hausaufgaben sind individuell gestellt und haben denselben Charakter wie die Prelearningaufgaben. Das Niveau ist jedoch im Vergleich zum Prelearning deutlich höher. Jede einzelne Aufgabe ist auch hier mit einer Demonstration und einem Onlinetrainingsmodul ausgestattet.

Für die Vorbereitung auf die schriftliche Abschlussprüfung bearbeiten die Studierenden zu zweit eine schriftliche Hausaufgabe pro Woche. Die Bewertung dieser Arbeit basiert auf vier wesentlichen Teilen, die Polyas (1945) Ideen zusammenfassen: Wurde die Aufgabestellung verstanden? Wurde eine passende Lösungsstrategie geschildert? Sind die Details richtig? Wurde die Frage beantwortet? Dieses Schema wird den Studierenden in den Tutorien vermittelt, um die Erwartungen transparent zu machen. Die eingereichten Lösungen werden von den Tutoren formativ korrigiert. Neben einer bepunkteten Lösungsskizze zu jeder Aufgabe, erhalten die Tutoren zum Beginn des Semesters eine ausführliche Lösungsskizze zu einer Abschlussprüfung, um das Schema noch weiter zu verdeutlichen.

Mathelabor

Die Tutoren halten ihre Sprechstunden in einem Computerlabor, dem sogenannte Mathelabor. Hier können die Studierenden ihre Hausaufgaben bearbeiten. Tutoren sind anwesend, falls Fragen auftauchen. Die Tutoren sind angewiesen, keine kompletten Lösungen bzw. Lösungswege zu geben. Stattdessen können sie kleinere Hinweise geben, oder versuchen, Studierenden, die nebeneinander arbeiten, zusammenzubringen, um Lösungsstrategien gemeinsam zu erarbeiten.

Selbststudium

Die Mumie bietet ein breites Spektrum an Visualisierungen (Abbildung 2.2) sowie an Onlinetrainingsmodulen mit sofortiger Rückmeldung, um die Studierenden bei ihrem Lernprozess zu unterstützen. Für diejenige, die immer noch keinen Anschluss gefunden haben, wurde Begleitmaterial entwickelt. Dort werden Farbschemen eingesetzt, um beispielsweise die Schritte in einem ausführlich erklärten Beispiel mit dem verwendeten Algorithmus zu verbinden. Die ausgewählten Beispiele zeigen die Grundtechniken auf, die als Basis für die Beispiele im Skript dienen, bei denen erwartet wird, dass Studierende die Details sich selber erarbeiten.

Abschlussprüfungen

Zusätzlich zu den sechs Phasen im Lernzyklus werden die Studierenden bei ihrer Vorbereitung auf die Prüfung und die Assistenten bei der Erstellung der Prüfung unterstützt. Um die Studierenden zu motivieren, frühzeitig mit ihrer Vorbereitung auf die Abschlussprüfung anzufangen, wird in den letzten drei Wochen vor der Klausur wöchentlich einen Wiederholungsabend angeboten. Es wird erwartet, dass die Studierenden die vorgesehenen Aufgaben selber bearbeiten. Die Aufgaben vernetzen die Themen aus unterschiedlichen Kapiteln des Skripts. Dieser Teil der Veranstaltung ist ähnlich wie das Mathelabor, findet jedoch in einem großen Hörsaal statt. Tutoren sind anwesend, um bei Bedarf Fragen beantworten zu können. Lösungsvorschläge werden zeitversetzt ins Netz gestellt, um den Studierenden Zeit zu geben, auch eigenständig die Aufgaben zu bearbeiten.

Die Assistenten im Kurs tragen die Verantwortung für die Erstellung der Abschlussprüfungen. Um die Schwierigkeitsstufen über die Semester hinweg möglichst einheitlich zu halten, wurde ein Schema (Roegner 2012) entwickelt, mit dem der Schwierigkeitsgrad einer Prüfung ermittelt werden kann. Mit Hilfe dieses Schemas konnte auch festgestellt werden, dass die Prüfungsanforderungen des traditionellen Systems auch im neuen Modell beibehalten wurden.

3. Evaluation und Diskussion

Die Leistungen der Studierenden im TuMult-Modell sind im Vergleich zu früher, d.h. bezogen auf die Erfolgsquoten von durchschnittlich 34% (2004-2006), auf 44% (2007-2009) gestiegen. Institutionelle Bedingungen haben die Evaluation erschwert. Beispielsweise konnten Eingangstests nicht durchgeführt werden. Auch die Einführung der Bachelorstudiengänge zum selben Zeitpunkt wie die Einfüh-

rung des TuMult-Modells wirft Fragen bezüglich der Motivation der Studierenden auf. Wie die Steigerung mit dem neuen Ansatz zusammenhängt wird in (Roegner 2012) erläutert.

Hauptziele der Evaluation des Tumult-Modells war es, Kenntnisse über die Zufriedenheit der Studierenden und der Tutoren sowie über die studentische Verwendung der Lernressourcen zu gewinnen. Auch die studentische Leistung wurde bei den einzelnen elektronisch gestellten Hausaufgaben über mehrere Semester kontrolliert, um Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren. Im SS 13 wurde zum ersten Mal die BEvaKomp (Braun 2008) Umfrage durchgeführt, um ein Bild über den selbsteingeschätzten Kompetenzerwerb zu erhalten.

Die Zufriedenheit der Studierenden und ihre Nutzung von Ressourcen wurden mittels Fragebögen am Ende jedes Semesters zwischen WS 06/07 und WS 10/11 erhoben. Natürlich hat dies den Nachteil, dass nur Studierende, die noch im Kurs aktiv waren, ihre Meinungen zur Veranstaltung äußern konnten. Durch die elektronisch einzureichenden Prelearning- und Hausaufgaben konnte festgestellt werden, dass beispielsweise 1555 (oder 76%) der 2033 Studierenden, die in den dritten Woche des WS 09/10 aktiv waren, in der 12. Woche immer noch aktiv waren. Ausgefüllte Fragebögen haben 871 Studierende eingereicht. Insofern wurde ein großer Anteil der Studierenden abgefragt. Durch eine Onlineumfrage hätte man auch die Kursteilnehmer erreichen können, die nicht weiter im Kurs aktiv waren. Die Erfahrungen, die an der TU Berlin mit Onlineumfragen gemacht wurden, deuten jedoch auf eine sehr geringe Teilnahme hin.

Der Fragebogen bestand aus vier Kategorien: Prelearning, Tutorium, Hausaufgaben, Gesamtveranstaltung. Die meisten Fragestellungen haben sich dabei über die Semester nicht geändert, sodass ein Vergleich möglich war. Am schwierigsten war die Fragestellung, ob die Prelearningaufgaben als nützlich angesehen wurden. Ursprünglich im WS 06/07 konnten die Studierenden der Aussage „Durch Prelearning habe ich mehr in der Vorlesung verstanden“ zustimmen oder nicht. Genau die Hälfte der 828 abgefragten Studierenden stimmte diese Aussage zu. Im Nachhinein stellte sich die Frage, womit sie ihren Vergleich gemacht hatten. Die Aussage wurde von SS 07 bis SS 08 durch folgende ersetzt: „Ich fühlte mich durch Prelearning für die Vorlesung gut vorbereitet“. Dies wurde von lediglich 38% der 1351 Studierenden angekreuzt. Der Punkt von den Prelearningaufgaben war jedoch, den Stoff zugänglich zu machen, sodass die Vorlesung weniger theoretisch bei den Studierenden ankommt. Ab WS 08/09 wurde die Aussage darum wieder geändert, „Die Prelearningaufgaben haben einen guten Einstieg in die Vorlesungsthematik ermöglicht“, welche von 51% der 2994 Teilnehmer angekreuzt wurde.

Im Fragebogen konnten die Studierenden auch Kommentare abgeben. Ein Vergleich von SS 07 mit dem SS 10 zeigt, dass die studentische Meinung zum Prelearning sich positiv geändert hat. In SS 07 haben 12% bzw. 59% der kommentierenden Studierenden etwas Positives bzw. Negatives zu Prelearning geäußert. Im SS 10 war der Anteil 42% bzw. 31%. Überwiegend bereiten sich die Studierenden auf die Prelearningaufgaben durch die Demonstrationen (82%) und Onlinetrai-

nings (72%) in der Mumie vor. Lediglich 28% der Studierenden gaben an, dass sie das Skript verwendet haben. Von den (wegen der hohen Fluktuation im Kurs) nur 7 Tutoren, die vor und nach der Einführung des Modells im Kurs tätig waren, haben 5 gesagt, dass die Studierenden aufgrund der Prelearningaufgaben besser auf das Tutorium vorbereitet waren. Hierbei wurden Tutoren, die an der Entwicklung des Modells oder in der experimentellen Phase tätig waren wegen möglicher Voreingenommenheit, nicht berücksichtigt.

Im Fragebogen wurde vom WS 06/07 bis zum WS 10/11 5173 Studierenden gefragt, welche Aspekte des Tutoriums, ihnen dabei geholfen haben, die Inhalte zu verstehen. Am meisten angekreuzt wurde die Möglichkeit „Erklärung des Tutors“ (87%). Auch die Onlineangebote wurden häufig angekreuzt (Onlinetraining 49%, Demonstrationen 43%). Vom WS 06/07 bis SS 08 haben nur 25% der 2179 abgefragten Studierenden die Möglichkeit „Gruppenarbeit“ angegeben. Ab dem WS 08/09 wurde stattdessen die Möglichkeit „Gruppenarbeit bzw. Selberrechnen“ angeboten, die von 57% der 2994 Studierenden gewählt wurde. Ob dieser Unterschied an der Präferenz der Studierenden alleine oder in Gruppen zu arbeiten liegt oder ob die Gruppenarbeit im Tutorium nicht gefördert wurde, ist unklar.

Regelmäßig hospitierten Assistenten die Tutorien, vor allem die, die von neuen Tutoren gehalten wurden. Erfahrungen daraus und die Anregungen aus der wöchentlichen Besprechung mit den Tutoren über die Durchführung des Tutoriums und über das Tutoriumsblatt führten zu vielen Verbesserungen des Lehrmaterials. Daraus ergab sich unter anderem, dass im WS 06/07 nur die Hälfte der Tutoren die Mumie eingesetzt haben. Bis zum SS 08 stieg der Anteil auf circa 70% und blieb bis SS 10 ziemlich konstant. Die Bedienung der Mumie mit dem Wissensbaum (Abbildung 3.1a) war im Tutorium nicht praktikabel. Zwar zeigt diese Darstellung die verschiedenen Inhalte des Kurses in ihrer logischen Abhängigkeit und bietet damit grundsätzlich einen Mehrwert gegenüber einer klassischen Darstellung. Der entscheidende Nachteil jedoch ist, dass die Studierenden die einzelnen Elemente nicht einfach finden konnten und Mühe hatten, dem Tutor zu folgen, wenn er zu einem Dokument navigierte. Seit der Einführung der elektronischen Tutoriumsblätter (Abbildung 3.1b) wird die Mumie von circa 90% der Tutoren verwendet.

Im Bereich „Hausaufgaben“ wurde gefragt, welche Tätigkeiten die Studierenden regelmäßig dabei gemacht haben. Hierzu haben von den 4859 Studierenden, die diesen Teil des Fragebogens ausgefüllt haben, 73% Onlinetrainings gemacht, 51% die Hausaufgaben mit ihrer Gruppe diskutiert und 67% das Begleitmaterial verwendet (letzteres wurde nur im WS 10/11 mit 882 Teilnehmer als Möglichkeit angeboten).

Insgesamt haben 72% der 4859 abgefragten Studierenden das Gefühl gehabt, dass ihre Fähigkeiten, Mathematik zu verstehen, über das Semester hinweg gewachsen sind. Auf die Frage, ob sie das Gefühl haben, Lineare Algebra gut zu verstehen, haben 38% „Ja“, 56% „Geht so“ und 6% „Nein“ angekreuzt.

Das TuMult-Modell beachtet die sieben Prinzipien zum guten Unterricht (Chickering und Gamson 1987).

1. Kontakt zwischen Lehrpersonen und Studierenden soll ermöglicht und gefördert werden. [P⁴; Mathelabor]
2. Kooperation zwischen Studierenden soll ermöglicht, gefördert und unterstützt werden. [P⁴; Mathelabor]
3. Aktives Lernen soll eingebunden werden. [Onlinetraining; P⁴; Mathelabor]
4. Feedback soll zeitnah (z) und korrektiv (k) sein. [Onlinetraining (z); P⁴ (z+k); Mathelabor (z+k); Polya (k)]
5. Zeit für aufgabenorientierte Arbeit soll im Unterricht eingeräumt werden. [Mumie in Tutorium; P⁴]
6. Ansprüche sollen hoch aber möglich sein. [Skripte; P⁴]
7. Unterschiedliche Fähigkeiten und Lernwege sollen beachtet werden. [unterschiedliche Schwierigkeitsgrade der Tutoriumsaufgaben; P⁴; Mathelabor]

Nach Winteler (2011) Erweiterung der sieben Prinzipien soll auch außerhalb des Fachs Kompetenzerwerb ermöglicht und gefördert werden. Im SS 13 wurde die BEvaKomp (Braun 2008) am Ende des Semesters ($N = 57$) in LinA-Tutorien durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Lehrveranstaltung und dem Erwerb von allen Kompetenzen in den Bereichen Methoden, Kommunikation und Kooperation. Die Mittelwerte zu den Fragen bezüglich Fachkompetenz sind ähnlich zu denen, die durch BEvaKomp auf der studentischen Ebene ermittelt wurden. Nur die Fachkompetenz „Ich sehe mich in der Lage, eine typische Fragestellung des Gegenstandsbereiches dieser Lehrveranstaltung zu bearbeiten“ konnte in Zusammenhang mit der Lehrveranstaltung gebracht werden. Im Bereich Personalkompetenz waren die studentischen Mittelwerte überwiegend niedriger als die studentischen Mittelwerte in der BEvaKomp Studie. Es lässt sich nach der Aussagekraft der BEvaKomp für Veranstaltungen außerhalb des eigenen Faches besonders mit der kleinen Stichprobe fragen.

4. Fazit

Das TuMult-Modell wurde als ein Lernzyklus konzipiert, in dem die multimediale Plattform Mumie in den verschiedenen Phasen eingesetzt wird. Die entsprechenden E-Learning- und Blended-Learning-Szenarien wurden speziell für den Kurs „Lineare Algebra für Ingenieure“ an der TU Berlin realisiert und mit angepassten Lehr- und Lernmaterialien für Tutoren und Studierende erweitert. Die Tutorien wurden mit lernerzentrierten Methoden gestaltet, wobei die eigentlichen Schwierigkeiten der Studierenden, die durch Erfahrung und statistische Analysen von Klausuren ermittelt wurden, stets eingebunden wurden. Weitere Informationen für Tutoren und Studierenden dienen der Transparenz bezüglich der Anforderungen im Kurs.

Die Zufriedenheit der Studierenden und der Lehrenden ist auf verschiedenen Ebenen über die Jahre hinweg gewachsen. Die Leistungen in den elektronischen

Hausaufgaben und in den Abschlussprüfungen sind gestiegen. In der Selbsteinschätzung der Studierenden sind ihre Methoden-, Kommunikations- und Kooperationskompetenz deutlich gewachsen.

Literaturverzeichnis

- Berger, M., Schwenk, A. (2001). Mathematische Grundfertigkeiten der Studienanfänger der Technischen Fachhochschule Berlin und der Schüler der Bertha-von-Suttner-OG Berlin. *Global Journal of Engineering Education*, 5(3), 251–258.
- Braun, E. (2008). *Das Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte studentische Kompetenzen* (BevaKomp). Göttingen: V&R unipress.
- Brown, A., (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon, T. O'Shea (Hrsg.), *New directions in educational technology* (S. 15–22). NATO ASI Series 96. Berlin: Springer.
- Chickering, A., Gamson, Z. (1987). Seven principles for good teaching in undergraduate education. *AAHE Bulletin*, 39, 3–7.
- Dogan-Dunlap, H. (2006). Lack of set theory relevant prerequisite knowledge. *International Journal of Mathematical Education in Science*, 37(4), 410–410.
- Hagelgans, N., Reynolds, B., Schwingendorf, K., Vidakovic, D., Dubinsky, E., Shahin, M., et al. (1995). *A practical guide to cooperative learning in collegiate mathematics*. MAA Notes 37. Washington, DC: Mathematical Association of America.
- Kirschner, P., Sweller, J., Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experimental, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.
- Roegner, K. (2012). *TuMult: A comprehensive blended learning model utilizing the Mumie platform for improving success rates in mathematics courses for engineers*. Habilitationsschrift, TU Berlin.
- Roegner, K., Seiler, R., Timmreck, D. (2013). Exploratives Lernen an der Schnittstelle Schule/Hochschule. In I. Bausch et al. (Hrsg.), *Mathematische Vor- und Brückenkurse (Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung)* (im Druck). Wiesbaden: Springer.
- Roegner, K. (2013). Cognitive levels and approaches taken by students failing written examinations in mathematics. *Teaching Mathematics and its Applications*, 32, 81–87.
- Winteler, A. (2011). Lern-Engagement der Studierenden. Vortragsfolien Forum ProLehre 2011. [Abgerufen 12.02.2013 von http://www.uni-kassel.de/einrichtungen/fileadmin/datas/einrichtungen/scl/Veranstaltungen/Pr%C3%A4sentation_Winteler.pdf]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 a) Prelearningaufgabe zur Matrixmultiplikation, b) zugehörige Demonstration (inkl. Animation), c) zugehöriges Onlinetraining (mit sofortigem Feedback)

Abbildung 2.2 Visualisierung zum Kern/Bild einer Matrixabbildung

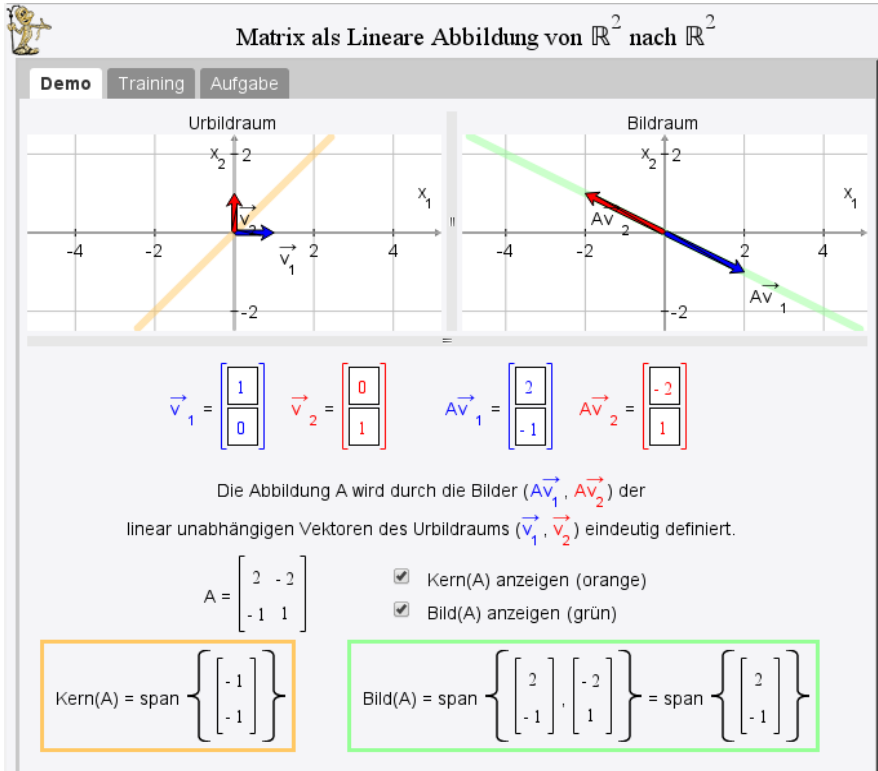
Abbildung 3.1 a) Ausschnitt aus einem elektronischen Tutoriumsblatt mit Links zu Definitionen und Onlinetrainingsmodulen, b) Wissensbaum im Mumiekurs

The image displays three screenshots of an online learning interface for matrix multiplication, titled "Multiplikation von 2x2-Matrizen".

Top Left Screenshot: Shows a pre-learning task. The matrix equation is $\begin{bmatrix} -3 & 4 \\ -1 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2 & 5 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ? & ? \\ ? & ? \end{bmatrix}$. A "Speichern" button is located below the equation.

Top Right Screenshot: Shows a demonstration of the matrix multiplication. The equation is $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$. Below the equation, the calculation $1 \cdot 1 + (-1) \cdot 2 = -1$ is shown. A "Neue Aufgabe" button and a speed control slider (from "langsamer" to "schneller") are at the bottom.

Bottom Screenshot: Shows a feedback screen. The matrix equation is $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$. Below the equation, the text "Leider falsch!" is displayed in red. A message reads: "Schau dir ggf. nochmal die Demo an. Dort kannst du dir diese Aufgabe vorrechnen lassen." Below this message are "Prüfen" and "Neue Aufgabe" buttons.



2. Aufgabe (eHA 2, eHA 3)
 Sei $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & -5 & -1 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{2,3}$.

a) A definiert eine **Matrixabbildung** $A: \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^q$; $\vec{x} \mapsto A\vec{x}$.
 Bestimmen Sie p und q .

b) Bestimmen Sie $A\vec{e}_i$ für die **Standardbasisvektoren** $\vec{e}_1, \dots, \vec{e}_p$ des \mathbb{R}^p sowie

$$A \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$
.

(Applet zur Aufgabe 2a, 2b)
 Visualisierung: Matrixabbildungen sind linear

c) Bestimmen Sie **Bild(A)** sowie eine **Basis** des Bildes von A .

d) Bestimmen Sie zwei verschiedenen Elemente in **Kern(A)**.
 Training: Kern und Bild von Matrixabbildungen

