

Das multimediale Lehr- und Lernsystem MUMIE/TUMULT in der universitären Mathematikausbildung

Katherine Roegner und Ruedi Seiler, Technische Universität Berlin

Kurzfassung: TUMULT ist ein Blended-Learning-Konzept für die universitäre Mathematikausbildung mit neuen multimedialen und darauf abgestimmten didaktischen Komponenten. Sein Einsatz hat den Lernerfolg in den Anfänger-Kursen für MINT-Studierende deutlich verbessert. TUMULT basiert auf der mathematikspezifischen Lehr- und Lernplattform MUMIE, die den Lehrenden und Lernenden ein Online-Skript mit vielfältigen Visualisierungen, individualisierten Hausaufgaben mit interaktiver Trainingsumgebung und automatisierter Korrektur zur Verfügung stellt.

1 Mathematik für Ingenieure an der TU Berlin

1.1 Ausgangssituation

„Lineare Algebra für Ingenieure“ ist ein Pflichtkurs an der Technischen Universität Berlin (TU Berlin) für Studienanfänger in ingenieurwissenschaftlichen Fachgebieten. Mit seinen bis zu fünf parallelen Vorlesungen für rund 2000 Studierende ist es mit konventionellen didaktischen Methoden und den derzeit verfügbaren Ressourcen unmöglich, jeden Studierenden individuell so zu fördern wie dies eigentlich bei der heterogenen Vorbildung nötig wäre. Auch in den sehr oft für einen individuellen Unterricht zu großen Tutorien wird zumeist frontal unterrichtet. Die vorgegebenen Tutoriums-Aufgaben werden in der Regel an der Tafel vorgerechnet. Selberrechnen kommt selten vor, und wenn es dann einmal Gelegenheit dazu gibt, dann sind die Aufgaben häufig bis auf numerische Variationen die gleichen, die der Tutor gerade zuvor an der Tafel gelöst hat. Die Hausaufgaben sind meistens wiederum von der gleichen Art, so dass Studierende kaum eine Gelegenheit haben, Lösungsstrategien für mathematische Aufgaben selber zu entwickeln.

Zum Glück gehört dieses Szenario heute - mindestens teilweise - der Vergangenheit an, denn die damalige Erfolgsbilanz war bestürzend: Von den Studierenden, die sich für ein Tutorium zu dem Kurs angemeldet hatten, waren durchschnittlich nur 34% in der Klausur erfolgreich.

Um diese Situation positiv zu verändern, wurde drei Semester lang mit der Lehr- und Lernplattform MUMIE in einer Handvoll von Tutorien experimentiert, um Möglichkeiten für den Einsatz neuer Technologien in Tutorien zu identifizieren (Roegner, 2006) und darauf aufbauend ein neues didaktisches Konzept mit dem Namen TUMULT eingeführt.

1.2 Die mathematische Lernplattform MUMIE

Die MUMIE wurde als eine Lehr- und Lernplattform für einen modernen Mathematikunterricht konzipiert. Dazu gehört unter anderem, Mathematik explorativ und, soweit dies sinnvoll ist, auch visuell unterstützt zu betreiben (Abbildung 1).

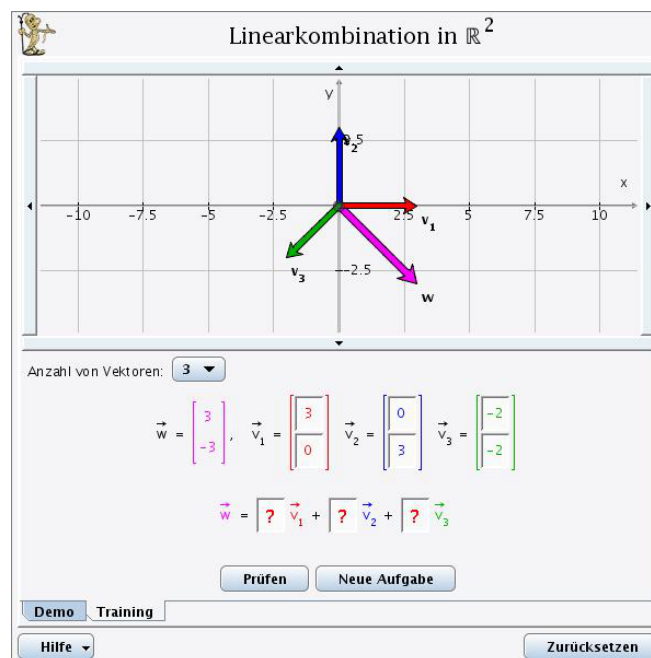


Abbildung 1:
Training der
Vektoraddition

Das Akronym MUMIE steht für MULTimediale Mathematikausbildung für Ingenieure. Ihre Entwicklung wurde von 2000 bis 2004 vom BMBF finanziert. Die Leitung lag bei der TU Berlin. Partner waren die RWTH Aachen, die TU München, und die Universität Potsdam. Seit dieser Zeit wurde die Plattform an der TU Berlin aus Mitteln der Europäischen Union, der DFG, der TU Berlin und der Firma integral-learning weiterentwickelt.

Die MUMIE besteht aus einer Server-Plattform (Java-Servlet Technologie), einer Datenbank und einem integrierten Autorentool. Die Studierenden benötigen zur Arbeit lediglich einen standardkonformen, MathML-fähigen Webbrowser (wie z. B. Mozilla Firefox)¹.

¹ Demnächst werden auch Internet Explorer, Safari und Chrome unterstützt.

1.3 Das didaktische Konzept TUMULT

TUMULT (TUtorien MULTimedial) ist ein auf der Plattform MUMIE aufbauendes didaktisches Konzept. Es verfolgt das Ziel, die Möglichkeiten der neuen Medien optimal zu nutzen, um den nachfolgend angeführten Problemen des universitären Mathematikunterrichts mit realisierbaren Lösungen erfolgreich zu begegnen.

Problem: Viele Studierende sind weder auf die Vorlesung noch auf das Tutorium genügend vorbereitet; d.h. sie haben weder im Skript gelesen noch Aufgaben versuchsweise gelöst.

Ansatz: Prelearning dient der gedanklichen Einstimmung auf das Thema der nächsten Vorlesung. Dazu ist vor Beginn der Vorlesung eine einfache Aufgabe zu lösen und rechtzeitig elektronisch einzureichen (Abbildung 2).

Aufgabe 01 Determinanten und Vektoren in \mathbb{R}^2

Punkte: 4

Der erste Spaltenvektor \vec{a}_1 der 2×2 -Matrix A ist gegeben:

$$A := \begin{bmatrix} 3 & \cdot \\ -1 & \cdot \end{bmatrix}$$

Ergänzen Sie A so, dass

- die Determinante von A einmal gleich Null ist und
- einmal die Determinante von A ungleich Null ist.

Applet-Status: geladen

Copyright (c) MUMIE Team · [Metainfos](#) · Powered by [MUMIE](#)

Abbildung 2:

Beispiel einer Prelearning-Aufgabe

Vorkenntnisse aus der Schule, ein kurzer Blick in das Skript oder einfache Kenntnisse aus vorangehenden Vorlesungen genügen, um diese Aufgaben mit wenig Aufwand zu erledigen. Um die Studierenden dabei zu unterstützen, wird ihnen in einem Demo-Modus die Lösung einer verwandten Aufgabe vorgerechnet. In einem Trainings-Modus kann dann die Lösungsmethode für die gefragte Aufgabe geübt werden, bevor es an die Lösung der Prelearning-Aufgabe geht.

Problem: Die Studierenden bearbeiten zu wenige Aufgaben eigenständig (in den traditionellen Tutorien an der TU Berlin erfolgt die Abgabe in 3-er Gruppen, dabei wird viel abgeschrieben).

Ansatz: Die digitalen Hausaufgaben sind individualisiert, d.h. jeder Studierende hat eine eigene Version. Die vorkommenden Zahlen in den Aufgaben werden zufällig erzeugt oder die Aufgaben werden zufällig aus einem Pool gezogen. Zu jeder digitalen Aufgabe gibt es (wie im Prelearning) einen Demo- und einen Trainings-Modus mit sofortiger Korrektur per Knopfdruck. Die Lösungen zu den eigentlichen Aufgaben werden auf dem Server gespeichert. Während des Bearbeitungszeitraums kann eine

bereits abgegebene Lösung beliebig oft geändert werden. Alle Hausaufgaben (drei digitale und eine schriftliche) sind von jedem Studierenden einzeln abzugeben.

Problem: Die Tutoren korrigieren zu viele Routineaufgaben, sodass sie zu wenig Zeit für anspruchsvollere und wichtigere Lehraufgaben haben.

Ansatz: Die digitalen Hausaufgaben werden automatisch korrigiert, wodurch die Tutoren entlastet werden. Damit wird Zeit frei für eine individuelle und sorgfältige Korrektur der schriftlichen Hausaufgabe. Dies ist deshalb besonders wichtig, weil sie oft konzeptionellen Charakter hat und nach Polya's Heuristik zur Problemlösung (Polya, 1945) zu bearbeiten ist.

Problem: Die Korrektur der Hausaufgaben erfolgt zu spät (bis zu drei Wochen nach der Einführung eines neuen Konzepts in der Vorlesung).

Ansatz: Die Studierenden können zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort über das Internet Aufgaben online trainieren. Per Knopfdruck erhalten sie sofort eine Rückmeldung.

Problem: Studierende sind häufig zu abhängig von Lehrpersonen und schwer zu bewegen, selbstständig mathematische Aufgaben zu lösen. Sie ziehen es oft vor, Lösungsschemata einfach auswendig zu lernen. Bezeichnend ist die Meinung eines Studenten, der sinngemäß sagte: „Der Tutor im letzten Semester war besser, denn im Tutorium hat er alle Aufgaben an der Tafel vorgerechnet.“

Ansatz: In den Tutorien findet mehr Gruppenarbeit statt. Der Tutor soll die Rolle eines Trainers übernehmen und sich den einzelnen Studenten persönlich zuwenden; dies wird dadurch möglich, dass die übrigen Studierenden sich mit den Inhalten in der MUMIE selbst aktiv beschäftigen können. Auch ein schwieriges mathematisches Konzept kann in der Lern-Umgebung MUMIE oft sehr erfolgreich selbständig und explorativ erarbeitet werden oder Algorithmen - wie zum Beispiel die Multiplikation von Matrizen - können selbständig und in Arbeitsgruppen geübt werden, ohne dass es einer weiteren Anleitung durch eine Lehrperson bedarf.

Problem: Es fehlt bei Studierenden das Verständnis für Zusammenhänge.

Ansatz: Das Online-Skript stellt mathematische Konzepte und Resultate sowie ihre Zusammenhänge in einem Wissensnetz dar.

Das didaktische Konzept ist so aufgebaut, dass Lehrende und Lernende in vier Veranstaltungsteilen mit jeweils unterschiedlichen Zielsetzungen aufeinander treffen.

Vorlesung: Sie wird im Kurs von verschiedenen Dozenten in bis zu fünf parallelen Zügen gelesen. Die dabei verwendeten Technologien sind unterschiedlich. Die meisten Dozenten verwenden die Kreidetafel. Zum Teil wird auch das System E-Kreide aus der Gruppe Rojas von der FU Berlin (Rojas, Knipping, Raffel & Friedland, 2001) eingesetzt. Damit können Visualisierungen und Beispiele aus den MUMIE-Inhalten ohne Medienbruch verwendet werden.

Tutorien: Diese finden in einem Raum statt, der mit Computern, Tafeln und Schreibtischen ausgestattet ist. Ein Beamer und eine Projektionsfläche sind auch vorhanden, sodass die Inhalte des Kurses einschließlich der in der MUMIE vorhandenen Visualisierungen projiziert werden können. Erklärungen dazu können auf die Tafel geschrieben werden. Je zwei Studierende teilen sich einen Computer. Die Gruppe wird vom Tutor betreut und damit in die Lage versetzt, die Hausaufgaben im Anschluss daran zu lösen. Die Hausaufgaben bestehen aus einer Serie digitaler Aufgaben, deren Lösungen am Computer einzugeben sind, und einer zusätzlichen schriftlichen Aufgabe, die auf Papier zu lösen ist.

Mathelabor: An drei Tagen in der Woche steht den Studierenden ein mit Computern und Tafel ausgestatteter Raum zur Verfügung. Hier können sie gemeinsam an den Prelearning- und Hausaufgaben arbeiten sowie Fragen zur Vorlesung stellen. Das Mathelabor wird nach Bedarf von einer oder zwei Lehrpersonen betreut. Meistens sind mehr als 40 Studierende gleichzeitig anwesend. Es ersetzt sehr effektiv die traditionellen Sprechstunden der Tutoren.

Forum: Der Kurs wird von einem web-gestützten Forum begleitet, das von den Dozenten, Assistenten und Tutoren gemeinsam betreut wird. Hier können die Studierenden Fragen stellen und diskutieren. In der Zeit der traditionellen Tutorien haben Studierende Lösungen der Hausaufgaben ins Forum gestellt. Mit den individualisierten elektronischen Aufgaben, müssen sie sich gegenseitig ihre eigene Lösungsstrategie erklären; d.h. sie müssen die Fragen und Lösungsschritte inhaltlich beschreiben, was eine wertvolle Transferleistung darstellt.

Die MUMIE und TUMULT werden seit dem Wintersemester 2006-2007 im regulären Kurs „Lineare Algebra für Ingenieure“ an der TU Berlin mit ca. 3500 Studierenden pro Jahr eingesetzt. Die Synergie von neuen Technologien und einem darauf aufbauenden didaktischen Konzept hat maßgeblich zur Verbesserung der Erfolgsquote beigetragen. Sie liegt jetzt in manchen Semestern bei ca. 47% und somit deutlich über dem früher üblichen Wert von 34%. Das neue Konzept wird von den Studierenden gut angenommen. Eine typische Meinung eines Studenten im Forum ist etwa folgende: Der Lernprozess im Kurs „Lineare Algebra für Ingenieure“ ist mit der Mumie-Lernumgebung gut organisiert. Hier kann man jederzeit üben und sich gleich prüfen; so versteht man wirklich was. Neue Dozenten sind häufig zu Beginn des Kurses skeptisch. Wenn die Studierenden dann aber die vom Dozenten gestellten Fragen in der Vorlesung beantworten können, lernen auch sie das Konzept zu schätzen.

2 Evaluation

Zur Evaluation des didaktischen Konzeptes wurden u.a. die Meinungen der Studierenden erfragt. Seit der Einführung der MUMIE und des didaktischen Konzeptes TUMULT wurden mehr als 5000 Fragebögen zusammengetragen und ausgewertet. Fragen gab es zu den Themen Prelearning, Tutorium, Hausaufgaben und zur gesamten Veranstaltung.

Prelearning: 73% der Befragten haben über drei Viertel der Prelearning-Aufgaben bearbeitet. Aus den Ergebnissen in der MUMIE-Datenbank konnte festgestellt werden, dass durchschnittlich 60% der Studierenden, die noch am Ende des Semesters im Kurs aktiv waren, weitere Prelearning-Aufgaben bearbeiteten, nachdem sie schon die benötigten Punkte gesammelt hatten. Um sich auf die Prelearning-Aufgaben vorzubereiten, haben 84% die Demos angeschaut, 73% haben Trainingsaufgaben gelöst und 28% haben das Skript gelesen. 53% haben die folgende Aussage angekreuzt: „Die Prelearning-Aufgaben haben einen guten Einstieg in die Vorlesungsthematik ermöglicht.“ Andererseits fanden 40% diese Aufgaben nicht besonders nützlich, teilweise weil sie „zu einfach“ waren. Eine häufige Anregung der Studierenden war es, Prelearning-Aufgaben auf freiwilliger Basis zu lösen. Leider haben wir die Erfahrung gemacht, dass Aufgaben ohne Punktvergabe kaum bearbeitet werden.

Tutorium: Im Fragebogen konnten eine Reihe von Aspekten angekreuzt werden, die im Tutorium für das Verständnis der mathematischen Inhalte nützlich waren.

Aspekte des Tutoriums, die das Verständnis unterstützt haben (mehrere Antworten möglich).	Anteil angekreuzt (von Studierenden) in %
Erklärung des Tutors / der Tutorin*	87
Demos in der MUMIE*	43
Trainingsmöglichkeiten*	49
Gruppenarbeit**	25
(ab WS08/09) Gruppenarbeit bzw. Selberrechnen***	57

*Tabelle 1: Aus den Fragebögen (*N=5173, **N=2179, ***N=2994)*

Auch für die schnelleren Studierenden bietet die MUMIE im Tutorium einen klaren Vorteil, denn sie haben die Möglichkeit zusätzliche Aufgaben, die ihrem Leistungsstand angemessen sind, zu bearbeiten und automatisch kontrollieren lassen.

Hausaufgaben: 77% der Befragten haben mehr als drei Viertel der elektronischen Hausaufgaben bearbeitet. Wie die Studierenden sich auf die Hausaufgaben vorbereitet haben, kann der unten stehenden Tabelle entnommen werden.

Wie haben die Studierenden sich auf die Hausaufgaben vorbereitet (mehrere Antworten möglich)?	Anteil angekreuzt von Studierenden in %
---	---

Training gemacht	73
Lösungsweg mit meiner Gruppe diskutiert	51
Beispiele im Netz gelesen	44
Mathelabor besucht	16

Tabelle 2: Aus den Fragebögen (N=5173)

Der Vorteil der sofortigen Rückmeldung in der Lernumgebung MUMIE wird dadurch unterstrichen, dass es kaum Zeiten gab, wo niemand eingeloggt war. Die schriftlichen Hausaufgaben empfinden 82% der Befragten als nützlich. Diese Art von Hausaufgaben ist vor allem deshalb wichtig, weil die Klausur immer noch auf Papier geschrieben wird. Mit der elektronischen Korrektur durch die MUMIE waren nur 20% der Studierenden zufrieden. Hier besteht Ausbaubedarf. Eine "Musterlösung" wollen wir aber vermeiden, weil viele Aufgaben nicht nur einen einzigen Lösungs-weg haben.

Gesamtveranstaltung: 72% der Befragten haben das Gefühl, dass ihre Fähigkeiten, Mathematik allein zu verstehen, über das Semester gewachsen ist. Ferner haben 56% das Gefühl, Lineare Algebra ausreichend verstanden zu haben und sogar 38% haben das Gefühl, Lineare Algebra gut verstanden zu haben.

Fazit: Der Einsatz des didaktischen Konzepts TUMULT an der TU Berlin hat gezeigt, dass mit multimedial unterstützten Lernszenarien auch bei verhältnismäßig geringen Ressourcen und großen Studentenzahlen die Lernerfolge in den Anfängerkursen für MINT-Studierende deutlich verbessert werden können.

3 Literatur

- Polya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Roegner, K. (2006). Multimediale Tutorien in der Linearen Algebra für Ingenieure, *Global J. Eng. Ed.* 10(3), 329 – 337.
- Rassy, T., & Seiler, R. (2006). The Technology of MUMIE-JAPS.
<http://www.mumie.net/en/publications.php>
- Rojas, R., Knipping, L., Raffel, W., & Friedland, G. (2001). Elektronische Kreide: Eine Java-Multimedia-Tafel für den Präsenz- und Fernunterricht. *Informatik: Forschung und Entwicklung* 16(3), 159 – 168.
<http://www.springerlink.com/content/e9c58wu6djywpmy>