

TUMULT

in der universitären Mathematikausbildung

Elisabeth Ludwig

TU Berlin
ludwig@math.tu-berlin.de

Silke Meiner

TU Berlin
meiner@math.tu-berlin.de

Tilman Rassy

TU Berlin
rassy@math.tu-berlin.de

Katherine Roegner

TU Berlin
roegner@math.tu-berlin.de

Ruedi Seiler

TU Berlin
seiler@math.tu-berlin.de

Abstract:

TUMULT ist ein Blended-Learning-Konzept für die universitäre Mathematikausbildung mit neuen multimedialen und darauf abgestimmten didaktischen Ansätzen. Es stellt den Lernenden ein Online-Skript mit vielfältigen Visualisierungen, Hausaufgaben mit interaktiver Trainingsumgebung und automatisierter Korrektur zur Verfügung.

TUMULT wurde im Wintersemester 2006-2007 zum ersten Mal im regulären Kurs Lineare Algebra für Ingenieure an der TU-Berlin eingesetzt. Bis heute sind drei Kurse durchgeführt und mehr als 6000 Studierende damit ausgebildet worden. Die Erfolgsquote der Studierenden in der zu dem Kurs gehörenden Klausur hat sich im Vergleich zum traditionellen didaktischen Konzept nahezu verdoppelt.

Der Mathematik-Alltag an grossen deutschen Universitäten

TUMULT steht für MULTimediales TUtorium. Es wird seit WS 2006-2007 im Mathematikunterricht für IngenieurstudentInnen an der TU-Berlin eingesetzt. Bevor wir darauf im Einzelnen eingehen, möchten wir das allgemeine Umfeld kurz umreissen.

Das Arbeitsfeld des Ingenieurs, aber auch das des Wissenschaftlers oder Mathematikers ist im Umbruch: Einerseits entlasten Numerische Software und Computer-Algebra-Systeme (CAS) von aufwendigen Routine-Rechnungen, andererseits erlangen Fähigkeiten wie das Bewerten von Resultaten und das schnelle Erfassen und Lernen neuer Methodiken zunehmend Bedeutung.

Dieser Anforderung wird die traditionelle, noch immer weit verbreitete Lern- und Lehrmethode mit Frontalunterricht und -übungen, Hausarbeiten in Gruppen, schriftlichen und evtl. mündlichen Prüfungen bei weitem nicht gerecht. Sie ist

1. für die Studierenden oft wenig attraktiv und ermöglicht kaum eine aktive, eigenständige Auseinandersetzung mit der Materie, zudem
2. personalintensiv – obwohl sich dies die grossen technischen Universitäten eigentlich gar nicht leisten können.

Das Resultat ist bestürzend. Jahrelange Erfahrung als Dozent in derartigen Kursen zeigt: Von den Ingenieur-StudentInnen, die sich in einem der Anfängerkurse an einer der grossen technischen Hochschulen registrieren, sind oft weniger als 30% in der Prüfungsklausur erfolgreich. Mit dem traditionellen Modell vergeuden wir also die Zeit dieser jungen Menschen – und unsere eigene dazu. Ob es ein besseres Modell gibt, ist nicht klar. Denn das aus der Schule mitgebrachte Vorwissen unserer Studierenden und die von Politik und Universität gesetzten Rahmenbedingungen lassen auch bei den grössten Optimisten Zweifel aufkommen.

Es gehört zu den gängigen Aussagen an Kongressen über E-Learning, dass der Einsatz neuer Medien und neuer Technologien im Unterricht einen Wendepunkt darstelle. Im regulären universitären Mathematikunterricht und ganz besonders in Kursen mit sehr grossen Teilnehmerzahlen ist dies allerdings bis heute kaum realisiert worden. Aus gutem Grunde, denn es ist besonders schwierig. Mit dem Projekt TUMULT, das im Wintersemester 2006-2007 an der Technischen Universität Berlin nach mehreren Testläufen in kleineren Gruppen zum ersten Mal in einem regulären Kurs mit über 2000 IngenieurstudentInnen eingesetzt wurde, haben wir einen Versuch gewagt.

Allgemeines Anforderungsprofil

Ein modernes didaktisches Unterrichtskonzept muss dem folgenden Anforderungsprofil genügen:

1. Skalierbarkeit-Verfügbarkeit: Das Konzept muss auch mit grossen Studentenzahlen fertig werden, denn
 - die Zahl der Studierenden wird aus demographischen Gründen wachsen und
 - die Nachfrage nach Mathematik nimmt zu. Dies ist eine Folge der immer stärkeren Mathematisierung der Ingenieurs-, Wirtschafts- und Naturwissenschaften und der Möglichkeiten, die durch die Computer-Algebra-Systeme gegeben sind.
2. Verfügbarkeit der Ausbildung unabhängig von Ort und Zeit: Die Erfahrung zeigt, dass immer mehr Studierende – freiwillig oder unfreiwillig – nachts arbeiten. Dies hat oftmals mit der beruflichen Nebentätigkeit der Studierenden zu tun.
3. Signifikante Steigerung der Motivation der Studierenden ist zwingend erforderlich: Die heutige Studentengeneration ist kaum mehr bereit, schwierigen Stoff auf Vorrat zu lernen, d.h. ohne den Sinn dieser Tätigkeit sofort zu begreifen. Diese an sich positive Entwicklung macht erfolgreiches und akzeptiertes Lernen ohne überzeugende Motivierung unmöglich.
4. Tieferes Verständnis: „Gleichungen lösen ist nicht schwer, Lösungen verstehen dagegen sehr“. Verständnis ist die entscheidende Voraussetzung um ein Resultat bewerten zu können, wie dies zu den alltäglichen Fragen eines Ingenieurs gehört. Dies erfordert ein entsprechendes didaktisches Konzept.
5. Effizienz: An den Universitäten herrscht einerseits grosser Mangel an Lehrpersonen, andererseits sind viele der Standardabläufe ineffizient.
6. Fokussierung der Lehrressourcen auf hochwertige Tätigkeiten: Das persönliche Erklären einer mathematischen Methode im Gespräch ist wichtig, das persönliche Korrigieren einer Routineaufgabe nicht. Dies kann auch ein Computer – oft sogar besser oder zumindest schneller.
7. Schnelle Korrektur von Aufgaben: Studierende benötigen Trainings- und Lernumgebungen, die ihnen die Resultate ihrer Arbeiten umgehend liefern, damit sie effektiv aus ihren Fehlern lernen.
8. Wiederverwendbarkeit von Materialien: Unterrichtsmaterial soll wiederverwendbar, schnell an neue Situation anpassbar und leicht veränderbar sein.

Die mathematische Lernplattform MUMIE

Die MUMIE wurde als eine Lehr- und Lernplattform für einen modernen Mathematikunterricht konzipiert. Dazu gehört es, Mathematik explorativ und, soweit dies sinnvoll ist, auch visuell unterstützt zu betreiben (Abbildung 1). Die MUMIE soll anregen, Mathematik „selbst zu machen“ und darüber zu kommunizieren. Sie soll Studierende spielerisch-sportlich, zum Teil aber auch hart herausfordern.

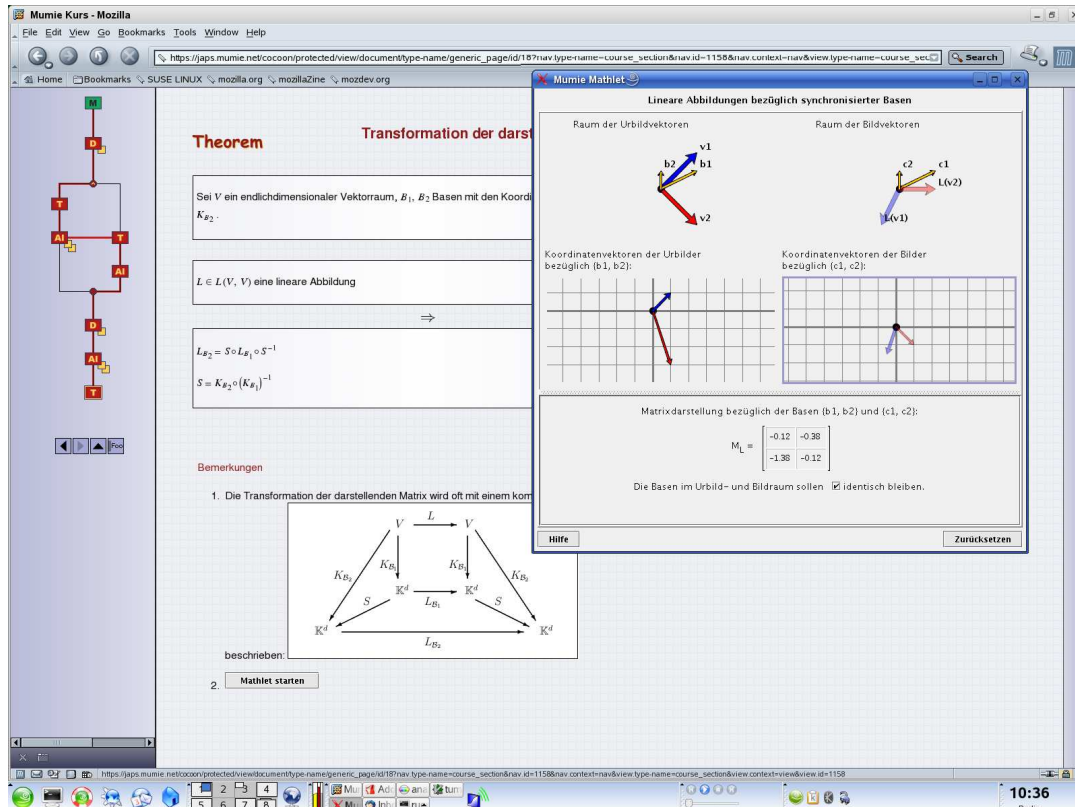


Abbildung 1: Visualisierung eines abstrakten Konzeptes

Das Akronym MUMIE steht für MULTimediale Mathematikausbildung für Ingenieure. Die Entwicklung wurde von 2000 bis 2004 vom BMBF finanziert. Die Leitung lag an 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 und der TU-Berlin (dort u.a. aus Mitteln des neuen Multimedia Zentrums MULF) weiterentwickelt.

Die Lehr- und Lernplattform MUMIE wird gegenwärtig im Mathematikurs Lineare Algebra für Ingenieure an der Technischen Universität Berlin eingesetzt. An der TU-München wird sie in einem Vorkursprojekt verwendet. Vor kurzem hat sich die ETH entschieden, die Plattform im Mathematikunterricht für Ingenieure einzuführen und weiterzuentwickeln. Ferner wird die Plattform am Georgia Institute of Technology im Unterricht eingesetzt (Mathematik-Praktikum über Bildverarbeitung).

Die MUMIE besteht aus einer Server Plattform (Java-Servlet-Technologie), einer Datenbank und diversen Autorentools. Die Studierenden benötigen zur Arbeit lediglich einen Standard-konformen, MathML-fähigen Webbrowser (z.Z. erfüllen allerdings nur Mozilla-Firefox und Seamonkey diese Anforderungen).

Problematik und didaktisches Konzept TUMULT

TUMULT ist das zur MUMIE gehörende didaktische Konzept. TUMULT stellt den Versuch dar, das Potenzial, das uns mit den neuen Medien zur Verfügung steht, einzusetzen, um so auf die Probleme des universitären Mathematikunterrichts einzugehen.

Die konkreten Probleme im Unterricht sind folgende:

1. Die Studierenden kommen häufig unvorbereitet in die Vorlesung.

- Die Studierenden bearbeiten zu wenige Aufgaben eigenständig (in den üblichen Kursen erfolgt die Abgabe in 3-er Gruppen, dazu wird sehr viel abgeschrieben).
- Die Tutoren vergeuden ihre Zeit mit der Korrektur von Routineaufgaben und haben deshalb zu wenig Zeit für wichtigere Aufgaben.
- Studierende sind oft zu abhängig von Lehrpersonen und schwer dahin zu bringen, selbständig mathematische Probleme zu lösen statt Musterlösungen zu lernen (bezeichnend ist folgende Aussage eines Studentent: „Mein Tutor im letzten Semester war viel besser, denn er hat im Tutorium immer alle Aufgaben an der Tafel vorgerechnet.“)
- Die Studierenden verstehen oft inhaltlich lokal. Es fehlt des Verständnis für Zusammenhänge.

Im Konzept TUMULT werden auf die genannten Probleme folgende Antworten gegeben:

Antwort auf 1. Prelearning ist „Aperitiv“ und gedankliche Einstimmung auf das Thema der nächsten Vorlesung (Abbildung 2). Dazu sind vor Beginn der Vorlesung zwei einfache Aufgaben am heimischen Computer zu lösen und rechtzeitig elektronisch einzureichen (natürlich kann dies auch an einem Arbeitsplatz in der Uni gemacht werden). Die Aufgaben sind so einfach, dass Vorkenntnisse aus der Schule, ein kurzer Blick in die Skripte oder einfache Resultate vorangehender Vorlesungen genügen, um sie in 20 Minuten zu lösen. Die Aufgaben schneiden typischerweise Fragen an, die dann in der Vorlesung aufgenommen werden.

The screenshot shows a web browser window with the URL `https://aps.mumie.net/cocon/protected/view/document/type-name/generic_page/id/18?nav.type-name=course_subsection&nav.id=1190&nav.context=nav&view.type-name=course_`. The page title is "Mumie Kurs - Mozilla". The main content area is titled "Problem Determinanten und Vektoren in \mathbb{R}^2 ".

Below the title, there is a "Student" section with a table for selecting a student:

id	Vorname	Nachname	Konto	E-Mail
Kein Student ausgewählt				
Studenten auswählen: id =				<input type="button" value="Auswählen"/>

Below that is a "Status" section with a table:

Erreichte Punkte	Mögliche Punkte	Letzte Sp
6	6	2006-12-

Below the status table, there is a text box with the problem description:

Gegeben ist die 2×2 Matrix A mit dem ersten Spaltenvektor $\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}$.

Ergänzen Sie A so, dass

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

Buttons:

Overlaid on the bottom right is a "Mumie Mathlet" window titled "Determinante und Spaltenvektoren im \mathbb{R}^2 ". It shows a 2D coordinate system with two vectors v_1 and v_2 . Below the diagram, the vectors are defined as $v_1 = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \end{pmatrix}$ and $v_2 = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix}$. The text states: "Allgemein gilt für die Determinante im $\mathbb{R}^{2,2}$:"

$$\det(x, y) = \det \begin{pmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{pmatrix} = x_1 y_2 - x_2 y_1$$

Daraus folgt:

$$\det(v_1, v_2) = (-1 \cdot 0) - (2 \cdot 4) = -8$$

Orientierung: - Fläche = 8

Abbildung 2: Eine Prelearning Aufgabe

Antwort auf 2. Die digitalen Hausaufgaben sind individualisiert. Alle Hausaufgaben (die drei digitalen und die schriftliche) sind von jedem Studierenden einzeln abzugeben (siehe weiter unten).

Antwort auf 3. Die digitalen Hausaufgaben werden automatisch korrigiert. Die schriftliche Aufgabe wird vom Tutor sorgfältig korrigiert.

Antwort auf 4. In den Tutorien findet mehr Gruppenarbeit statt. Der Tutor spielt in diesem Konzept die Rolle eines Coaches. In einem TUMULT -Tutorium sollen und können die Studierenden viel mehr selbst

Mathematik machen und ausprobieren. Sie können zum Beispiel ein schwieriges mathematisches Konzept explorativ begreifen sowie für sich oder in Gruppen Routineaufgaben trainieren.

Antwort auf 5. Das Online-Skript stellt mathematische Konzepte und Resultate und *ihre Zusammenhänge* in einem Wissensnetz dar (Abbildung ?? und ??).

Das didaktische Konzept ist so aufgebaut, dass Lehrende und Lernende in vier Veranstaltungsteilen aufeinandertreffen:

Tutorien: Diese finden in einem Raum statt, der mit Computern, Tafeln und Schreibtischen ausgestattet ist.

Je zwei Studierende teilen sich einen Computer. Die Gruppe wird vom Tutor *gecoacht* und damit in die Lage versetzt, die Hausaufgaben im Anschluss daran zu Hause zu lösen. Die Hausaufgaben (vgl. weiter unten) bestehen aus einer Serie von drei digitalen Aufgaben, deren Lösung am Computer einzugeben ist, und einer schriftlichen Aufgabe, die auf Papier zu lösen ist. Die TutorIn kann die Inhalte des Kurses einschliesslich der Visualisierungen über einen Beamer projizieren und Erklärungen dazu an die Tafel schreiben.

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 und Fragen zur Vorlesung stellen. Das Mathelabor wird von einem Tutor oder einer Tutorin betreut. Oftmals sind zwei anwesend. Es ersetzt die früher übliche Sprechstunde.

Vorlesung: Diese wird in unseren Kursen von verschiedenen Dozenten in bis zu fünf parallelen Zügen gelesen. Die dabei verwendeten Technologien sind unterschiedlich. Die meisten Dozenten verwenden die Kreide-Tafel. Zum Teil wird auch das System e-Kreide aus der Gruppe Rojas von der FU Berlin eingesetzt. Auf diese Weise können Visualisierungen und Beispiele aus den MUMIE -Inhalten ohne Medienbruch verwendet werden.

Forum: Der Kurs wird von einem webgestützten Forum begleitet, das von den Dozenten, Assistenten und Tutoren gemeinsam betreut wird. Hier können die Studierenden Fragen stellen und diskutieren. Ein solches Forum ist nicht neu. In traditionellen Kursen wird es jedoch vorwiegend dazu genutzt, Lösungen der Hausaufgaben zu posten. Nun, da die Studierenden alle eine eigene Version der Hausaufgaben haben (siehe unten), macht dies keinen Sinn mehr. Um sich auszutauschen, müssen sie sich gegenseitig erklären, wie sie die Aufgaben gelöst haben, d.h. sie müssen die Fragen und die Lösungsschritte inhaltlich beschreiben.

Die Hausaufgaben

Die wöchentlich zu bearbeitenden Hausaufgaben bestehen aus drei digitalen Hausaufgaben und einer schriftlich zu lösenden Aufgabe (Abbildungen ?? und 3). Letztere ist im allgemeinen eine Aufgabe, die bereits einmal in einer früheren Klausur vorgekommen ist.

Die digitalen Aufgaben bestehen aus einer XHTML-Seite mit einem Java-Applet. Die Aufgabenstellung befindet sich auf der XHTML-Seite, die Bearbeitung der Aufgabe erfolgt im Applet. Jeder Studierende hat eine eigene Version der Aufgabe, da die vorkommenden Zahlen zufällig erzeugt und damit individualisiert sind. Der Aufgabentyp ist für alle gleich. Die Korrekturen erfolgen automatisch zu einem Zeitpunkt, den die Dozenten bestimmen können, meist unmittelbar nach Abgabeschluss.

Die Applets bestehen aus drei Teilen. Im ersten Teil wird die Lösung der Aufgabe an einem Beispiel demonstriert. Im zweiten Teil kann der Stoff an ähnlichen Aufgaben geübt werden. Der Studierende bekommt hier auf Knopfdruck eine sofortige Korrektur. Im dritten Teil wird die eigentliche Hausaufgabe bearbeitet und die Lösung auf dem Server gespeichert. Auf die Speicherung antwortet der Server mit einer signierten Quittung, mit der der Studierende im Zweifelsfall die Speicherung belegen kann. Während des Bearbeitungszeitraums kann eine bereits abgegebene Lösung beliebig oft geändert werden.

Falls konzeptionelle Fragen auftreten oder eine Methode geübt werden muss, kann dazu das Online-Skript

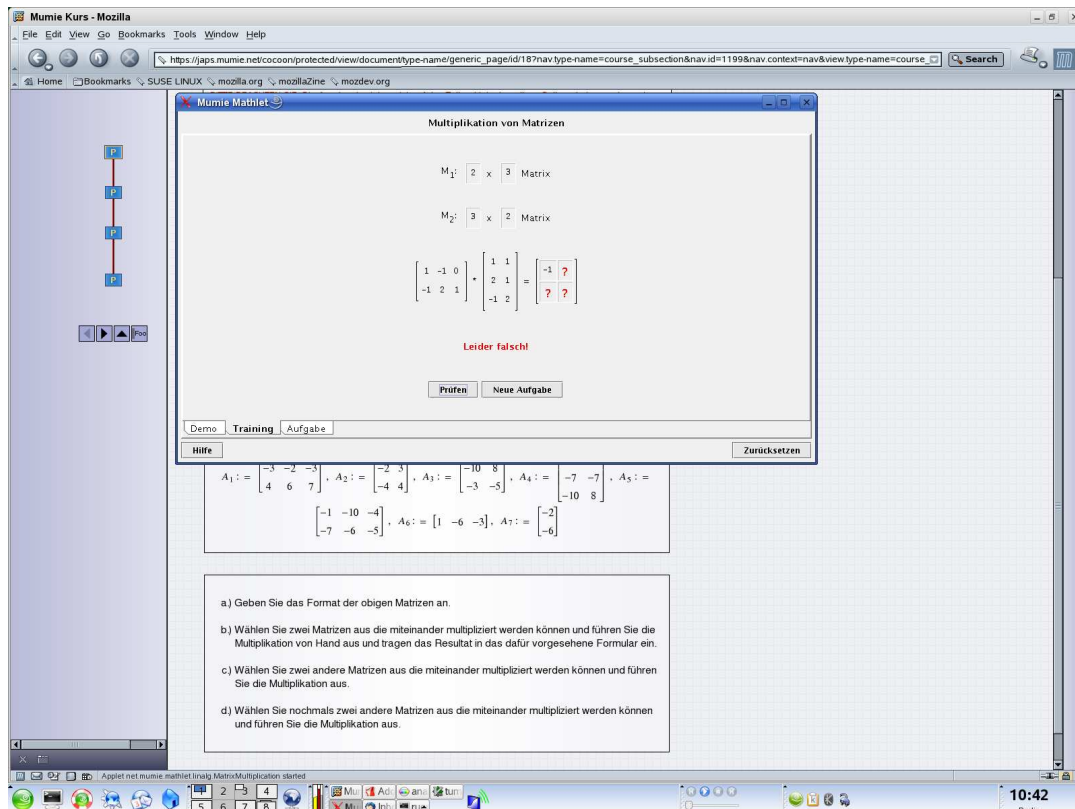


Abbildung 3: Trainings-Modus zu einer Hausaufgabe

herangezogen werden.

Die schriftliche Aufgabe ist nach der Heuristik zur Problemlösung von Polya zu bearbeiten (Polya: Schule des Denkens bzw. How to solve it).

Erstellung mathematischer Inhalte, von Hausaufgaben und Kursen

Die MUMIE stellt eine ganze Reihe von Autorenwerkzeugen zur Verfügung. Kleinteilige mathematische Inhalte (Sätze, Definitionen, Algorithmen, Beispiele, Aufgaben, Anwendungen) werden in LaTeX erstellt und in XML+MathML übersetzt. Dies leistet ein spezieller Konverter, der Teil der Autorenwerkzeuge ist. Für die Erstellung von Applets existiert eine Java-Bibliothek. Kurse werden aus den umfangreichen Inhalten mit einem speziellen webgestützten Course-Creator zusammengestellt.

Das Punktsystem

Die Lösungen der Prelearningaufgaben, der digitalen Hausaufgaben und der schriftlichen Hausaufgaben werden separat bewertet. Die Studierenden müssen in allen drei Teilen 60% der maximal möglichen Punktzahl erreichen, um zur Klausur zugelassen zu werden. Dies mag auf den ersten Blick einen kleinkarrierten Eindruck machen (und ist es vielleicht auch). Dennoch ist es für die Studierenden eine Hilfe, denn sie kommen im allgemeinen nicht nur schlecht vorbereitet in die Uni, sondern stehen seit Bachelor und Master unter einem noch größeren Zeitdruck als zuvor. Sie benötigen deshalb genaue Anleitung, wie sie die Sprache Mathematik erlernen, in der sie später als Ingenieure denken, planen und kommunizieren.

Rück- und Ausblick

TUMULT ist bereits jetzt nach 3 Semestern ein grosser Erfolg, denn die Erfolgsquote der Studierenden in der Klausur im Anschluss an den Kurs ist nahezu zweimal so hoch wie dies in den früheren Kursen mit konventionellem didaktischen Konzept war (WS 2007-2008). Auch die Angaben der Studierenden in den Fragebögen sind positiv, obwohl die Leistungsanforderungen gestiegen sind.

Um ein Konzept wie TUMULT in optimaler Weise einzusetzen, sind eine Reihe struktureller Veränderungen notwendig, die mit der Lern- und Lehrplattform nichts zu tun haben. Zum Beispiel müssen zu einem derartigen Unterricht die entsprechenden Räume vorhanden sein mit Tafeln, Tischen und Computern oder noch besser mit WLAN und eigenen Laptops. Dem Lernen und Lehren wären schöne und angenehme Räume in hohem Masse zuträglich. Um die notwendige Infrastruktur aufzubauen bedarf es noch einiger Anstrengungen.